

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

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Интегралы, зависящие от параметров и операционное исчисление

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

03.03.03 - Радиофизика

---

Направленность образовательной программы

Радиофизика и электроника

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.02 Интегралы, зависящие от параметров и операционное исчисление 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-1: Способен осваивать принципы работы и методы эксплуатации современной и перспективной радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры	ПК-1.1: Применяет теоретические основы создания и принципы функционирования радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры ПК-1.2: Осваивает новые технологии радиоэлектронной, оптической и акустической аппаратуры, используя специальную, научную и учебную литературу	ПК-1.1: Знает основные методы анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики. Умеет применять основные методы анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики. Имеет практический опыт применения основных методов анализа текущей научной и научно-технической литературы в области физики и радиофизики.  ПК-1.2: 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	Зачёт: Контрольные вопросы

ПК-2: Способен осваивать и применять современные и перспективные методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики	<p>ПК-2.1: Анализирует современное состояние исследований в области физики и радиофизики, современные подходы к описанию и моделированию различных физических явлений и оценке полученных результатов</p> <p>ПК-2.2: Выбирает и применяет аналитические, аналитико-численные, экспериментальные методы исследования в соответствии с типом поставленной задачи</p> <p>ПК-2.3: Анализирует полученные данные, формулирует выводы и рекомендации. в ходе планирования, подготовки, проведения НИР в области радиофизики</p>	<p>ПК-2.1:</p> <p>Знает новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.</p> <p>Умеет применять базовые знания для освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.</p> <p>Имеет практический опыт освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.</p> <p>ПК-2.2:</p> <p>Знает новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.</p> <p>Умеет применять базовые знания для освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.</p> <p>Имеет практический опыт освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.</p> <p>ПК-2.3:</p> <p>Знает новейшие методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.</p> <p>Умеет применять базовые знания для освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.</p>	Собеседование	<p>Зачёт:</p> <p>Контрольные вопросы</p> <p>Практическое задание</p>

		радиофизики. Имеет практический опыт освоения новейших методов проведения теоретических и экспериментальных исследований в области радиофизики.		
--	--	--	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	59
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

#### 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	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Интегралы, зависящие от параметров	70	19	12	31	39
Тема 2. Операционное исчисление	37	13	4	17	20
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	16	49	59

Содержание разделов и тем дисциплины

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

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

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

#### **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 - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

Собеседование проводится по контрольным вопросам

##### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

Собеседование проводится по контрольным вопросам

#### **Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина,

Оценка	Критерии оценивания
	сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

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

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в

	ответа		Выполнены все задания, но не в полном объеме	ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован 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 - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1**

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

23. Изображение производной и изображение интеграла

24. Изображение свертки. Пример

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Дифференцирование и интегрирование изображения
2. Применение теоремы интегрирования изображения для вычисления несобственных интегралов. Теорема смещения
3. Лемма Жордана. Следствие
4. Обращение преобразования Лапласа. Формула Римана-Меллина
5. Теоремы разложения
6. Практические задачи, вызвавшие интерес к дробному исчислению
7. Способы введения дробной производной
8. Примеры решения уравнений в дробных производных

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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 ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) 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

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

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

то справедливо равенство

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

### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	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 ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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» ИЛИ 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	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» ИЛИ Хотя бы одна компетенция

Оценка	Критерии оценивания
	сформирована на уровне «плохо»

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

Основная литература:

1. Ильин В. А. Основы математического анализа : Учеб. для вузов. Ч. II. Основы математического анализа: В 2-х ч. Часть II / Ильин В. А., Позняк Э. Г. - 5-е изд., стереот. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2022. - 464 с. - Рекомендовано Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов физических специальностей и специальности "Прикладная математика". - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-0537-8., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=802930&idb=0>.
2. Кудрявцев Лев Дмитриевич. Краткий курс математического анализа : учебник для студентов вузов : [в 2 т.]. Т. 2. Дифференциальное и интегральное исчисления функций многих переменных. Гармонический анализ. - Изд. 3-е, перераб. - Москва : Физматлит, 2005. - 424 с. - ISBN 5-9221-0185-4 (т. 2) : 170-00., 2 экз.
3. Фихтенгольц Григорий Михайлович. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Том 2 : Учебник. - 10-е изд. - Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2018. - 864 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-9221-1803., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=741034&idb=0>.
4. Демидович Б. П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу : учебное пособие для вузов / Демидович Б. П. - 25-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2023. - 624 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-507-47148-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=865605&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Лаврентьев Михаил Алексеевич. Методы теории функций комплексного переменного : учеб. пособие для студентов ун-тов, обучающихся по специальностям "Математика", "Физика", "Механика". - Изд. 5-е, испр. - М. : Наука, 1987. - 688 с. : ил. - 1.80., 42 экз.
2. Евграфов М. А. Аналитические функции / Евграфов М. А. - 4-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 448 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-0809-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799564&idb=0>.
3. Дёч Густав. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования / с прил. табл. , сост. Р. Гершелем ; пер. с 3-го нем. изд. Г. А. Вольперта ; с предисл. Я. З. Цыпкина. - М. : Наука, 1971. - 288 с. : черт. - (Физико-математическая библиотека инженера). - 1.40., 2 экз.

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

[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 (модуля)**

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

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 ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 03.03.03 - Радиофизика.

Автор(ы): Дубков Александр Александрович, доктор физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Павлов Игорь Сергеевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 18 декабря 2023 г., протокол № 09/23.