

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
«Компьютерные технологии в науке и образовании»

Направление подготовки
03.04.02 Физика

Направленность (профиль)
«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 «Компьютерные технологии в науке и образовании» является изучение основ аналитических и численных методов вычислений и их возможных приложений в теоретической физике.

2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры

Дисциплина «Компьютерные технологии в науке и образовании» является обязательной дисциплиной Блока Б1.

Дисциплина «Компьютерные технологии в науке и образовании» знакомит студентов с основами аналитических и численных вычислений, что позволяет студентам более эффективно вести научно-исследовательскую работу, использовать навыки и знания, полученные при освоении дисциплин магистерской программы «Теоретическая физика».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП магистратуры

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП 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
Обще-профессиональные компетенции		
ОПК-3 Способен применять знания в области информационных технологий, использовать современные компьютерные сети, программные продукты и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет") для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки	ИД-ОПК-3_1 Знает современные технические и программные средства компьютерных и информационных технологий	Знать: – основные команды системы Maxima или других систем аналитического и численного вычисления; – основные команды пакета FeynCalc;
	ИД-ОПК-3_2 Знает и использует современные методы и средства для поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из	Знать: – методы постановки задач теоретической физики; – способы поиска научной информации в сети интернет; – методы математического решения задач теоретической физики.

	различных источников и баз данных	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – находить необходимую информацию по поставленной задаче в сети интернет; – работать с учебной и научной литературой; <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> – использования научной и учебной литературы для решения неизвестных студенту задач теоретической физики;
ПК-2 Способен обрабатывать и анализировать результаты научно-исследовательской деятельности с помощью современных информационных технологий	ИД-ПК-2_1 Участвует в обработке и анализе полученных данных или результатов научно-исследовательской деятельности с помощью современных информационных технологий	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы постановки задач теоретической физики; – методы математического решения задач теоретической физики; – основные методы численной интерполяции; – основные методы численного дифференцирования; – основные методы численного интегрирования. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять математические методы для решения задач теоретической физики; – проводить аналитическое интегрирование; – проводить аналитическое упрощение алгебраических выражений; – применять и комбинировать различные численные методы для определенной задачи теоретической физики. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> – аналитического и численного решения задач теоретической

		физики; – аналитического расчета квантовых процессов на ЭВМ.
--	--	--

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 ес т р	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)					Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа					
			ле кц ии	пра кти чес кие	бо ро т о р н ы е	нс ул ьт ац ии	а тт ес та ци он н ые	сам ост о яте льн ая раб ота

							ис п ыт а н и я		
1	Аналитические вычисления в программе Maxima или других системах аналитического и численного вычисления	2	8		8	1		5	Задания для самостоятельной работы
2	Численные методы I	2	2		2	1		5	Задания для самостоятельной работы
3	Численные методы II	2	2		2	1		5	Задания для самостоятельной работы
4	Пакет для аналитических вычислений FeynCalc	2	8		8	1		5	Задания для самостоятельной работы
							0,3	7,7	Зачет
	Всего		20		20	4	0,3	27,7	

Содержание разделов дисциплины:

1 Аналитические вычисления в программе Maxima или других системах аналитического и численного вычисления.

- 1.1 Команды для аналитического преобразования алгебраических выражений.
- 1.2 Аналитическое дифференцирование.
- 1.3 Аналитическое интегрирование.
- 1.4 Аналитическое решение алгебраических уравнений.
- 1.5 Аналитическое решение дифференциальных уравнений.

2 Численные методы I.

- 2.1 Интерполяция. Постановка задачи приближения функции. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционная формула Ньютона с разделенными разностями. Многочлены Чебышева. Минимизация оценок остаточного члена. Интерполяционные формулы Бесселя и Эверетта. Ортогональные многочлены.
- 2.2 Численное дифференцирование. Погрешность формул. Формулы численного дифференцирования, полученные путем дифференцирования интерполяционных формул.

3 Численные методы II.

- 3.1 Численное интегрирование. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Квадратурные формулы Гаусса. Интегрирование сильно осциллирующих функций. Повышение точности интегрирования за счет разбиения отрезка на равные части. Оптимизация распределения узлов квадратурной формулы. Главный член погрешности. Формулы Эйлера и Грегори. Правило Рунге практической оценки погрешности. Формулы Ромберга. Вычисление интегралов в сингулярном случае.
- 3.2 Метод Монте-Карло. Получение случайных величин. Преобразование случайных величин. Простейший метод Монте-Карло для вычисления интеграла. Способы уменьшения дисперсии. Интегралы, зависящие от параметра. Методы Монте-Карло с повышенной скоростью сходимости. Случайные квадратурные формулы. Использование смещенных оценок. Интегральные уравнения. Конструктивная размерность алгоритмов Монте-Карло. Интерполирование функций от большого числа переменных.

4 Пакет для аналитических вычислений FeynCalc.

- 4.1 Установка и запуск пакета FeynCalc. Основные команды.
- 4.2 Преобразование выражений, содержащих матрицы Дирака и спиноры.
- 4.3 Вычисление следов произведений матриц Дирака. Свертки.
- 4.4 Команды упрощения аналитических выражений.
- 2.5 Интегрирование с учетом возможной размерной регуляризации.
- 2.6 Дополнительные команды для расчетов в рамках КХД.
- 4.7 Расчет однопетлевых процессов в рамках СМ.
- 4.8 Расчет однопетлевых процессов в расширениях СМ.

5. 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 (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

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

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:

1. Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uni-yar.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. Седов Е. С. Основы работы в системе компьютерной алгебры Mathematica / Е. С. Седов – М. : Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016. https://www.studentlibrary.ru/book/intuit_210.html
2. Левин В. А. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии на базе пакета "Mathematica". / В. А. Левин, В. В. Калинин, Е. В. Рыбалка. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 192 с. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922107990.html>

б) дополнительная литература

1. Дьяконов В. П. Mathematica 5. 1/5. 2/6 в математических и научно-технических расчетах. / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. - 744 с <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913590459.html>
2. Чичкарёв Е. А. Компьютерная математика с Maxima / Е. А. Чичкарёв – М. : Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016. https://www.studentlibrary.ru/book/intuit_124.html
3. Михайлов Г. А., Войтишек А. В. Статистическое моделирование. Методы Монте-Карло : учебное пособие для вузов — М. : Издательство Юрайт, 2022. — 323 с. <https://urait.ru/bcode/494032>

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Официальный сайт системы Mathematica: <http://www.wolfram.com>.
2. Дополнительные ресурсы для системы Mathematica <http://mathworld.wolfram.com>.

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 и практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- 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.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий, хранящиеся на электронных носителях и обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочим программам дисциплин.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся.

Автор:

Доцент кафедры теоретической физики, к.ф.-м.н.

(подпись)

М.В. Чистяков

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Компьютерные технологии в науке и образовании»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущей
аттестации**

I. Решить аналитически следующие задачи (электродинамика):

1. Найти потенциал и напряженность электрического поля на оси симметрии объемно заряженного полушара радиуса R (полный заряд полушара равен Q).
2. Найти потенциал и напряженность электрического поля на оси симметрии объемно заряженного цилиндра радиуса R , высоты $2h$ (полный заряд цилиндра равен Q).
3. Найти потенциал и напряженность электрического поля на оси симметрии поверхности полушара радиуса R , состоящей из поверхности полусферы и основания (полный заряд полушара равен Q).
4. Однородно заряженный тонкий диск радиуса R и заряда Q равномерно вращается вокруг своего диаметра с угловой скоростью ω . Определить интенсивность I излучения.
5. В линейной антенне длиной $2L$ возбужден переменный ток $J = J_0 \cos(kz) \sin(\omega t)$, где $\omega = kc$, $k = (2m+1)\pi / (2L)$, m – целое положительное число, c – скорость света в вакууме.
6. Найти среднюю за период дифференциальную интенсивность излучения. Изобразите графически диаграммы направленности для трех низших гармоник.
7. Однородный шар радиуса a с диэлектрической проницаемостью ϵ_1 погружен в однородный неограниченный диэлектрик с диэлектрической проницаемостью ϵ_2 . На большом расстоянии от шара электрическое поле однородно с напряженностью E_0 . Определить потенциал поля во всем пространстве. Найти распределение возникающих связанных зарядов.

II. Найти сечения (вероятности) следующих процессов в древесном приближении:

1. рассеяние фотона на электроне;
2. рассеяние электрона на электроне с учетом продольной поляризации начальных электронов;
3. распад W -бозона на электрон (позитрон) и электронное антинейтрино (электронное нейтрино);
4. распад Z -бозона на электрон-позитронную пару;
5. рассеяние электронного нейтрино на электроне;
6. рассеяние мюонного нейтрино на мюоне;

1.2 Список вопросов к зачету

1. Команды для аналитического преобразования алгебраических выражений.
2. Аналитическое дифференцирование.
3. Аналитическое интегрирование.
4. Аналитическое решение алгебраических уравнений.
5. Аналитическое решение дифференциальных уравнений.
6. Постановка задачи приближения функции.
7. Интерполяционный многочлен Лагранжа.
8. Интерполяционная формула Ньютона с разделенными разностями.
9. Многочлены Чебышева.
10. Минимизация оценок остаточного члена.
11. Интерполяционные формулы Бесселя и Эверетта. Ортогональные многочлены.
12. Формулы численного дифференцирования, полученные путем дифференцирования интерполяционных формул.
13. Установка и запуск пакета FeynCalc. Основные команды.
14. Преобразование выражений, содержащих матрицы Дирака и спиноры.
15. Вычисление следов произведений матриц Дирака. Свертки.
16. Команды упрощения аналитических выражений.
17. Интегрирование с учетом возможной размерной регуляризации.
18. Дополнительные команды для расчетов в рамках КХД.
19. Расчет однопетлевых процессов в рамках СМ.
20. Расчет однопетлевых процессов в расширениях СМ.
21. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса.
22. Квадратурные формулы Гаусса.
23. Интегрирование сильно осциллирующих функций. Повышение точности интегрирования за счет разбиения отрезка на равные части.
24. Оптимизация распределения узлов квадратурной формулы. Главный член погрешности.
25. Формулы Эйлера и Грегори.
26. Правило Рунге практической оценки погрешности.
27. Формулы Ромберга.
28. Вычисление интегралов в сингулярном случае.
29. Получение случайных величин. Преобразование случайных величин.
30. Простейший метод Монте-Карло для вычисления интеграла.
31. Способы уменьшения дисперсии.
32. Интегралы, зависящие от параметра.
33. Методы Монте-Карло с повышенной скоростью сходимости.
34. Случайные квадратурные формулы. Использование смещенных оценок.
35. Интегральные уравнения.
36. Конструктивная размерность алгоритмов Монте-Карло.
37. Интерполирование функций от большого числа переменных.
38. Численные оценки значений специальных функций.

1.3 Описание процедуры выставления оценки

Оценка «зачет» выставляется студенту, который владеет основным объемом знаний по программе дисциплины; знает основную терминологию данной области знаний; логически правильно излагает материал; отвечает на вопросы без существенных ошибок; владеет инструментарием дисциплины, умеет его использовать в решении стандартных (типовых) задач; способен самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины; знает базовые теории, концепции и направления по изучаемой дисциплине; самостоятельно

работал на практических занятиях, участвовал в групповых обсуждениях.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, который не владеет основным объемом знаний по программе дисциплины; не знает основную терминологию данной области знаний; логически неправильно излагает материал; отвечает на вопросы с существенными ошибками; не владеет инструментарием дисциплины, не умеет его использовать в решении стандартных (типовых) задач; не способен самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины; не знает базовые теории, концепции и направления по изучаемой дисциплине; не проявлял самостоятельности при выполнении заданий на практических занятиях, не участвовал в групповых обсуждениях.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Компьютерные технологии в науке и образовании»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Дисциплина «Компьютерные технологии в науке и образовании» вырабатывает у студентов навыки постановки и решения сложных задач теоретической физики с помощью систем компьютерной алгебры, позволяющих выполнять как аналитические, так и численные вычисления. Дисциплина также способствует развитию умения самостоятельно решать задачи и пользоваться научной и учебной литературой по теоретической физике.

Широко практикуется индивидуальная методика решения задач, при которой студенты в большой степени самостоятельно решают задачи при индивидуальной помощи и комментариях преподавателя по ходу решения задачи каждым конкретным студентом с последующим обобщением результата и возможных методов его получения. Таким образом, на практических занятиях студенты приобретают навыки самостоятельных вычислений с помощью систем компьютерной алгебры, анализа поставленной задачи и полученного результата.

Распределение времени для изучения данного курса лучше всего планировать, предусматривая регулярное повторение пройденного материала и дополнение его информацией, полученной из учебной литературы.

Для подготовки к практическим занятиям рекомендуется использовать литературу из прилагаемого списка основной и дополнительной литературы.