

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**
Институт физики



**Программа учебной практики
Вычислительная практика**

Направление подготовки бакалавриата
03.03.02 «Физика»

Профиль подготовки бакалавриата
«Компьютерная физика»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2022

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Аникин В. М.		23.05.2022
Председатель НМК	Скрипаль Ан. В.		05.09.2022
Заведующий кафедрой	Аникин В. М.		23.05.2022
Специалист Учебного управления			

1. Цель и задачи учебной практики

Учебная практика «Вычислительная практика» организуется в целях выработки творческих, технических, организационных, профессиональных навыков практической деятельности в сфере цифровых технологий, проведения вычислительного эксперимента, формирования у студентов навыков самостоятельной профессиональной деятельности, потребности в самообразовании и самосовершенствовании профессиональных знаний. Цели учебной практики «Вычислительная практика» отвечают миссии бакалавриата по профилям подготовки по направлению 03.03.02 «Физика» по выработке практических навыков решения физических и физико-технических проблем, основанных на применении компьютерной техники, формированию практических навыков и необходимых компетенций в сфере профессиональной деятельности.

Задачи учебной практики «Вычислительная практика»

Задачи учебной практики «Вычислительная практика», соотносимые с видами и задачами профессиональной деятельности, определяются сформулированными выше целями и имеют содержанием закрепление знаний, умений и навыков, приобретенных при изучении курса «Вычислительная физика», а именно:

- углубленное изучение численных схем, применяемых при компьютерном решении физических задач;
- выработка умения корректной алгоритмизации (на вербальном и блок-схемном уровнях) с учетом проблем устойчивости и сходимости алгоритма и дискретизации алгоритмов численного решения физических задач;
- закрепление навыков практического программирования вычислительных задач на языках программирования, отвечающих различным парадигмам программирования;
- приобретение навыка отладки компьютерных программ, проведение расчетов по разработанным программам и анализ полученных результатов на физическом и вычислительном уровнях (оценка погрешности расчета);
- закрепление умений различного представления (вывода на дисплей, запись в файл, построение графиков, диаграмм, гистограмм и т.п.);
- знакомство с математическими системами типа Mathematica, MatLab, MathCad, Statistica и т.п.;
- формирование умения составления отчета об учебно-научной деятельности.

Подготовка выпускника по направлению 03.03.02 «Физика» профиль «Компьютерная физика» носит комплексный и междисциплинарный характер, отвечает задачам профессиональной подготовки бакалавров по направлению 03.03.02 «Физика».

2. Тип (форма) учебной практики и способ ее проведения

Тип: Учебная практика.

Способ проведения учебной практики «Вычислительная практика»: стационарная лабораторная практика (в компьютерных классах Института физики).

3. Место практики в структуре ООП

Учебная практика «Вычислительная практика» входит в Обязательную часть Блока 2. Практика ООП бакалавриата по направлению 03.02.03 «Физика», профиль подготовки «Компьютерная физика». Индекс дисциплины – Б2.О.02 (У).

Учебная практика «Вычислительная практика» является обязательным компонентом по развитию профессиональных теоретических и практических навыков выпускников в сфере научно-исследовательской, проектной и образовательной деятельности с использованием цифровых технологий.

Учебная практика «Вычислительная практика» проводится после изучения студентами математического инструментария физики – математических дисциплин («Математический анализ и теория функций комплексного переменного», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Векторный и тензорный анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей и математическая статистика»), дисциплин по общей физике («Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика»), начальных дисциплин по цифровой подготовке и программированию. Учебная практика «Вычислительная практика» является логическим продолжением лекций и занятий и компьютерного практикума по дисциплине «Вычислительная физика» и предполагает, таким образом, наличие у студентов навыков программирования в современных средах разработки программ.

Особый акцент в программе учебной практики «Вычислительная практика» сделан на углубленное изучение численных алгоритмов и методов дискретизации изначально непрерывных математических моделей. Безусловно, применение развитых математических систем при их умелом пользовании помогает решать серьезные вычислительные задачи. Но, во-первых, при этом пользователь ЭВМ остается в неведении, а какой, собственно, алгоритм он использовал при решении задачи, поскольку алгоритмическая часть математических систем недоступна. А, следовательно, достоверность полученного результата не может быть оценена. Во-вторых, пользование математическими системами сопряжено в основном с механическими действиями. Творческая и осознанная деятельность пользователя определяется именно навыками программирования исходных математических алгоритмов.

Подготовка выпускника по профилю «Компьютерная физика» носит комплексный, многоцелевой и полидисциплинарный характер, обеспечивает возможность эффективной деятельности, связанной с решением научно-исследовательских, проектных, прикладных и фундаментальных задач современной радиофизики, связи, нелинейной оптики, лазерной физики, развития нанотехнологий, разработки и исследования свойств метаматериалов.

4. Результаты обучения по практике

Категория универсальных компетенций Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование универсальной компетенции	Результат обучения
Разработка и реализация проектов . УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1. Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач. УК-2.2. Проектирует решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений. УК-2.3. Решает конкретные задачи проекта заявленного качества и за установленное время УК-2.4. Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта.	Знает: Последовательность решения вычислительных задач. Умеет: определить необходимые теоретические и алгоритмические средства для решения поставленной задачи. Владеет: Средствами программирования и представления результатов численных расчетов.
Командная работа и лидерство. УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1. Понимает эффективность использования стратегии сотрудничества для достижения поставленной цели, определяет свою роль в команде. УК-3.2. Понимает особенности поведения выделенных групп людей, с которыми работает/взаимодействует, учитывает их в своей деятельности УК-3.3. Предвидит результаты (последствия) личных действий и планирует последовательность шагов для достижения заданного результата. УК-3.4. Эффективно взаимодействует с другими членами команды, в т.ч. участвует в обмене информацией, знаниями, опытом и в презентации результатов работы команды.	Знает принципы командной работы при решении вычислительных задач. Умеет: эффективно взаимодействовать с другими членами команды, в т.ч. участвует в обмене информацией, знаниями, опытом и в презентации результатов работы команды. Владеет: приемами коллективного сотрудничества при решении вычислительных задач, в том числе коллективного представления результатов коллективной работы.

Категория общепрофессиональных компетенций. Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции	Результат обучения
Владение информационными технологиями. ОПК-3. Способен понимать принципы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.	ОПК-3.1. Понимает процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы реализации таких процессов и методов. ОПК-3.2. Выбирает и использует современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы и программные сред-	Знает особенности дискретизации уравнений различных типов, основные алгоритмы, лежащие в основе численного решения нелинейных уравнений, численного интегрирования и дифференцирования, дифференциальных уравнений (обыкновенных и в частных производных) как базовых конструкций при численном решении физических задач.

	<p>ства, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-3.3. Анализирует профессиональные задачи, выбирает и использует подходящие ИТ-решения.</p>	<p>Умеет использовать : современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы и программные средства для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>Владеет методами поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации.</p>
--	---	--

Категория профессиональных компетенций. Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
Научно-исследовательская деятельность. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам компьютерной физики, физики информационных и коммуникационных систем		
ПК-1. Способность применять фундаментальные знания в теоретических и прикладных разработках в области компьютерной физики и физики инфокоммуникационных систем.	<p>ПК-1.1. Способен оценить актуальность решаемой задачи на основе анализа научно-технической литературы и информационных материалов по тематике исследования.</p> <p>ПК-1.2 Способен подготовить исходные данные для математического описания физики процесса в заданной физической системе с учетом ее назначения и элементной (электронной, оптической) базы.</p> <p>ПК-1.3. Способен адекватно применить математический инструментарий при формулировке моделирующих физический процесс уравнений.</p> <p>ПК-1.4. Умеет строить вероятностные модели прикладных и информационных процессов, проводить необходимые расчеты надежности информационных и коммуникационных сетей в рамках построенных моделей.</p>	<p>Знает: классификацию моделей физических процессов, основные уравнения математической физики.</p> <p>Умеет: Соотнести с решаемой задачей соответствующую физико-математическую модель и алгоритмическую схему численного решения..</p> <p>Владеет: Методами обработки полученных численных результатов, представления их в графической и табличной формах.</p>
Проектная деятельность. Проектирование компьютерных сетей и систем связи (телеинформатики)		
ПК-4. Понимает логику проектной деятельности и способен, используя междисциплинарные знания, осуществить планирование	<p>ПК-4.1. Способен сформулировать идею, цели и задачи проекта, определить общую структуру проекта.</p> <p>ПК-4.2. Владеет методикой сбора и анализа исходных данных.</p>	<p>Знает: структуру проектируемой компьютерной (инфокоммуникационной) сети.</p> <p>Умеет: сформулировать идею, цели и задачи</p>

<p>проектной деятельности в области разработки компьютерных и инфокоммуникационных сетей.</p>	<p>ПК-4.3. Представляет структуру проектируемой компьютерной (инфокоммуникационной) сети.</p>	<p>проекта, определить общую структуру проекта. Владеет: методикой сбора и анализа исходных данных.</p>
<p>ПК-5. Способен вести целенаправленную деятельность в области проектирования компьютерных (инфокоммуникационных) систем.</p>	<p>ПК-5.1. Понимает стратегию и тактику проектной деятельности как целенаправленной антропотехнической системы деятельности. ПК-5.2. Умеет применять методологический аппарат теории целестремленных систем деятельности: формулировать требования к физическим характеристикам к компонентам структуры компьютерных (инфокоммуникационных) систем и провести отбор профессионального оборудования, необходимого для их функционирования с заданными характеристиками; операторы достижения цели, цикл жизни проекта, возникающие риски. ПК-5.3. Понимает свойство цикличности проектной деятельности и возникающие риски.</p>	<p>Знает основные алгоритмы решения модельных уравнений в научно-исследовательской и проектной практике, причины появления вычислительных ошибок; Умеет корректно подходить к решению проблемы выбора численных методов и организации вычислительного эксперимента в рамках определенных математических моделей различных физических явлений и процессов; критически оценивать результаты компьютерных расчетов; использовать алгоритмические методы уменьшений вычислительных ошибок. Владеет как общими средствами вычислительной математики, так и специфическими для каждого узкого класса задач приемами, которые позволяют решать задачи современной вычислительной физики, в частности итерационными методами.</p>
<p>ПК-6. Подготовлен к системной деятельности по проектированию информационных компьютерных сетей и систем связи (теле-коммуникаций)</p>	<p>ПК-6.1. Обладает мотивацией к проектной деятельности, обладает способностями, необходимыми для самообразования и профессионального роста. ПК-6.2. Обладает готовностью к участию в подготовке проектной документации, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и вычислительных программных комплексов, современного программного обеспечения, в том числе текстовых редакторов и графических программ. ПК-6.3. Владеет современным программным обеспечением, в том числе текстовыми редакторами и графическими программами, средствами подготовки обзоров, отзывов, отчетов, заключений. ПК-6.4. Знает принципы организации работы в коллективе проектировщиков.</p>	<p>Знает алгоритмы решения задач математической физики. Умеет выстроить структурную схему решения и численный алгоритм решения творческой задачи: понимание особенностей задачи (степени ее обусловленности), природы задачи, уяснение базовых компонентов задачи, конкретизация моделей с выделением в начальной проблемной ситуации ресурсов, оценкой вероятности успешного применения известных операторов для решения задачи (подходов, алгоритмов, устройств и т.д.) со списком побочных продуктов, адекватная оценка полученных новых знаний. Владеет современным программным обеспечением, в том числе текстовыми редакторами и графическими программами, средствами подготовки обзоров, отзывов, отчетов, заключений.</p>

5. Структура и содержание учебной практики

Общая трудоемкость учебной практики составляет 3 зачетных единицы (108 часов).

Основная деятельность практиканта заключается в программировании и отладке на компьютерах вычислительных задач. В план учебной практики

«Вычислительная практика» включены также ознакомительные лекции, инструктаж по технике безопасности, составление промежуточных (по выполнению текущих заданий) и итогового отчетов. Предусмотрена также работа в сети Интернет по ознакомлению с информацией, представленной в электронной форме (статистический материал, методические рекомендации, учебно-методическая литература и т.п.). Дальнейший этап практики предполагает систематизацию и анализ полученных результатов, подготовку отчета по практике, к его устной защите.

Заключительным этапом практики является защита отчета, к которой может быть приравнено выступление с докладом на научной конференции.

Структура учебной практики «Вычислительная практика» по профилю подготовки «Компьютерная физика»

№ п/п	Разделы (этапы) практики	Практическая подготовка Виды учебной работы на практике, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля
		Общая трудоемкость, час	Ознакомительные лекции, час.	Компьютерный практикум, час	СР, час.	
1	Подготовительный этап. Инструктаж по технике безопасности	1	1	0	0	Запись в журнале по ТБ
2	Экспериментальное исследование особенностей множества машинных чисел, выявление источников и причин погрешностей (ошибок округлений и ограничений) при компьютерных вычислениях.	12	1	8	3	Контроль хода выполнения задания
3	Разработка алгоритмов и программ интерполяции, приближения функций, регрессионных соотношений при обработке данных эксперимента на основе решения систем линейных алгебраических уравнений	17	1	12	4	Контроль хода выполнения задания
4	Оценка физических параметров из формульных расчетов (средняя длина свободного пробега молекул идеального газа, плотность распределения молекул идеального газа по скоростям, объемная плотность излучения абсолютно черного тела, скорость истечения идеального газа из сосуда под давлением, диффузионный потенциал в	11	1	8	2	Контроль хода выполнения задания

	растворах электролитов, средние скорости молекул различных газообразных веществ, угол рассеяния Брэгга при дифракции рентгеновского излучения).					
5	Численное интегрирование. Примеры расчета мольной теплоемкости металлов по Дебаю и коэффициента дополнительного слагаемого для уравнения реального газа	12	1	8	3	Контроль хода выполнения задания
6	Решение нелинейных уравнений итерационными методами. Примеры расчетов по определению термо-э.д.с. термопары, геометрических характеристик цепочечных макромолекул.	17	1	12	4	Контроль хода выполнения задания
7	Решение дифференциальных уравнений. Приложение к задачам, описывающим электрический контур. Решение задачи на собственные значения для квантового гармонического осциллятора	17	1	12	4	Текущий отчет о выполненном задании
8	Программирование датчиков случайных величин.	15	1	10	4	Контроль хода выполнения задания
9	Оформление отчета по вычислительной практике	6	0	0	6	Итоговый контроль
Промежуточная аттестация						Зачет с оценкой
Итого: 108 час.		108	8	70	30	

Формы проведения учебной практики:

Вычислительная практика проводится в лабораторной форме в компьютерных классах, дополняемой вспомогательными лекционными, учебно-лабораторными и практическими занятиями.

Место и время проведения учебной практики:

Компьютерные классы филиала Института физики СГУ.

Практика проводится в соответствии с календарным графиком в течение двух недель после завершения весенней сессии.

Формы промежуточной аттестации (по итогам практики)

Зачет с оценкой по итогам защиты отчета.

6. Образовательные и научно-исследовательские технологии, используемые на учебной практике

В процессе учебной практики «Вычислительная практика» проводятся установочные лекции, в которых излагаются базовые теоретические сведения для работы студентов по заданиям. В план учебной практики «Вычислительная практика» включены также инструктаж по технике безопасности, составление промежуточных (по выполнению текущих заданий) и итогового отчетов. Предусмотрена также работа в сети Интернет по ознакомлению с информацией, представленной в электронной форме (статистический материал, методические рекомендации, учебно-методическая литература и т.п.).

Учебная практика «Вычислительная практика», по своему определению, ориентирована на реализацию проблемного подхода к обучению, что способствует более глубокому осмыслению студентом полученных знаний и развитию навыков проведения численных расчетов на компьютере. Студенты в процессе прохождения практики изучают специальную и методическую литературу, отрабатывают технологии верификации проведенных вычислений.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, не имеющих противопоказаний к обучению, и инвалидов, учебные занятия организуются с учетом индивидуальных возможностей обучаемых – с применением дистанционных образовательных технологий и средств удаленного доступа, с проведением консультаций в интерактивном режиме on-line (Skype) и (или) по электронной почте, с обеспечением электронными образовательными ресурсами (электронными пособиями, презентациями).

7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов на учебной практике

- а) осмысление (на математическом или физическом уровне) изучаемой вычислительной схемы (физического явления);
- б) выбор математической модели;
- в) проведение дискретной аппроксимации математической модели и подбор соответствующих численных алгоритмов;
- г) программирование вычислительной задачи на алгоритмическом языке и в среде заданного автоматизированного математического пакета.

Выполнение этих пунктов основывается на изучении лекций, учебных пособий по численным методам и программированию.

Проведение расчетов на компьютере (вычислительный эксперимент в узком смысле слова) проводится на аудиторных занятиях.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте алгоритм решения нелинейного уравнения методом дихотомии.
2. Сформулируйте алгоритм решения нелинейного уравнения методом хорд. Каков критерий выбора начальной точки при реализации итерационной схемы метода?
3. Сформулируйте алгоритм решения нелинейного уравнения методом Ньютона. Каков критерий выбора начальной точки при реализации итерационной схемы метода?
4. Выведите схему Горнера для извлечения квадратного корня из действительного числа, пользуясь методом Ньютона.
5. Сформулируйте алгоритм решения нелинейного уравнения методом простых итераций. Каковы условия сходимости метода?
6. Запишите формулу для численного интегрирования методом трапеций. Какова теоретическая оценка погрешности этого метода?
7. Запишите формулу для численного интегрирования методом прямоугольников. Какова теоретическая оценка погрешности этого метода?
8. Запишите формулу для численного интегрирования методом Симпсона. Какова теоретическая оценка погрешности этого метода?
9. Постройте схему Рунге (Ричардсона) для корректировки результатов численного интегрирования в случае методов трапеций и Симпсона.
10. В чем состоит особенность методов Гаусса и Чебышева для численного интегрирования?
11. Приведите разностные схемы для численного дифференцирования.
12. В чем состоит метод прогонки для решения системы линейных алгебраических уравнений с трехдиагональной матрицей?
13. Охарактеризуйте схему сплайн-интерполяции. Докажите сходимость вычислительной схемы.
14. Охарактеризуйте метод Эйлера численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. Какова ошибка метода?
15. Охарактеризуйте модификации метода Эйлера, применяемые для уменьшения погрешности интегрирования.
16. Приведите формулы Рунге-Кутты четвертого порядка для численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. В чем состоят общие особенности схем численного интегрирования на основе методов Рунге-Кутты?
17. Приведите примеры применения метода наименьших квадратов.
18. В чем состоит сущность метода статистических испытаний (Монте-Карло)?
19. Сравните синтаксические средства языков Паскаля и Си для конструирования основных структур программирования.
20. Особенности программирования циклов на языках Паскаль и Си.

Контрольные задания

ЗАДАНИЕ 1. Численное интегрирование

Работа 1

1. Вычислить интеграл по формулам левых и правых прямоугольников.
2. Вычислить интеграл по формуле средних прямоугольников.
Оценить точность полученных расчетов.

Формула левых прямоугольников:

$$I_L = \int_a^b y(x)dx \approx \frac{b-a}{n} \sum_{i=0}^{n-1} y(x_i)$$

Формула правых прямоугольников:

$$I_R = \int_a^b y(x)dx \approx \frac{b-a}{n} \sum_{i=1}^n y(x_i)$$

$$\text{Можно усреднить } I = \frac{I_L + I_R}{2}$$

Формула средних прямоугольников:

$$I = \int_a^b y(x)dx \approx h \sum_{i=0}^{n-1} y(x_i + \frac{h}{2}), \quad h = \frac{b-a}{n}$$

№1

$$1) \int_{0.6}^{1.4} \frac{\sqrt{x^2 + 5}}{2x + \sqrt{x^2 + 5}} dx$$

$$2) \int_{0.2}^{0.8} \frac{\sin(2x + 0.5)}{2 + \cos(x^2 + 1)} dx$$

№2

$$1) \int_{0.4}^{1.2} \frac{\sqrt{0.5x + 2}}{\sqrt{2x^2 + 1} + 0.8} dx$$

$$2) \int_{0.3}^{0.9} \frac{\cos(0.8x + 1.2)}{1.5 + \sin(x^2 + 0.6)} dx$$

№3

$$1) \int_{0.8}^{1.8} \frac{\sqrt{0.8x^2 + 1}}{0.8x + \sqrt{1.5x^2 + 2}} dx$$

$$2) \int_{0.4}^{1.0} \frac{\sin(x + 1.4)}{0.8 + \cos(2x^2 + 0.5)} dx$$

№4

$$1) \int_{1.0}^{2.2} \frac{\sqrt{1.5x + 0.6}}{1.6 + \sqrt{0.8x^2 + 2}} dx$$

$$2) \int_{0.6}^{1.0} \frac{\cos(0.6x^2 + 0.4)}{1.4 + \sin^2(x + 0.7)} dx$$

№5

$$1) \int_{1.2}^{2.0} \frac{\sqrt{2x^2 + 1.6}}{2x + \sqrt{0.5x^2 + 3}} dx$$

$$2) \int_{0.5}^{1.3} \frac{\sin(0.5x + 0.4)}{1.2 + \cos(x^2 + 0.4)} dx$$

№6

$$1) \int_{1.3}^{2.5} \frac{\sqrt{x^2 + 0.6}}{1.4 + \sqrt{0.8x^2 + 1.3}} dx$$

$$2) \int_{0.4}^{0.8} \frac{\cos(x^2 + 0.6)}{0.7 + \sin(0.8x + 1)} dx$$

№7

$$1) \int_{1.2}^{2.6} \frac{\sqrt{0.4x + 1.7}}{1.5x + \sqrt{x^2 + 1.3}} dx$$

$$2) \int_{0.3}^{1.5} \frac{\sin(0.3x + 1.2)}{1.3 + \cos^2(0.5x + 1)} dx$$

№8

$$1) \int_{0.8}^{1.6} \frac{\sqrt{0.3x^2 + 2.3}}{1.8 + \sqrt{2x + 1.6}} dx$$

$$2) \int_{0.5}^{1.8} \frac{\cos(x^2 + 0.6)}{1.2 + \sin(0.7x + 0.2)} dx$$

№9

$$1) \int_{1.2}^2 \frac{\sqrt{0.6x + 1.7}}{2.1 + \sqrt{0.7x^2 + 1}} dx$$

$$2) \int_{0.4}^{1.2} \frac{\sin(1.5x + 0.3)}{2.3 + \cos(0.4x^2 + 1)} dx$$

№10

$$1) \int_{0.8}^{2.4} \frac{\sqrt{0.4x^2 + 1.5}}{2.5 + \sqrt{2x + 0.8}} dx$$

$$2) \int_{0.4}^{1.2} \frac{\cos(x^2 + 0.8)}{1.5 + \sin(0.6x + 0.5)} dx$$

Работа 2

1. Вычислить интеграл по формуле трапеций.

2. Вычислить интеграл по формуле Симпсона.

Оценить точность полученных расчетов.

Формула трапеций:

$$\int_a^b y(x)dx \approx \frac{b-a}{n} \cdot \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} (y(x_i) + y(x_{i+1}))$$

Формула Симпсона:

$$\int_a^b y(x)dx \approx \frac{h}{6} \sum_{i=1}^n \left(y(x_i) + 4y(x_i - \frac{1}{2}h) + y(x_{i-1}) \right), \quad x_i = a + ih, \quad h = \frac{b-a}{n}$$

№1

$$1) \int_{0.8}^{1.6} \frac{dx}{\sqrt{2x^2 + 1}}$$

$$2) \int_{1.2}^2 \frac{\lg(x+2)}{x} dx$$

№2

$$1) \int_{1.2}^{2.7} \frac{dx}{\sqrt{x^2 + 3.2}}$$

$$2) \int_{1.6}^{2.4} (x+1)\sin(x) dx$$

№3

$$1) \int_1^2 \frac{dx}{\sqrt{2x^2 + 1.3}}$$

$$2) \int_{0.2}^1 \frac{\tg(x^2)}{x^2 + 1}$$

№4

$$1) \int_{0.2}^{1.2} \frac{dx}{\sqrt{x^2 + 1}}$$

$$2) \int_{0.6}^{1.4} \frac{\cos(x)}{x+1} dx$$

№5

$$1) \int_{0.8}^{1.4} \frac{dx}{\sqrt{2x^2 + 3}}$$

$$2) \int_{0.4}^{1.2} \sqrt{x} \cos(x^2) dx$$

№6

$$1) \int_{0.4}^{1.2} \frac{dx}{\sqrt{2 + 0.5x^2}}$$

$$2) \int_{0.8}^{1.2} \frac{\sin(2x)}{x^2} dx$$

№7

$$1) \int_{1.4}^{2.1} \frac{dx}{\sqrt{3x^2 - 1}}$$

$$2) \int_{0.8}^{1.6} \frac{\lg(x^2 + 1)}{x} dx$$

№8

$$1) \int_{1.2}^{2.4} \frac{dx}{\sqrt{0.5 + x^2}}$$

$$2) \int_{0.4}^{1.2} \frac{\cos(x)}{x + 2} dx$$

№9

$$1) \int_{0.4}^{1.2} \frac{dx}{\sqrt{3 + x^2}}$$

$$2) \int_{0.4}^{1.2} (2x + 0.5) \sin(x) dx$$

№10

$$1) \int_{0.6}^{1.5} \frac{dx}{\sqrt{1 + 2x^2}}$$

$$2) \int_{0.4}^{0.8} \frac{\operatorname{tg}(x^2 + 0.5)}{1 + 2x^2} dx$$

Работа 3

Найти приближенное значение интеграла по формуле «трех восьмых».

Оценить точность полученных расчетов.

Число разбиений n должно быть кратным трем.

Формула «три восьмых»:

$$I \approx \frac{3}{8} \delta \sum_{i=1}^n \left(y(x_i) + 3y(x_i - \frac{1}{3}h) + 3y(x_i - \frac{2}{3}h) + y(x_{i-1}) \right), \quad h = \frac{b-a}{n}, \quad \delta = \frac{h}{3}$$

$$\text{№1} \quad \int_{0.6}^{2.4} \frac{(1 + 0.5x^2)}{1 + \sqrt{0.8x^2 + 1.4}} dx$$

$$\text{№2} \quad \int_{1.2}^{2.64} \frac{(1 + 1.2x^2)}{0.8 + \sqrt{x^2 + 1.3}} dx$$

$$\text{№3} \quad \int_{0.8}^{2.96} \frac{(1 + 0.7x^2)}{1.5 + \sqrt{2x^2 + 0.3}} dx$$

$$\text{№4} \quad \int_{0.8}^{2.6} \frac{(1 + 1.5x^2)}{0.7 + \sqrt{2.2x^2 + 0.5}} dx$$

$$\text{№5} \quad \int_{1.3}^{2.74} \frac{(1 + 0.6x^2)}{0.9 + \sqrt{x^2 + 1.5}} dx$$

$$\text{№6} \quad \int_{0.5}^{2.66} \frac{(1 + 0.3x^2)}{1.2 + \sqrt{0.6x^2 + 1.2}} dx$$

$$\text{№7} \int_{0.7}^{2.5} \frac{(1+1.5x^2)}{0.5 + \sqrt{x^2 + 0.8}} dx$$

$$\text{№8} \int_{0.9}^{2.34} \frac{(1+0.9x^2)}{1.3 + \sqrt{0.5x^2 + 1}} dx$$

$$\text{№9} \int_1^{3.16} \frac{(1+0.6x^2)}{1.5 + \sqrt{0.4x^2 + 2.5}} dx$$

$$\text{№10} \int_{1.1}^{2.9} \frac{(1+0.7x^2)}{0.4 + \sqrt{x^2 + 1.5}} dx$$

ЗАДАНИЕ 2. Методы решения нелинейных уравнений

Работа 1. Решение уравнений методом итераций

- 1) Отделить корни уравнения графически и уточнить один из них
 2) Отделить корни уравнения аналитически и уточнить один из них

№1

$$1) \ln(x) + (x+1)^3 = 0 \quad 2) x^3 + 2x^2 + 2 = 0$$

№2

$$1) x2^x = 1 \quad 2) x^3 - 3x^2 + 9x - 10 = 0$$

№3

$$1) \sqrt{x+1} = \frac{1}{x} \quad 2) x^3 - 2x + 2 = 0$$

№4

$$1) x - \cos(x) = 0 \quad 2) x^3 + 3x - 1 = 0$$

№5

$$1) 3x + \cos(x) + 1 = 0 \quad 2) x^3 + x - 3 = 0$$

№6

$$1) x + \ln(x) = 0.5 \quad 2) x^3 + 0.4x^2 + 0.6x - 1.6 = 0$$

№7

$$1) 2 - x = \ln(x) \quad 2) x^3 - 0.2x^2 + 0.4x - 1.4 = 0$$

№8

$$1) (x-1)^2 = \frac{1}{2}e^x \quad 2) x^3 - 0.1x^2 + 0.4x + 2 = 0$$

№9

$$1) (2-x)e^x = 0.5 \quad 2) x^3 + 3x^2 + 12x + 3 = 0$$

№10

$$1) 2.2x - 2^x = 0 \quad 2) x^3 - 0.2x^2 + 0.5x - 1 = 0$$

ЗАДАНИЕ 3. Изучение приближенных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений

Работа 1

По **методу Эйлера** составить алгоритм решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка $y' = f(x, y)$ с начальным условием $y(x_0) = y_0$ на отрезке $[a, b]$ с шагом h .

Составить программу и провести расчет. Сравнить результат с решением, полученным в системе MathCad.

Оценить точность полученных расчетов.

Примечание. Формула Эйлера для численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений имеет вид:

$$y_{i+1} = y_i + hf(x_i, y_i).$$

Для всех примеров выбрать отрезок интегрирования $[0.2, 1.2]$ с шагом $h = 0.1; 0.01$ при начальном условии $y(0.2) = 0.25$.

№1. $y' = 0.133(x^2 + \sin(2x)) + 0.872y$.

№2. $y' = 0.215(x^2 + \cos(1.5x)) + 1.283y$.

№3. $y' = 0.158(x^2 + \sin(0.8x)) + 1.164y$

№4. $y' = 0.173(x^2 + \cos(0.7x)) + 0.754y$.

№5. $y' = 0.221(x^2 + \sin(1.2x)) + 0.452y$.

№6. $y' = 0.163(x^2 + \cos(0.4x)) + 0.635y$.

№7. $y' = 0.218(x^2 + \sin(1.6x)) + 0.718y$.

№8. $y' = 0.145(x^2 + \cos(0.5x)) + 0.842y$.

№9. $y' = 0.213(x^2 + \sin(1.8x)) + 0.368y$.

№10. $y' = 0.127(x^2 + \cos(0.6x)) + 0.573y$.

Работа 2

Используя **метод Рунге-Кутты четвертого порядка**, составить алгоритм решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка $y' = f(x, y)$ с начальным условием $y(x_0) = y_0$ на отрезке $[a, b]$ с шагом h .

Составить программу и провести расчет. Сравнить результат с решением, полученным в системе MathCad.

Оценить точность полученных расчетов.

Примечание. Схема Рунге-Кутты четвертого порядка для численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений основана на соотношении:

$$y_{i+1} = y_i + \frac{h}{6} \left(k_1^{(i)} + 2k_2^{(i)} + 2k_3^{(i)} + k_4^{(i)} \right),$$

где

$$k_1^{(i)} = f(x_i, y_i);$$

$$k_2^{(i)} = f\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{k_1^{(i)}}{2}\right),$$

$$k_3^{(i)} = f\left(x_i + \frac{h}{2}, y_i + \frac{k_2^{(i)}}{2}\right),$$

$$k_4^{(i)} = f(x_i + h, y_i + k_3^{(i)}).$$

Для всех примеров выбрать отрезок интегрирования $[0,1]$ с шагом $h=0,1; 0,01$ при начальном условии $y(0)=0$.

№1. $y' = 1 + 0.2y \sin(x) - y^2$.

№6. $y' = \frac{\cos(y)}{x+2} + 0.3y^2$.

№2. $y' = \cos(x+y) + 0.5(x-y)$.

№7. $y' = \cos(1.5x+y) + (x-y)$.

№3. $y' = \frac{\cos(x)}{x+1} - 0.5y^2$.

№8. $y' = 1 - \sin(x+y) + \frac{0.5y}{x+2}$.

№4. $y' = (1-y^2)\cos(x) + 0.6y$.

№9. $y' = \frac{\cos(y)}{x+1.5} + 0.1y^2$.

№5. $y' = 1 + 0.4y \sin(x) - 1.5y^2$.

№10. $y' = 0.6 \sin(x) - 1.25y^2 + 1$.

ЗАДАНИЕ 4. Изучение методов решения линейных двухточечных граничных задач на примере процессов в электрическом контуре

Тестовая задача. Электрический контур включает последовательно соединенные индуктивность L , сопротивление R и емкость C . В момент $t=0$ начальный заряд q контура равен нулю, прикладывается постоянная э.д.с. E . В момент $\tau > 0$ сила тока в контуре равна i_τ . Определить силу тока в момент $t=0$ подключения э.д.с.

Провести расчет для значений параметров: $E = 24$ В, $L = 1$ Гн, $R = 1000$ Ом, $C = 6,25 \cdot 10^{-6}$ Ф, $\tau = 0,001$ с, $i_\tau = 0,031$ А.

1. Найти точное аналитическое решение тестовой задачи как неоднородного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами.

2. Преобразовать уравнение для тестовой задачи к численному решению методом суперпозиции. Составить программу и провести расчет. Сравнить результат с точным решением, полученным на этапе 1.

3. Преобразовать уравнение для тестовой задачи к численному решению методом прогонки. Составить программу и провести расчет. Сравнить результат с точным решением, полученным на этапе 1.

4. Преобразовать уравнение для тестовой задачи к численному решению методом сопряженного оператора. Составить программу и провести расчет. Сравнить результат с точным решением, полученным на этапе 1.

Литература

1. Голубенцев А.Ф., Аникин В.М., Аркадакский С.С. Двухточечные граничные задачи в практикуме по моделированию физических процессов. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2001.

2. Цунг-Йен На. Вычислительные методы прикладных граничных задач. – М.: Мир, 1982.

ЗАДАНИЕ 5. Моделирование задачи Бюффона методом Монте-Карло

Цель работы: Применение метода статистических испытаний к определению оценки числа π

Постановка задачи. На плоскость нанесена система параллельных прямых, удаленных друг от друга на расстояние $2a$ (рис. 1). На плоскость случайным образом бросается игла длины $2l$. Вероятность пересечения иглы с решеткой дается формулой Бюффона

$$p = \frac{2l}{\pi a}.$$

В лабораторной работе эта формулу выбирается в качестве основы для нахождения машинной оценки π^* числа π посредством имитационного моделирования.

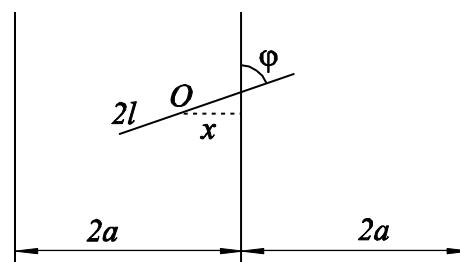


Рис. 1. Иллюстрация классической задачи Бюффона

1. Составить программу для получения оценки числа π , исходя из соотношения

$$\pi^* = \frac{2l N}{a B}.$$

Указание. Система случайных величин (X, Φ) считается равномерно распределенной в области $\{0 \leq X \leq a, 0 \leq \Phi \leq \pi\}$ (рис. 2). Эта система случайных величин независима, что означает равномерную распределенность на указанных интервалах как X , так и Φ . Условие пересечения определяется условием: $x \leq l \sin \varphi$ (рис. 2).

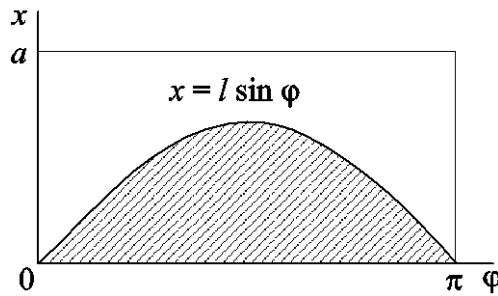


Рис. 2. Область случайных параметров для задачи Бюффона

2. В двойственной задаче Бюффона игла и решетка меняются ролями: игла фиксируется в круге радиуса a , а решетка случайным образом бросается на плоскость. В этой модификации задачи Бюффона равномерно распределенными являются параметры p и θ нормального уравнения случайной прямой – линии решетки, пересекающей круг, содержащий иглу (рис. 3).

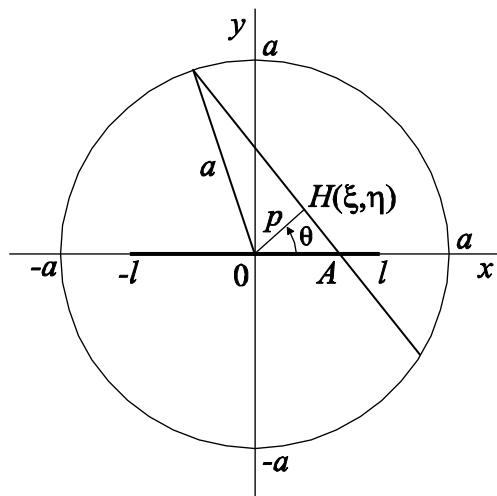


Рис. 3. Параметры в двойственной задаче Бюффона

Составить программу вычисления оценки числа π на основе двойственной задачи Бюффона, считая иглу закрепленной на диаметре.

Указание. Условием пересечения иглы и решетки в двойственной задаче для указанного расположения иглы является:

$$\frac{p}{|\cos \theta|} < l$$

(при фиксированном значении p). На основании полученных результатов оценить доверительные интервалы, с вероятностью $\gamma = 0,95$ и $\gamma = 0,99$ содержащие искомое значение.

Литература

Голубенцев А.Ф., Аникин В.М. Задачи Бюффона. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2001.

8. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Распределение максимальных баллов по видам деятельности в процессе проведения учебной практики «Вычислительная практика» приведено в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
4	0	40	0	40	0	0	20	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

4 семестр

Лекции – отчет по установочным лекциям не предусмотрен

Лабораторные занятия – от **0** до **4 баллов** (по объему, степени, качеству и самостоятельности выполненной работы).

Практические занятия – отчет не предусмотрен.

Самостоятельная работа – от **0** до **40 баллов** (по степени, качеству и самостоятельности выполненной работы).

Автоматизированное тестирование: не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности: не предусмотрены.

Промежуточная аттестация – зачет с оценкой

Промежуточная аттестация проводится в форме отчета по выполненным работам с выставление **зачета с оценкой**.

Ответ на «отлично» оценивается от 16 до 20 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 11 до 15 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 6 до 10 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 5 баллов.

Отличным признается ответ студента, выполнившего правильно все задания и представившего оформленный отчет согласно Правилам СГУ оформления отчетов по практикам.

Хорошим признается ответ при наличии незначительных погрешностей, допущенных в процессе выполнения и оформления работы.

Удовлетворительным признается ответ при неполном практическом выполнении задания, слабых навыках самостоятельной работы, при демонстрации студентом базовых навыков владения решения на компьютере вычислительных задач.

Неудовлетворительным признается ответ студента, не представившего отчет по практике и не демонстрирующего навыков самостоятельного решения вычислительных задач.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 4 семестр по учебной практики «Вычислительная практика» составляет 100 баллов.

Таблица 2.1. Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по учебной практике «Вычислительная практика» в оценку (зачет с оценкой)

85-100 баллов	зачтено / «отлично»
70-84 баллов	зачтено / «хорошо»
51- 69 баллов	зачтено / «удовлетворительно»
0 - 50 баллов	не зачтено / «не удовлетворительно»

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной практики

a) Литература

Андреева Е.В., Фалина И.Н. Системы счисления и компьютерная арифметика. М.: Бином. Лаборатория знаний, 3-е изд. 2004. 256 с. (В НБ СГУ – 4 экз.).

Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006 и 2008. (В НБ СГУ 56+110 экз.).

Срочко В. А. Численные методы: курс лекций. СПб: Изд-во «Лань», 2010. 208 с. (В НБ СГУ – 30 экз.).

б) Программное обеспечение и интернет-ресурсы

Свободное программное обеспечение на базе операционной системы FreeBSD10.2 со свободными программными продуктами: среда разработки Code::Blocks (языки программирования C, C++, Fortran), офисный пакет LibreOffice (текстовый редактор Writer; табличный редактор Calc; средство создания и демонстрации презентаций Impress; векторный редактор Draw; редактор формул Math; система управления базами данных Base), FreeCAD (параметрическая САПР), wxMaxima (система компьютерной алгебры), браузер FireFox. MS Office MSWindows XP, лицензия № 49234524 от 20.12.2007

10. Материально-техническое обеспечение учебной практики

1. Компьютерные классы Института физики СГУ (ауд. 307 и 308 8 корпуса СГУ).

Помещения соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности и охраны труда

при проведении учебных, научно-исследовательских и научно-производственных работ.

2. Персональные ЭВМ, объединенные в локальную сеть и с выходом в Интернет. Мультимедийное оборудование.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.02.02 «Физика» профиль «Компьютерная физика».

Автор:

Профессор, д.ф.-м.н.

В.М. Аникин

Программа разработана в 2021 г. (одобрена на заседании кафедры компьютерной физики и метаматериалов на базе Саратовского филиала ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, протокол № 2 от 4 октября 2021 года)

Программа актуализирована в 2022 г. (одобрена на заседании кафедры общей, теоретической и компьютерной физики, протокол № 6 от 23 мая 2022 года)