

Руководство к решению заданий по моделированию физических процессов 3.1

Тимофеева Эльвира Олеговна

Сентябрь 2021 г.

Руководство предназначено для студентов технических специальностей, в курсе которых присутствуют задания на моделирование лабораторных работ по физике.

Цель работы на моделирование физических процессов: освоить навык комплексного решения физических и инженерных задач, используя методы численного моделирования процессов

Задачи работы:

1. Определите проблему
Что происходит в контексте физических процессов?
2. Опишите проблему в контексте
Какое отношение это имеет к ...? / Что нужно делать с этим ...? / Каких вводных данных достаточно, чтобы решить проблему?
3. Составьте план решения проблемы
Как мне следует выбраться из такой ситуации, когда мне известно только ... ?
4. Осуществите свой план
Получите ответ в итоге решения задачи с визуальным подтверждением результата.
5. Оцените решение
Можно ли сказать, что полученный ответ достоверный? Почему?

Студенты выполняют задание на моделирование физических процессов **индивидуально**. Задачи для решения можно выбрать из списка в приложениях: **А** - Механика, **В** - Электричество, **С** - Магнетизм, **Д** - Колебания и Волны, **Е** - Оптика, **Ф** - Квантовая и атомная физика, **Г** - Статистическая физика и термодинамика.

Возможно использование **любых платформ для численного моделирования**, кроме таблиц EXCEL, например:

1. программы обработки массивов – IDL, MATLAB, Mathcad, OCTAVE, PYTHON
2. системы компьютерной алгебры – MAPLE, Mathematica, MAXIMA
3. инструменты графической визуализации, часто доступны как в обработке массивов, так и в системах компьютерной алгебры
4. языки, которые используются в большинстве научных исследований – PYTHON, FORTRAN, C, C++, Delphi
5. программа для сбора данных и создания виртуальных приборов – LabView
6. Другие специализированные платформы и инструменты по желанию студента

Пакет файлов с результатами работы необходимо **загрузить на сайт** <http://study.physics.itmo.ru> в соответствующий раздел курса и сообщить преподавателю о готовности **защитить работу** на консультации.

В качестве *результата работы* в пакет файлов входит следующее:

1. исходный код программы, в котором присутствует численное решение
2. удобный в использовании файл с программой, который достаточно запустить, чтобы получить итоговый результат без применения дополнительных манипуляций
3. краткое руководство по использованию программы с описанием вводных данных, которые присутствуют в данной модели физического процесса
4. краткий отчёт: теоретические сведения для решения задачи, используемые методы в решении задачи

Политика оценивания работы:

1. **2 балл** – предоставлен полный пакет файлов и студент продемонстрировал его работу
2. **2 балл** – модель физического процесса продемонстрировала комплексное решение задачи и предоставляет верный ответ в контексте физической проблемы с учётом всех возможных вариантов ввода исходных данных, в том числе приводящих к отказу работы программы из-за неадекватности исходных данных
3. **2 балл** – студент смог верно ответить на вопросы преподавателя по контексту работы физической модели (теоретические сведения для решения задачи, особенности создания модели), а также предложил усовершенствовать саму модель или техническое задание к работе

В сумме за одну работу по моделированию физических процессов студент может получить **максимум 6 баллов**.

А Механика

1. Предсказание движения по графикам

По уравнению движения $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$, $v(x)$, $a(v)$ или иному нарисовать график и определить характер движения материальной точки. Построить графики зависимости для других величин, которые подтвердят текстовый ответ программы, друг под другом для наглядности сравнения одинаковых точек.

2. Разгон / торможение

Минимальные входные данные: дистанция, координаты светофоров, максимальная скорость. Визуализировать материальную точку в движении по заданной дистанции. Характер движения материальной точки: разгон от светофора, равномерное движение при достижении максимальной скорости, торможение до остановки при приближении к следующему светофору. Построить графики зависимости $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$ друг под другом для наглядности сравнения одинаковых точек времени.

3. Автомобильная авария

Визуализировать материальные точки в движении (водитель и автомобиль) при аварии. Учесть несколько условий: был ли пристёгнут водитель и присутствовала ли подушка безопасности. В ответе спрогнозировать на сколько смертельным будет удар для водителя.

4. Предотвращение столкновения автомобилей

При заданных характеристиках движения двух автомобилей, спрогнозировать произойдет ли столкновение (при движении в одном направлении и/или в разных), а также рассчитать новые характеристики движения автомобилей, если при исходных условиях автомобили столкнутся. Визуализировать движение материальных точек в движении. Построить графики зависимости $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$ друг под другом для наглядности сравнения одинаковых точек времени.

5. Перетаскивание ящика

Задать силу тяги ящика уравнением. Учесть угол приложения силы. Визуализировать векторную диаграмму сил, приложенных к ящику при условиях, что ящик толкают или тянут. Трение присутствует. Построить графики зависимости $F(t)$, $A(t)$, $x(t)$.

6. Парашютист

Визуализировать движение материальной точки будто это парашютист, выпрыгнувший из самолёта. Определить оптимальное время, парашютисту следует открыть парашют. Построить графики зависимости $x(t)$, $v(t)$, $a(t)$ друг под другом для наглядности сравнения одинаковых точек времени.

7. Движение в гору и с горы

Возможно решить задачу в нескольких контекстах: движение велосипедиста в гору и с горы с приложением усилий для вращения педалей; запуск предмета в свободное движение в гору; человек тащит санки в горку, чтобы скатиться с вершины. Для каждого случая визуализировать движение материальной точки, диаграмму сил, графики зависимости кинематических характеристик.

8. Холмы и впадины

Визуализировать движение машины, как материальной точки, по холмам и впадинам. Необходимо, чтобы машина проехала расстояние из пункта А в Б за то же время, как если бы она ехала по ровной дороге. Координаты холмов и впадин, а также из радиус кривизны являются минимальными входными данными. Построить диаграмму сил, графики зависимости кинематических характеристик.

9. Ракета

Визуализировать полёт ракеты вертикально вверх и/или по баллистической тра-

- ектории. Определить время полёта при падении на землю и представить графики зависимости кинематических характеристик. *Возможно учесть движение ракеты при сгорании топлива и использовать законы Мещерского и Циолковского.
10. Движение системы блоков
Визуализировать диаграмму сил и процесс движения блоков заданной массы, связанных веревкой, перекинутой через неподвижный блок. Использовать в качестве поверхностей: край стола или треугольные рампы.
 11. Артиллерия
Визуализировать баллистическое движение старяда после выстрела из пушки как функцию $f(y, x)$. Учесть отдачу пушки. Задать самостоятельно геометрические размеры пушки, её массу, а также геометрические размеры и массы снарядов и мишени. Построить диаграммы сил/импульсов/скоростей для пушки и снаряда. Указать, попал ли снаряд в цель. Задать цель определенной формы и размера.
 12. Опасный поворот
Визуализировать движение автомобиля по закругленному участку дороги. Определить вылетит ли автомобиль с дороги при заданных параметрах движения автомобиля и кривизны дороги.
 13. Упругий и неупругий удар частиц
Визуализировать полёт частиц в двумерном пространстве при заданных характеристиках движения. Определить параметры столкновения частиц и как поведут себя частицы при упругом и неупругом столкновении. Построить диаграммы для векторов импульсов частиц.
 14. Астронавт
Астронавт сносит от космического корабля, поэтому он снимает баллон с кислородом и отбрасывает его от себя (от корабля), чтобы вернуться на корабль. Определить, выживет ли астронавт при заданных условиях. Визуализировать полёт астронавта и кислородного баллона.
 15. Лифт
Визуализировать движение лифта и векторную диаграмму сил, действующую на человека в лифте (а также вес человека). Учесть разгон и торможение лифта, а также безопасную и рекомендуемую для лифтов перегрузку для человека. Обозначить несколько остановок лифта между этажами (когда несколько людей живут на разных этажах) и построить графики зависимости $y(t)$, $v(t)$, $a(t)$ и определить время движения лифта.
 16. Подъемный кран
Визуализировать работу подъемного крана. Учесть движение груза в трёхмерном/двумерном пространстве. Определить работу крана, учитывая его заданную мощность, визуализировать движение груза, графики $f(x, y, z, t)$, векторные диаграммы сил
 17. Моделирование лабораторной установки
Выбрать лабораторную установку на сайте <http://study.physics.itmo.ru>. Предложить и обсудить с преподавателем варианты визуального представления данных.
 18. Выполнение задания из учебного пособия
Изучить задания на моделирование, представленные в учебных пособиях в списке литературы и выбрать одно из заданий, достаточного объема. Перед окончательным выбором сообщите преподавателю номер задания. Например, в учебном пособии [3] можно найти список заданий с примерами по механике: Глава IV. Компьютерное моделирование задач по механике.

В Электричество

1. Силовые линии электрического поля двух точечных зарядов
Провести численное моделирование силовых линий электростатического поля для двух зарядов q_1 и q_2 , находящихся на расстоянии l . Рассчитать величину вектора напряженности электрического поля и потенциала для точки с координатами (x, y) . Вычислить уравнение силовых линий для точечного заряда, построить графики силовых линий, сравнить с аналитическим решением. Расположить два точечных заряда q_1 и q_2 на оси OX в координатах x_1 и x_2 . Рассчитать потенциал и проекцию вектора напряженности электрического поля на ось ox , построить графики зависимости $\phi(x)$ и $E_x(x)$. Расчет траекторий силовых линий для двух точечных зарядов.
2. Взаимодействие диполей
Найти потенциальную энергию взаимодействия двух диполей с моментами \vec{p}_1 и \vec{p}_2 и установить, при какой взаимной ориентации она будет наименьшей и наибольшей. Построить модель (график) изменения потенциальной энергии в зависимости от углов между дипольными моментами и вектором \vec{n} - единичный вектор направленный от первого диполя ко второму диполю.
3. Движение частицы в поле плоского конденсатора
Частица влетает в поле конденсатора параллельно пластинам вдоль оси конденсатора. Частица имеет массу m и заряд q (знак не определен). Под действием поля конденсатора частица отклоняется к одной из пластин (в зависимости от знака заряда) и к концу пути попадает на неё. Координату, где упала частица можно измерить. Известны также расстояние между пластинами и напряжение на конденсаторе. Создать модель поведения частицы с возможностью изучения её траектории в зависимости от изменяемых параметров системы (масса, знак и модуль заряда частицы, расстояние между пластинами конденсатора, а также другие параметры являются входными данными для задачи). Определить закон, по которому изменяется траектория движения частицы. Учесть влияние силы тяжести на частицу и визуализировать траекторию движения частицы в виде графика.
4. Взаимодействие ионов
Выбрать молекулу (например, $NaCl$, MgO , Si_2O , ZnO_2 или другие) с чередующимися ионами, уложенными в кристаллической решетке в шахматном порядке. Создать визуальную картину (3D модель или в виде графика) взаимного расположения ионов в кристаллической структуре. Определить силы и энергии взаимодействия ионов и визуализировать эти значения в зависимости от координаты на визуальной картине кристаллической структуры. Учесть размер ионов и с помощью модели определить длину связей между ионами. В результатах работы в отчёте указать ошибку и её причины при моделировании кристаллической решетки в сравнении со справочной литературой. Методы для моделирования кристаллических решеток можно начать изучать с учебного пособия [7]
5. Моделирование лабораторной установки
Выбрать лабораторную установку на сайте <http://study.physics.itmo.ru>. Предложить и обсудить с преподавателем варианты визуального представления данных.
6. Выполнение задания из учебного пособия
Изучить задания на моделирование, представленные в учебных пособиях в списке литературы и выбрать одно из заданий, достаточного объема. Перед окончательным выбором сообщите преподавателю номер задания. Например, в учебном посо-

бии [3] можно найти список заданий с примерами по электричеству и магнетизму:
Глава VI. Компьютерное моделирование задач по электричеству и оптике.

7. Моделировать поле напряженности (выбрать заряды самостоятельно, но не менее 2-х, указать направление силовых линий) и преобразовать в поле потенциала (показать распределение эквипотенциальных поверхностей, учесть возможность определения потенциала в точке). В этом же задании показать обратное преобразование и сравнить с первоначальным полем напряженности.
8. Модель клетки Фарадея.
9. Поворот диполя под действием электростатического поля. Визуализировать действие поля на диполи, расположенные в хаотичном порядке.

С Магнетизм

1. Движение заряженных частиц в магнитном поле
Описание задачи на странице 156 сборника [3].
2. Магнитное поле планеты
Выбрать планету для изучения - по умолчанию выберите Землю, но у вас есть возможность изучить и другие планеты. Создать модель магнитного поля планеты в виде векторного поля напряженности B , по которой можно определить ортогональные составляющие напряженности, суммарную напряженность, напряженность горизонтальной составляющей H , магнитное отклонение и магнитное склонение в точке, с заданными координатами (с любой из систем - геодезической, сферической и т.п.). В задаче возможно выбрать ограниченные входные данные и создать модель как для планеты в целом, так и для ограниченного региона с нормальным или аномальным магнитным полем. Задача имеет большую исследовательскую составляющую и необходимо описать процесс поиска данных в отчёте. Поиск можно начать с изучения статьи [8].
3. Пространственный осциллятор
Описание задачи на странице 160 сборника [3].
4. Разделение изотопов
Описание задачи на странице 162 сборника [3].
5. Возмущение орбиты электрона в однородном магнитном поле движущимся протоном
Описание задачи на странице 164 сборника [3].
6. Явление гистерезиса
Описание задачи на странице 181 сборника [3].
7. Рамка
Смоделировать магнитное поле (рассмотреть равномерное и неравномерное) и поместить в это поле проводящую рамку или кольцо. Создать условия для визуализации вращения рамки в магнитном поле и показать стабильное состояние рамки без движения.

D Колебания и волны

1. Физический маятник
Описание задачи на странице 105 сборника [3].
2. Параметрический маятник
Описание задачи на странице 107 сборника [3].
3. Маятник Фуко
Описание задачи на странице 110 сборника [3].
4. Двойной маятник
Описание задачи на странице 111 сборника [3].
5. Связанные маятники
Описание задачи на странице 112 сборника [3].
6. Распространение волн на воде. Солитоны
Описание задачи на странице 126 сборника [3].
7. Затухающие колебания
Пусть груз массы Q совершает колебания на упругой рессоре с линейной характеристикой; при этом выполняются два условия: 1. восстанавливающая сила жесткости k , 2. движению груза препятствует сила сопротивления F - она направлена в сторону, противоположную направлению движения, и пропорциональная скорости движения груза относительно нижней точки рессоры. Исследовать закон движения груза. Найти общее решение, получить график колебания, найти фазовые портреты уравнения и построить векторное поле уравнения для различных значений дискриминанта характеристического уравнения.
8. Часы
Определить какую кривую описывает конец минутной стрелки, если мастер изготовил часы так, что центр вращения минутной стрелки находится на конце часовой. Получить график траектории минутной стрелки и уравнение, описывающее её движение.
9. Звуки
Запишите на гласные и согласные звуки на диктофон. Выделите частотные спектры звуков. Определите по частотным спектрам сходства и различия разных типов звуков. Предложите метод обработки для определения глухих, звонких и других категорий звуков. Получите результаты и объясните особенности каждой категории звуков. Предложите свою задачу для обработки звуков, которая вам может быть интересна.
10. Фигуры Лиссажу
Описание задачи на странице 169 сборника [3].
11. Выпрямление с фильтрацией
Описание задачи на странице 171 сборника [3].
12. Амплитудная модуляция и детектирование
Описание задачи на странице 172 сборника [3].
13. Генерирование колебаний
Описание задачи на странице 175 сборника [3].
14. Спектральный анализ
Описание задачи на странице 185 сборника [3].

Е Оптика

1. Линза
Выбрать любое изображение и смоделировать работу линзы и линзовой системы используя [матричную теорию Гауссовой оптики](#). Выбрать линзу возможно из справочника [\[10\]](#).
2. Гомография
Получить изображение, на котором присутствуют искажения пространства, например, квадрат превращается в трапецию при фотографии с определенного угла. Провести проективное преобразование более сложного объекта, чем квадрат [\[11\]](#), [\[видео\]](#). В результате обработки изображения получить неискаженное изображение объекта.
3. Аберрации
Смоделировать работу линзы используя [матричную теорию Гауссовой оптики](#). Учите минимум 3 длины волны из красных, зеленых и синих областей спектра. Доказать, что при прохождении лучей различных длин волн, изображение может быть искажено из-за аберраций линзы [\[12\]](#), [\[13\]](#).
4. Градиентные световоды
Описание задачи на странице 193 сборника [\[3\]](#).
5. Каустика
Изучите явление каустики на примере предмета заданной формы. Предмет можно поместить в воду, расположить источник освещения над поверхностью воды, создать волнение на поверхности для проявления эффекта. Задание предполагает визуализацию эффекта и объяснение с физической точки зрения.
6. Дифракция на частице
Смоделировать дифракционную картину на экране для дифракции плоских и сферических волн (по отдельности) на частице заданного размера. Показать интерференционную картину на различных расстояниях от частицы.
7. Трассировка лучей
Смоделировать геометрическую трассировку лучей по меридиональным и сагитальным плоскостям для цилиндрической линзы. В результате моделирования получить траекторию лучей в 2D или в 3D.
8. Интерференция волн
Смоделировать интерференционную картину на воде от двух источников волн. Создать динамическое изображение интерференционной картины в различные моменты времени.
9. Перископ
Моделирование изображения, полученного в перископ с учетом фотометрических параметров. Взять любую фотографию и получить на выходе изображение этой фотографии после прохождения через элементы перископа. В отчёте описать, из каких элементов перископ состоит, и доказать изменение энергетических параметров объекта (фотографии) при прохождении через каждый из элементов перископа.
10. Моделирование ламбертовского излучателя
Ламбертовский излучатель помещен в отражатель проектора, который имеет форму функции 2 степени (определить, какую форму должен иметь отражатель). Получить параллельный пучок лучей и доказать визуально его параллельность, построив траекторию нескольких лучей.
11. Дифракция Френеля на отверстии
Моделирование распределения интенсивности электромагнитного поля сферическо-

го фронта волн на экране для установки дифракции Френеля на отверстии. Входные данные должны содержать значение длины волны монохроматического излучения и габаритные размеры установки.

12. Миражи

Описание задачи на странице 190 сборника [3].

13. Радуга

Описание задачи на странице 187 сборника [3].

Г Квантовая и атомная физика

1. Квантово-механическая модель атома Вариант 1

Для главных квантовых чисел $n=1,2,3,4$ и всех соответствующих им орбитальных чисел:

- рассчитать радиальные функции $R_{nl}(\rho)$.
- построить графики функций $R_{nl}(\rho)$, $|R_{nl}(\rho)|^2$ и вероятности обнаружения электрона на расстоянии ρ от ядра $D(\rho) = |R_{nl}(\rho)|^2 \cdot 4\pi\rho^2$.
- Уровень энергии E_n и все возможные частоты излучения и поглощения.

Для соответствующих орбитальных чисел:

- рассчитать все формы орбиталей s, p, d, f ($l=0,1,2,3$) для всех возможных магнитных чисел $Y_{nl}(\Theta, \phi)$. Построить форму орбитали в координатах (Θ, ϕ) .

Вычислить волновые функции состояний $\Psi_{nl}(r, \Theta, \phi) = R_{nl}(r) \cdot Y_{nl}(\Theta, \phi)$ для указанных выше квантовых чисел n, m, l и построить их графики в полярных координатах (r, Θ, ϕ) , величину функции обозначая цветовой шкалой.

В отчёте: 1. Теоретическая часть. Мотивация. Что покажут расчеты? 2. Расчетная часть. Текст кода и результаты расчетов. Графики, систематизированные по квантовым числам. 3. В работе обязательно сделать выводы. Какой смысл несет магнитное квантовое число? Как различаются графики для разных магнитных квантовых чисел? На каком расстоянии от ядра вероятность обнаружения электрона максимальна? Можно ли это расстояние оценить в рамках модели Бора? Почему? Что нового о строении атома Вы узнали из расчетов? Можно ли применить эти расчеты для много электронных атомов? Какие уточнения необходимо сделать при этом?

2. Квантово-механическая модель атома Вариант 2

Описание задачи на странице 199-205 сборника [3]. Сделать две части.

3. Дифракция микрочастиц на отверстии

Описание задачи на странице 196 сборника [3].

4. Расчет молекулы бензола методом Хюккеля

Описание задачи на странице 205 сборника [3].

5. Потенциальная яма.

Определить связанные состояния и соответствующие им собственные значения в случае прямоугольной потенциальной ямы $U(x) = 0$ для $|x| > a$ и $U(x) = -U$ для $|x| < a$. Найти собственные значения функции и собственные значения для осцилляторного потенциала $U(x) = \frac{m\omega^2 x^2}{2}$. Построить собственные функции на графике. Учесть, что перегородка может быть полупроницаемой или непроницаемой.

6. Альфа-распад

Создать модель, в которой радиоактивное ядро альфа-частицы захватывается квадратным барьером шириной a и высотой U . Вычислить вероятность туннелирования, когда альфа-частица встречает барьер, если ее кинетическая энергия на kU ниже вершины барьера. Определить проницаемость барьера. Построить график возможной волновой функция для частицы, туннелирующей через барьер.

7. Туннельный микроскоп

Определить волновую функцию и уровни энергии стационарных состояний частицы массой m , локализованной в одномерной потенциальной яме прямоугольной формы с бесконечно высокими стенками. Изобразить графически $|\psi_{nl}|^2$ для $n < 6$.

8. Эксперимент Резерфорда

Построить модель траекторий рассеяния альфа-частиц на золоте. Учесть, что энергию альфа-частицы можно изменять и рассчитывать исходя из скорости альфа-частицы. Каждая кривая должна показывать возможную траекторию альфа-частицы в зависимости от начальной координаты в 2D или 3D. Заменить частицу золота

на частицу с большим радиусом и повторить моделирование. Объяснить результаты.

9. Модель черного тела

Создать модель абсолютно черного тела и построить траекторию прохождения электромагнитного излучения через модель. На выходе моделирования необходимо рассчитать сколько излучения поглощается, рассеивается. Задать температуру черного тела и получить спектр черного тела у выходящего из отверстия электромагнитного излучения.

10. Гравитационная линза

Выбрать массивные космические объекты и визуализировать траекторию лучей. Получить "картинку на экране" от звезды, свет которой проходит около массивного тела.

G Статистическая физика и термодинамика

1. Распределение тепла в стержне. Варианты 1-5

Рассмотреть динамику изменения температуры в стержне длиной l с теплоизолированными концами, на которых поддерживается постоянная температура. Вывести уравнение распределения тепла в стержне. Провести численный эксперимент для различных параметров задачи: длины стержня, коэффициента температуропроводности (в диапазоне от 0 до 1). Построить графики изменения распределения температуры в стержне по временным слоям. Температура на концах $u(0)$ и $u(l)$ и начальное распределение температуры в стержне $f(x)$ при $t=0$: вариант 1 - $l=4$, $u(0)=-1$, $u(l)=3$, $f(x) = 0,25x_i^2 - 1$, вариант 2 - $l=10$, $u(0)=1$, $u(l)=0$, $f(x) = \cos(\frac{x_i}{2})$, вариант 3 - $l=8$, $u(0)=0$, $u(l)=0,5$, $f(x) = \sin(2x_i)$, вариант 4 - $l=16$, $u(0)=-6$, $u(l)=15$, $f(x) = \cos(\frac{x_i}{2})$, вариант 5 - $l=25$, $u(0)=-40$, $u(l)=40$, $f(x) = \sin(x_i) - \cos(x_i)$.

2. Микроволновка

Смоделировать процесс нагревания еды в микроволновке на примере 1 молекулы воды. В результатах показать зависимость, которая доказывает воздействие энергии микроволнового излучения на молекулу.

3. Диффузия

Из раствора с начальной концентрацией растворенного вещества $C_0 \in R_+$ диффундирует растворенное вещество в растворитель. Раствор ограничен плоскостями $x=0$ и $x=h$, а растворитель $x=h$ и $x=l$, где $l>h$. Провести исследование процесса выравнивания концентрации исходя из предположения, что границы $x=0$ и $x=l$ непроницаемы для вещества. Построить график $C(x,t)$ концентрации диффундирующего растворенного вещества из раствора в растворитель. Сравнить аналитическое и численное решение задачи.

4. Концентрация частиц

Рассмотреть случайные блуждания (диффузию) частиц в поле $U = \frac{k}{2}(x^2 + y^2 + z^2)$.

Определить наблюдаемую концентрацию частиц в зависимости от $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ и изобразить зависимость $C(r)$ в виде гистограммы

5. Случай в заповеднике

При обходе заповедника два егеря обнаружили тушу убитого кабана. Ее осмотр показал, что выстрел браконьера был точным и кабан убит наповал. Рассудив, что браконьер должен вернуться за добычей, егеря решили дожидаться его, укрывшись недалеко от того места, где лежала туша. Вскоре показались два человека, направлявшиеся прямо к убитому животному. Задержанные всячески отрицали свою причастность к браконьерству. Однако у егерей уже были косвенные улики их виновности, но для ее полного доказательства следовало еще уточнить время, когда был убит кабан. В момент задержания подозреваемых температура x туши кабана была равна $t_1 = 31^\circ\text{C}$, а спустя час составляла $t_2 = 29^\circ\text{C}$. Считая, что в момент выстрела температура воздуха была $a = 21^\circ\text{C}$, а температура кабана $x_0 = 37^\circ\text{C}$, определить время выстрела. Решите задачу в общем виде так, чтобы на входе программы было возможно ввести время ожидания браконьеров егерями, температуры, вывести виновны или невиновны браконьеры при изменении входных данных, а также учесть проверку правильности входных данных.

6. Труба

Теплопроводная труба диаметром 20 см сделана из однородного материала и защищена покрытием из магнезита толщиной 10 см. Температура трубы равна 160°C , а

внешнее покрытие имеет температуру, равную 30°C . Исследовать распределение температуры внутри покрытия и найти количество теплоты, выделенной трубой на участке длиной 1 м в течение суток, если коэффициент теплопроводности $k = 1,7 \cdot 10^{-4}$. Решите задачу в общем виде так, чтобы на входе программы было возможно ввести температуры, время выделения теплоты, а также коэффициент теплопроводности и учесть проверку правильности входных данных.

7. Оценка параметров движения броуновской частицы в жидкости

Задайте количество частиц и параметры распределения. Учтите силу трения и коэффициент вязкости жидкости. Получите на экране картину движения точек, моделирующих случайные блуждания в соответствии с функцией распределения частиц по координатам x , y , z . Выведите на экран гистограмму распределения частиц по координатам x , y , z . Получите на экране графики для x, y, z вида $\langle x \rangle$ и $\langle x^2 \rangle$ в зависимости от числа шагов – параметра случайного блуждания. При каком наибольшем числе частиц будут отклонения от закона распределения? Напишите функцию, реализующую метод наименьших квадратов. Получите на экране двумерную картину случайных блужданий частиц, вышедших из одной точки и постройте функцию распределения $R = \sqrt{x^2 + y^2}$.

8. Шаровой резервуар

Шаровой резервуар объёмом $V \text{ м}^3$ наполнен водой. В его нижней части имеется круглое отверстие диаметром $x \text{ мм}$, через которое выливается вода. Сколько воды вытечет из резервуара, если воздух в него не попадает? Решить задание численно и провести проверку адекватности введенных данных. Визуализировать процесс.

9. Горизонтальная цистерна

Из горизонтально расположенной цистерны длиной $l \text{ м}$ и диаметром $D \text{ м}$ через отверстие диаметром $d \text{ мм}$ в нижней части выливается солянка. Через сколько минут наполненная доверху цистерна окажется пустой? Решить задание численно и провести проверку адекватности введенных данных. Визуализировать процесс.

10. Наклоненная цистерна

Наполненная нефтью цистерна длиной $l \text{ м}$ и диаметром $D \text{ м}$ расположена под углом α к горизонту; в ее нижней части имеется круглое отверстие диаметром $d \text{ мм}$, через которое выливается нефть. Определить время, за которое нефть полностью выльется из цистерны. Решить задание численно и провести проверку адекватности введенных данных. Визуализировать процесс.

11. Конус вершиной вверх

Резервуар имеет форму конуса высотой $H \text{ м}$ и радиусом основания $R \text{ м}$, наполнен моторным маслом и расположен вершиной вверх. В его нижней части имеется круглое отверстие диаметром $d \text{ мм}$, через которое выливается жидкость. Определить время истечения всей жидкости из резервуара. Решить задание численно и провести проверку адекватности введенных данных. Визуализировать процесс.

12. Конус вершиной вниз

Резервуар имеет форму конуса высотой $H \text{ м}$ и радиусом основания $R \text{ м}$, наполнен моторным маслом и расположен вершиной вниз. В его нижней части имеется круглое отверстие диаметром $d \text{ мм}$, через которое выливается жидкость. Определить время истечения всей жидкости из резервуара. Решить задание численно и провести проверку адекватности введенных данных. Визуализировать процесс.

13. Конус на образующей

Резервуар имеет форму конуса высотой $H \text{ м}$ и радиусом основания $R \text{ м}$, наполнен моторным маслом и лежит на образующей. В его нижней части имеется круглое отверстие диаметром $d \text{ мм}$, через которое выливается жидкость. Определить время истечения всей жидкости из резервуара. Решить задание численно и прове-

сти проверку адекватности введенных данных. Визуализировать процесс.

14. Модель Кронига-Пени

Создать модель зонной структуры одномерного кристалла на основании модели Кронига-Пени. Учесть изменение ширины запрещенных зон в зависимости для полупроводника, полупроводника или диэлектрика, а также природу связи атомов и структуру кристалла. Рассмотреть свободное состояние электрона, состояние внутри потенциальной ямы с непроницаемыми стенками и слабосвязанные состояния. Ввести глубину и ширину ямы, а также учесть постоянную кристаллической решетки. Проследить возникновение разрешенных зон для квазисвободных электронов. Построить графики валентных электронов от энергии для n разрешенных уровней в одной яме. Выбрать максимально возможное количество n и построить график для каждого n .

Список литературы

- [1] Bourg, D. M. (2002). *Physics for game developers*. "O'Reilly Media, Inc."
- [2] Kodicek, D. (2012). *Mathematics and physics for programmers*. Pearson Education.
- [3] Маликов, Р. Ф. (2005). *Практикум по компьютерному моделированию физических явлений и объектов: Учеб. пособие*. Уфа: Изд-во БашГПУ.
- [4] Linge, S., & Langtangen, H. P. (2020). *Programming for Computations-Python: A Gentle Introduction to Numerical Simulations with Python 3.6* (p. 332). Springer Nature.
- [5] Beu, T. A. (2014). *Introduction to numerical programming: a practical guide for scientists and engineers using Python and C/C++*. CRC Press.
- [6] Майер, Р. В. (2014). *О применении вычислительных экспериментов при изучении физики*. Кибернетика и программирование, (6), 74-84.
- [7] Плутенко, А. Д., Еремин, И. Е., & Еремина, В. В. (2012). *Метод опосредованной визуализации наноструктур*. Информатика и системы управления, (3), 33.
- [8] Lesur, V., Macmillan, S., & Thomson, A. (2005). *A magnetic field model with daily variations of the magnetospheric field and its induced counterpart in 2001*. Geophysical Journal International, 160(1), 79-88.
- [9] [Physics.Math.Code - Сообщество физиков, математиков и разработчиков](#)
- [10] Панов, В. А., Кругер, М. Я., & Кулагин, В. В. (1980). *Справочник конструктора оптико-механических приборов*. Л.: Машиностроение, 71-72.
- [11] Хартсхорн, Р. (1970). *Основы проективной геометрии*: Пер. с англ. Мир.
- [12] Русинов, М. М., Грамматин, А. П., Иванов, П. Д., Андреев, Л. Н., Агальцова, Н. А., Ишанин, Г. Г., ... & Родионов, С. А. (2008). *Вычислительная оптика: Справочник*. Изд. 2.
- [13] Кирилловский, В. К., & Точилина, Т. В. (2011). *Оптические измерения, 2007-2008*.
- [14] *Практикум по компьютерному математическому моделированию. Часть II: Компьютерное моделирование физических процессов: учебно-методическое пособие* / О. А. Широкова – Казань: КФУ, 2015. – 85с.
- [15] В. Н. Осташков. *Практикум по решению инженерных задач математическими методами: учебное пособие*.— Тюмень: ТюмГНГУ, 2010.— 204 с.
- [16] Коткин Г. Л., Черкасский В. С. *Компьютерное моделирование физических процессов с использованием MATLAB: Учеб. пособие* / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2001. 173с.