

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

(подпись) И.С. Огнев

23 мая 2023 года

Рабочая программа дисциплины
«Интегральные преобразования»

Направление подготовки
03.04.02 Физика

Магистерская программа
Теоретическая физика

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «17» апреля 2023 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от « 25» апреля 2023 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Интегральные преобразования» является приобретение студентами знаний и умений для решения задач теоретической физики с использованием интегральных преобразований.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Интегральные преобразования» является факультативной дисциплиной.

Для освоения данной дисциплиной студенты должны владеть математическим аппаратом векторного и тензорного анализа, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, уметь решать основные типы дифференциальных уравнений, знать специальные функции математической физики и их свойства.

Дисциплина «Интегральные преобразования» является важным курсом магистерской программы «Теоретическая физика», являясь логическим продолжением дисциплины «Дополнительные главы математической физики» и раскрывая один из важнейших аспектов математической физики, связанный с использованием интегральных преобразований для решения широкого класса задач, возникающих на стыке математики и физики.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Общепрофессиональные компетенции		
ПК-1 Способен осуществлять и проектировать научно-исследовательскую деятельность по решению фундаментальных задач физической направленности	ИД-ПК-1_1 Знает базовые теории и модели физики, основные методы проведения научных исследований и анализа результатов	Знать: - примеры задач теоретической физики, решаемые при помощи интегральных преобразований; - основные типы интегральных преобразований; - принципы построения интегральных преобразований
	ИД-ПК-1_2 Непосредственно выполняет научно-исследовательские работы	Уметь: – суммировать ряды с помощью интегральных преобразований; – находить изображения и оригиналы заданных функций;

		<ul style="list-style-type: none"> – вычислять интегралы с помощью интегральных преобразований; – решать интегральные уравнения с помощью преобразования Лапласа. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> – решения задач математической физики с помощью преобразований Фурье и Лапласа; – решения дифференциальных уравнений с помощью преобразований Фурье и Лапласа; – решения физических задач с использованием интегральных преобразований.
--	--	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 акад. часа.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	С е м е с т р	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)
			Контактная работа					сам осто ятел ьная рабо та	
			Л ек ци и	пр ак ти че ск ие	ла бо ра то рн ые	ко нс ул ьт ац ии	ат те ст ац ио нн ые ис п ыт ан ия		
1	Общие сведения об интегральных преобразованиях.	1	8	8				16	Задания для самостоятельной работы, контрольная работа
2	Применения интегральных преобразований.	1	9	9		2		16	Задания для самостоятельной работы, контрольная работа
3	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					2			Задания для самостоятельной работы
4							0,3	1,7	Зачет
5	ИТОГО		17	17		4	0,3	33,7	
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>					2			

5. Общие положения

Содержание разделов дисциплины:

1. Общие сведения об интегральных преобразованиях.

- 1.1. Введение. Общая характеристика интегральных преобразований.
- 1.2. Преобразование Фурье.
- 1.3. Преобразование Лапласа.
- 1.4. Преобразование Меллина. Другие типы интегральных преобразований.
- 1.5. Интегральные преобразования в компьютерной системе Mathematica.

2. Применения интегральных преобразований.

- 2.1. Решение задач, приводящих к обыкновенным дифференциальным уравнениям с помощью интегральных преобразований.
- 2.2. Решение задач математической физики с помощью преобразований Фурье и Лапласа.
- 2.3. Решение интегральных уравнений с помощью преобразования Лапласа.
- 2.4. Вычисление интегралов с помощью преобразований Фурье, Лапласа и Меллина.
- 2.5. Суммирование рядов.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Теоретическая физика» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Кузнецов А.В., Румянцев Д.А. Интегральные преобразования в задачах теоретической физики: учеб. пособие. Ярославль: ЯрГУ, 2013. 96 с
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130709.pdf> (электронный ресурс)

б) дополнительная литература

1. Брычков Ю. А., Прудников А. П. Интегральные преобразования обобщенных функций. - М.: Наука, 1977. - 287 с.
2. Бейтмен Г., Эрдейи А. Таблицы интегральных преобразований. Т.1. М.: Наука, 1969. 344 с.
3. Бейтмен Г., Эрдейи А. Таблицы интегральных преобразований. Т.2. М.: Наука, 1970. 327 с.
4. Шелковников Ф.А., Такайшвили К.Г. Сборник упражнений по операционному исчислению. М.: Высшая школа, 1976. 184 с.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Профессор кафедры
теоретической физики, д.ф.-м.н.

должность, ученая степень

Д.А. Румянцев

подпись

И.О. Фамилия

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины
«Интегральные преобразования»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

Задания для самостоятельной работы

*(данные задания выполняются студентом самостоятельно
и преподавателем в обязательном порядке не проверяются)*

Задания по теме № 1 «Общие сведения об интегральных преобразованиях»:

1. Раздел 1.2: задания для самостоятельного решения № 1-2 после параграфа № 1.2 учебного пособия «Интегральные преобразования в задачах теоретической физики» (А.В. Кузнецов, Д.А. Румянцев, ЯрГУ, 2013).
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130709.pdf>
2. Раздел 1.3: задания для самостоятельного решения № 1-7 после параграфа № 1.3 учебного пособия «Интегральные преобразования в задачах теоретической физики» (А.В. Кузнецов, Д.А. Румянцев, ЯрГУ, 2013).
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130709.pdf>
3. Раздел 1.4: задания для самостоятельного решения № 1-2 после параграфа № 1.4 учебного пособия «Интегральные преобразования в задачах теоретической физики» (А.В. Кузнецов, Д.А. Румянцев, ЯрГУ, 2013).
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130709.pdf>
4. Раздел 1.5: задание для самостоятельного решения после параграфа № 1.5 учебного пособия «Интегральные преобразования в задачах теоретической физики» (А.В. Кузнецов, Д.А. Румянцев, ЯрГУ, 2013).
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130709.pdf>

Задания по теме № 2 «Применения интегральных преобразований»:

1. Раздел 2.1: задания для самостоятельного решения № 1-20 после параграфа № 2.1 учебного пособия «Интегральные преобразования в задачах теоретической физики» (А.В. Кузнецов, Д.А. Румянцев, ЯрГУ, 2013).
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130709.pdf>
2. Раздел 2.2: задания для самостоятельного решения № 1-11 после параграфа № 2.2 учебного пособия «Интегральные преобразования в задачах теоретической физики» (А.В. Кузнецов, Д.А. Румянцев, ЯрГУ, 2013).
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130709.pdf>
3. Раздел 2.3: задания для самостоятельного решения № 1-20 после параграфа № 2.3 учебного пособия «Интегральные преобразования в задачах теоретической физики» (А.В. Кузнецов, Д.А. Румянцев, ЯрГУ, 2013).
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130709.pdf>
4. Раздел 2.4: задания для самостоятельного решения № 1-20 после параграфа № 2.4 учебного пособия «Интегральные преобразования в задачах теоретической физики» (А.В. Кузнецов, Д.А. Румянцев, ЯрГУ, 2013).

<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130709.pdf>

5. Раздел 2.5: задания для самостоятельного решения № 1-18 после параграфа № 2.5 учебного пособия «Интегральные преобразования в задачах теоретической физики» (А.В. Кузнецов, Д.А. Румянцев, ЯрГУ, 2013).
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130709.pdf>

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачету

1. Общая характеристика интегральных преобразований.
2. Преобразование Фурье.
3. Преобразование Лапласа.
4. Преобразование Меллина. Другие типы интегральных преобразований.
5. Интегральные преобразования в компьютерной системе Mathematica.
6. Решение задач, приводящих к обыкновенным дифференциальным уравнениям с помощью интегральных преобразований.
7. Решение задач математической физики с помощью преобразований Фурье и Лапласа.
8. Решение интегральных уравнений с помощью преобразования Лапласа.
9. Вычисление интегралов с помощью преобразований Фурье, Лапласа и Меллина.
10. Суммирование рядов.

Список заданий к зачету

На зачете проверяется сформированность компетенции ПК-1, (индикатор ИД-ПК-1_1 в части знаний -примеров задач теоретической физики, решаемых при помощи интегральных преобразований, основных типов интегральных преобразований, принципов построения интегральных преобразований и индикатор ИД-ПК-1_2 в части умений суммировать ряды с помощью интегральных преобразований, находить изображения и оригиналы заданных функций, вычислять интегралы с помощью интегральных преобразований, решать интегральные уравнения с помощью преобразования Лапласа, решать задачи математической физики с помощью преобразований Фурье и Лапласа, решать дифференциальные уравнения с помощью преобразований Фурье и Лапласа, решать физические задачи с использованием интегральных преобразований).

Зачет выставляется по результатам контрольных работ при условии набора по итогам их выполнения студентом с одной попытки не менее 5 баллов за работу или устного собеседования по вопросам. В этом случае оценки «зачтено» и «не зачтено» выставляются по следующим критериям.

Оценка «Зачтено» выставляется студенту, который дает недостаточно полные и последовательные ответы на основные вопросы и дополнительные вопросы, но при этом демонстрирует умение выделить существенные и несущественные признаки и установить причинно-следственные связи. Ответы излагаются в терминах интегральных преобразований, но при этом допускаются ошибки в определении и раскрытии некоторых основных понятий, формулировке положений, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. При аргументации ответа студент не обосновывает свои суждения. На часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

Оценка «Не зачтено» выставляется студенту, который демонстрирует разрозненные, бессистемные знания; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет выделять главное и второстепенное, не умеет соединять теоретические положения с практикой, не устанавливает межпредметные связи; допускает грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей; дает неполные ответы, логика и последовательность изложения которых имеют существенные и принципиальные нарушения, в ответах отсутствуют выводы. Дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора не приводят к коррекции ответов студента. На основную часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

Оценка «Не зачтено» выставляется также студенту, который отказался отвечать на вопросы.

Правила выставления оценки по результатам контрольной работы:

Оценка по результатам контрольной работы определяется в баллах по следующему принципу: правильно выполненное задание оценивается в максимальное количество баллов, указанное по данному заданию в варианте.

Каждое из заданий может быть оценено половиной заявленных по нему баллов, в случае, когда при его выполнении правильно применена методика выполнения задания, но ответ не получен или имеются ошибки в численных расчетах.

Полностью неправильно выполненное задание - 0 баллов.

Примеры заданий:

Контрольная работа № 1

Вариант 1

1. Используя интеграл Лапласа, найти изображение функции (5 баллов)

$$f(x) = x \operatorname{sh}(ax) \sin(ax)$$

2. Найти оригинал функции, изображение по Лапласу которой имеет вид (5 баллов)

$$\bar{f}(s) = \frac{1}{s} \cos \frac{1}{s}$$

Контрольная работа № 2

Вариант 1

1. Вычислить интеграл (5 баллов)

$$\int_0^{\infty} dx J_n(ax) e^{-bx}$$

2. Решить интегральное уравнение (5 баллов)

$$u(x) = \cos(3x) + \int_0^x dt e^{-(x-t)} u(t)$$

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Интегральные преобразования»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Интегральные преобразования» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. Это связано с тем, что в основе интегральных преобразований лежит особый математический аппарат, с помощью которого решаются довольно сложные и громоздкие задачи. По большому числу тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным физическим задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом интегральных преобразований.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы теоретической физики.

Задания для самостоятельного решения формулируются на лекциях и практических занятиях. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач. Полный список заданий для самостоятельной работы по темам (разделам) дисциплины приведен в ЭУК в LMS Moodle ««Интегральные преобразования»». Вопросы, возникающие в процессе или по итогам решения этих задач, можно задать на консультациях или в форуме (чате) в ЭУК в LMS Moodle.

Для самостоятельной работы, в том числе и повтора разобранного лекции и практических занятий материала первого семестра изучения дисциплины рекомендуется использовать учебное пособие «Интегральные преобразования в задачах теоретической физики» (авторы Кузнецов А.В. и Румянцев Д.А.), 2013 год издания. Данное пособие состоит из двух глав, каждая из которых включает пять разделов, в которых рассматриваются задачи на использование основных понятий аппарата интегральных преобразований. Материал каждого раздела включает в себя краткое изложение теоретического материала по заданной теме, который затем иллюстрируется подробным решением типичных задач. В заключение каждого раздела приводятся задания для самостоятельного решения, ответы к этим заданиям и указания по их решению приведены в конце данного учебно-методического пособия.

В конце семестра, после изучения дисциплины студенты сдают зачет. Зачет выставляется по итогам контрольной работы. На зачете проверяются умения и навыки студентов в работе с основными понятиями интегральных преобразований и, в частности, вычисления интегралов, решения интегральных уравнений и суммирования рядов, являющимися основной для построения всего математического аппарата теоретической физики.