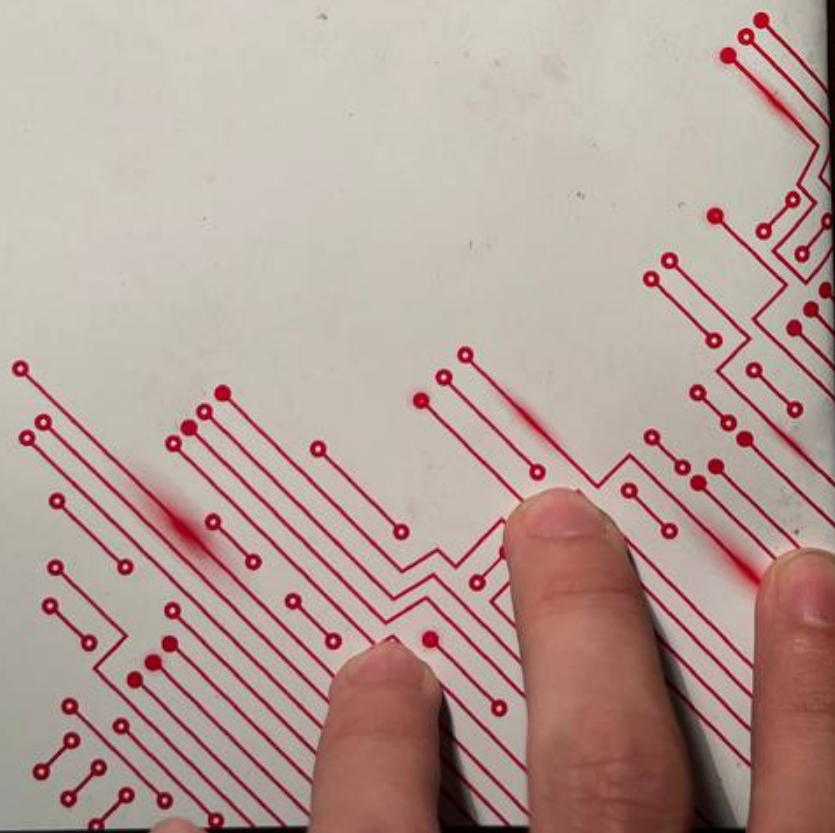


ГРУППА ФРКТ [HTTPS://VK.COM/DREC\\_MIPT](https://vk.com/drec_mipt)  
ГРУППА СТУДЕНЧЕСКОГО СОВЕТА ФРКТ [HTTPS://VK.COM/SSFRKT](https://vk.com/ssfrkt)



Для заметок



- 4.7. "Простые числа II". Используя алгоритм "решето Эратосфена" вывести все простые числа в диапазоне от 1 до введенного числа  $n$ .
- 4.8. Дан одномерный массив, состоящий из  $N$  вещественных чисел. Найти среднее арифметическое отрицательных элементов, стоящих на четных местах. Оформить в виде функции, в функцию передать массив и количество элементов, вернуть среднее арифметическое.

## Задание 2

(срок сдачи 08–15 декабря)

1. *Обработка строк, строковые функции*
  - 1.1. Даны две строки. Определить, равны ли 2,3 и 4 символ первой строки 5, 6 и 7 символу второй строки.
  - 1.2. Определить входит ли введенный символ в исходную строку.
  - 1.3. Дан текст. Найти слова, состоящие из цифр и посчитать сумму чисел, которые образуют эти слова.
2. *Структуры данных: списки, стек, очередь, бинарные деревья, хеш-таблицы*
  - 2.1. Создать односвязный список из  $n$  звеньев и написать функцию удаления звена с заданным ключом. Если такого звена нет, выдать сообщение об этом на печать.
  - 2.2. Дана строка, состоящая из круглых, квадратных и фигурных скобок. Используя функции стека, написанные ранее, определить правильность скобочной записи.
  - 2.3. Даны две непустые очереди. Элементы каждой из очередей упорядочены по возрастанию. Объединить очереди в одну с сохранением упорядоченности элементов.
  - 2.4. По введенным  $n$  значениям целых чисел построить бинарное дерево и найти его глубину.
  - 2.5. Написать программу, которая реализует функционал записной книжки, используя хеш-таблицу с разрешением коллизий методом цепочек.

Учебное издание

## СБОРНИК программ и заданий

Физтех-школа радиотехники и компьютерных технологий

(ФРКТ)

для студентов 1 курса  
на осенний семестр  
2023–2024 учебного года

Редакторы и корректоры: И.А. Волкова, О.П. Котова, Н.Е. Коблева  
Компьютерная верстка В.А. Дружинина

Подписано в печать 01.08.2023. Формат  $60 \times 84 \frac{1}{16}$ . Усл. печ. л. 2,5  
Тираж 180 экз. Заказ № 102

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный  
исследовательский университет)»  
141700, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., 9  
Тел. (495) 408-58-22, e-mail: [rio@mpt.ru](mailto:rio@mpt.ru)

Отдел оперативной полиграфии «Физтех-полиграф»  
141700, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., 9  
Тел. (495) 408-84-30, e-mail: [polygraph@mpt.ru](mailto:polygraph@mpt.ru)



## ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ

Задачи, входящие в данный раздел, представляют собой образцы задач, которые будут предложены на семинарских занятиях, а также могут быть использованы для самостоятельной работы.

Преподаватель предлагает задачи группам в зависимости от уровня подготовки и степени освоения материала.

Итоговая оценка определяется на основе баллов, полученных на двух контрольных работах, решения задач на семинарских занятиях и сдаче зачета по усмотрению преподавателя, ведущего семинарские занятия в группе.

Рекомендуется писать программы и отлаживать их в консольном режиме под ОС UNIX.

Для Студентов с начальной подготовкой, в первой половине семестра возможно использовать GEANY под ОС UNIX.

### Задание 1

(срок сдачи 20–27 октября)

1. *Машина Тьюринга.* Если в задаче не оговорено начальное положение каретки, считаем, что она находится над левым крайним символом строки, расположенной на ленте машины Тьюринга.  
Использовать эмулятор, расположенный  
<https://kpolyakov.spb.ru/prog/turing.htm>
  - 1.1. Сложить два числа в унарной системе счисления. Каретка над левым символом первого числа.
  - 1.2. Дано восьмеричное число, прибавить к нему 1.
  - 1.3. Дано десятичное число. Вычесть из него 1.
  - 1.4. Сконструировать машину Тьюринга, которая переводит числа из двоичной системы счисления в восьмеричную
2. *Машина Поста.* Соглашение о положении считывающей головки, аналогично машине Тьюринга.  
Использовать эмулятор, расположенный  
<https://kpolyakov.spb.ru/prog/post.htm>
  - 2.1. Сложение двух чисел в унарной системе счисления при разных положениях считывающей головки.
  - 2.2. На ленте N отмеченных секций. Справа от данного массива через одну пустую секцию разместить массив в два раза больший. Исходный массив может быть стерт.

- 2.3. На ленте расположен массив  $2*N-1$  отмеченных секций. Составить программу отыскания средней метки массива и стирание ее.
- 2.4. На ленте Поста Расположен массив из N меток. Если число делится на 3, то после массива через одну пустую секцию поставить метку.

### 3. Нормальные алгоритмы Маркова

Использовать эмулятор, расположенный

URL: <https://kpolyakov.spb.ru/prog/nma.htm>

- 3.1. В слове, состоящем из 1 и 2 заменить 1 на 3, а 2 на 4
- 3.2. Дана последовательность скобок. С помощью нормальной системы подстановок Маркова определите правильность скобочной структуры.
- 3.3. Присоединить букву к слову слева.
- 3.4. «Перевоорачивание» заданного слова в алфавите {a, b, c}.

### 4. Решение простых алгоритмических задач

- 4.1. “Мах”. Написать программу, которая выводит максимальное число из N введенных чисел. В первой строке вводится заданное число N, в следующей – N целых чисел.
- 4.2. Модификация задачи 4.1. Число N неизвестно. Ввод целых чисел продолжается до прерывания ввода.
- 4.3. “Числа Фибоначчи I”. Написать программу, которая по данному n находит n-е число Фибоначчи. Числа Фибоначчи определяются соотношением  
$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2}, \quad F_1 = F_2 = 1$$
- 4.4. “Числа Фибоначчи II”. Решить предыдущую задачу(4.3.), используя рекурсию. Оценить число элементарных операций, в рекурсивном и не рекурсивном алгоритмах вычисления числа  $F_n$
- 4.5. “Биномиальные коэффициенты”. Написать программу, которая для данного натурального числа n находит коэффициенты в разложении  
$$(1+x)^n = C_n^0 x^0 + C_n^1 x^1 + \dots + C_n^n x^n$$
  
Использовать соотношение  
$$C_n^k = C_n^{n-k} = 1, \quad C_n^k = C_{n-1}^k + C_{n-1}^{k-1}$$
  
Оценить, как растет время работы программы с ростом n.
- 4.6. “Простые числа I”. Определить, является ли введенное число n простым.



11. Побитовые и логические операции.
12. Функции. Реализация и вызов. Прототип функции. Передача аргументов в функцию по значению и по указателю, возврат значений и время жизни возвращаемого значения. Указатели на функцию. Использование const с формальными параметрами.
13. Директивы препроцессора. Макроопределения.
14. Структуры. Объявление, определение, инициализация. Доступ к полям. Указатели на структуры. Передача структуры в функцию и возврат структуры из функции. Размер структуры. Вложенные структуры. Структуры, ссылающиеся на себя.
15. Оператор typedef.
16. Стандартные функции ввода и вывода. Функции scanf, printf.
17. Работа с символами. ASCII-код. Ввод и вывод символа.
18. Условные операторы if, if-else. Оператор switch. Тернарный оператор. Понятие "истина" и "ложь". Логические операторы. Сравнение действительных чисел.
19. Циклы while, for, do while. Операторы break и continue. Метки и оператор goto.
20. Массивы и указатели. Адресная арифметика. Многомерные массивы. Передача массива в функцию. Возвращение массива из функции.
21. Динамическая память. Выделение памяти и ее освобождение. Функции calloc, malloc, realloc, free.
22. Стандартная функция qsort.
23. Хранение строк. Строковые константы. Стандартные функции языка для работы с символами и строками.
24. Функции преобразования из строки в число atoi, strtol.
25. Контроль ошибок. Аргументы командной строки.
26. Стандартные потоки ввода и вывода. Функции работы с файлами. Понятие буферизации. Произвольный доступ к файлам.
27. Функции выхода exit и диагностики ошибок perror.

## Литература

### Основная

1. Винокуров Н.А., Ворожцов А.В. Практика и теория программирования. – Москва : Физматкнига, 2008.
2. Прата С. Язык программирования C. Лекции и упражнения. – 6 изд. Москва : Диалектика-Вильямс, 2018.
3. Карпов Ю.Г. Теория автоматов. Москва. – Санкт-Петербург : Питер, 2002.
4. Столяров А.В. Программирование: введение в профессию. – Москва: ДМК Пресс 2021.

### Дополнительная

5. Кормен Томас Х., Лейзерсон Чарльз И., Ривест Рональд Л., Штайн Клиффорд. Алгоритмы. Построение и анализ. – 3 изд. – Москва : Диалектика-Вильямс, 2020.
6. Ахо Альфред В., Хопкрофт Джон Э., Ульман Джеффри Д. Структуры данных и алгоритмы. – Москва : Диалектика-Вильямс, 2018.
7. Макконелл Дж. Анализ алгоритмов. Вводный курс. – 2-е изд. Москва : Техносфера 2004.
8. Бабичев С.Л. Лекции по алгоритмам и структурам данных. URL: <https://www.babichev.org/books/AlgoBookPrint.pdf>
9. Кнут Дональд Эрвин. Искусство программирования. Сортировка и поиск. – 3-е изд. Москва : Диалектика-Вильямс, 2018.
10. Брайан Керниган; Деннис Ритчи. Язык программирования C. – 2 изд. – Москва : Диалектика-Вильямс, 2020.

### Учебно-методические пособия и методические указания

1. Бабичев С.Л. Информатика. Семинары. 1-4 курс. – URL: <https://www.babichev.org/mipt/c-language.pdf>
2. <https://www.babichev.org/mipt/c-language.pdf>
3. Прут В.В. Алгоритмы обработки структур данных на языке C. Списки, стеки, деревья : методические указания. – Москва : МФТИ, 2013.
4. Прут В.В. Сортировка и поиск. Алгоритмы на языке C : учебно-методическое пособие. – Москва : МФТИ, 2014.
5. Прут В.В. Введение в графы. Алгоритмы на языке C : учебно-методическое пособие. – Москва : МФТИ, 2014.
6. Прут В.В. Свойство графов. Алгоритмы на языке C : учебно-методическое пособие. – Москва : МФТИ, 2014.
7. Дивари И.Н. Сборник лабораторных работ по курсу «Алгоритмизация и язык СИ». – Москва : МФТИ, 2022. – 94 с.

### Электронные ресурсы

1. <http://cs.mipt.ru>
2. <http://acm.mipt.ru>
3. <https://www.babichev.org>
4. <http://lms.mipt.ru>
5. <http://www.stolyarov.info>



33. Динамическое выделение памяти, утечка памяти.
34. Указатели на одномерные и двумерные массивы, указатели на структуры, единица хранения.
35. Динамическое выделение памяти для одномерных, двумерных массивов и структур.

### Алгоритмы

1. Алгоритмы поиска. Последовательный поиск, бинарный поиск, интерполяционный поиск, поиск Фибоначчи.
2. Алгоритмы сортировки. Внешняя и внутренняя сортировки. Обменная сортировка (пузырьком, шейкерная, обменная сортировка со слиянием), сортировка посредством выбора (простой выбор, квадратичный выбор), сортировка вставками (метод простых вставок, метод Шелла), быстрая сортировка Хоара. Оценка сложности алгоритмов сортировки.
3. Поиск в строках. Наивный поиск, Алгоритм Кнута – Морриса – Пратта, Алгоритм Бойера – Мура – Хорспула для поиска образа в строке, префикс-функция.
4. Линейное динамическое программирование.

### Алгоритмы и структуры данных

1. Связные списки, стеки списки, очереди. Стек на динамическом массиве, стек на односвязном списке.
2. Хеш-функция. полиномиальный хеш и Алгоритм Рабина – Карпа. Хеш-таблицы, открытое и закрытое хеширование.
3. Бинарные деревья поиска.
4. Графы. Основные понятия, способы представления графа. Обход графа в глубину и в ширину. Нахождение эйлерова пути, нахождение компонентов связности, нахождение кратчайшего пути из заданной вершины до всех остальных – алгоритм Дейкстры, алгоритм Флойда – Уоршелла.

## ТЕОРИТИМУМ

### Технические навыки

1. Работа в командной строке. Компиляция и запуск программы в командной строке. Команды ls, pwd, cd, mkdir, cp, mv, cat.
2. Перенаправление потоков, конвейер.

3. Компиляция, линковка, запуск программ в режиме консоли.
4. Отладка.
5. Тестирование.
6. Утилиты контроля работы с памятью (valgrind).

### Алгоритмы и структуры данных

1. Понятие алгоритма и программы.
2. Циклические алгоритмы. Итерационные циклы. Циклы, работающие под управлением параметра цикла. Циклы с пред- и постусловием.
3. Рекурсивные алгоритмы.
4. Алгоритм Евклида для вычисления НОД.
5. Алгоритм "решето Эратосфена".
6. Понятие вычислительной сложности алгоритма. Алгоритмы сортировки (сортировка пузырьком, сортировка простым выбором, сортировка вставками).
7. Структуры данных. Понятие интерфейса и реализации.
8. Динамический массив.
9. Односвязный и двусвязный список.
10. Стек на динамическом массиве, стек на односвязном списке.
11. Очередь.
12. Деревья. Понятие корня, листа, глубины, сбалансированности. Бинарное дерево поиска.
13. Хеш-таблицы.

### Синтаксис языка Си

1. Формальные языки. Компилируемые и интерпретируемые языки.
2. Этапы создания исполняемого модуля – работа препроцессора, компиляция и линковка.
3. Идентификатор.
4. Комментарии.
5. Константы. Конструкция enum.
6. Типы данных. Явное и неявное приведение типов. Арифметические операции. Приоритет операций и порядок выполнения операций.
7. Размер данных, оператор sizeof.
8. Переменные. Понятия область видимости, время жизни, значение по умолчанию переменной.
9. Статические переменные. Глобальные переменные. Классы памяти. Составной оператор.
10. Операции и выражения присваивания.



## Введение

Данный курс является одним из этапов обучения программированию. Курс построен таким образом, чтобы в результате его освоения студенты приобрели опыт работы на уровне программиста, способного не только написать код по заданному алгоритму, но и самостоятельно, анализируя поставленную задачу, выбрать наиболее эффективные инструменты, доступные в данном языке, а также разработать или выбрать правильный алгоритм в зависимости от поставленной задачи. Очень важно развить способность работать в команде, для этого в некоторых группах предусмотрено коллективное выполнение лабораторных работ. Эти навыки соответствуют уровню подготовки Junior и отчасти Middle в современной классификации программистов.

## Введение в теорию алгоритмов

1. Интуитивное понятие алгоритма, определение алгоритма. Свойства алгоритмов. Виды алгоритмов.
2. Способы задания алгоритмов. Алгоритмическая сложность. Связь понятия алгоритма с понятием функции.
3. Этапы решения задачи. Вычисляемые и невычисляемые функции.
4. Машины Тьюринга и Поста. Нормальные алгоритмы Маркова.

## Алгоритмический язык Си

1. Понятие алгоритмического языка программирования. Общие характеристики языков программирования. Языки высокого и низкого уровня. Компилируемые и интерпретируемые языки.
2. Парадигмы программирования.
3. Этапы выполнения задачи в среде ОС.
4. Краткая характеристика языка Си, история создания.
5. Структура программы. Код-стайл.
6. Алфавит, синтаксис и семантика, описание синтаксиса с помощью металингвистических формул (РБНФ) и синтаксических диаграмм.
7. Комментарии, разделители.
8. Препроцессорная обработка, директивы. Операторы.
9. Элементы обработки языка Си. Константы, переменные.
10. Типы данных, основные типы, модификаторы, явное и неявное приведение типов. Директивы typedef.

11. Основные математические функции. Арифметические операции. Библиотечные арифметические функции. Арифметические выражения.
12. Операции отношения, логические операции. Логические выражения.
13. Поразрядные операции, работа с битами.
14. Директива эквивалентности. Оператор присваивания. Понятия lvalue и rvalue.
15. Функции, формальные и фактические параметры, способы передачи параметров.
16. Структура программы.
17. Указатели, константы и, адресная арифметика, указатель на void. Указатели на функции.
18. Стандартные функции ввода-вывода. (printf, scanf). Спецификаторы и модификаторы преобразования.
19. Файловый ввод вывод. Файлы, потоки, буфер, перенаправление ввода-вывода. Стандартные функции для работы с файлами. Использование оператора goto.
20. Простой и составной оператор, пустой оператор.
21. Условный оператор, оператор множественного выбора, тернарная операция, оператор безусловного перехода.
22. Особенности вычисления логических выражений.
23. Операторы цикла. Циклы с параметром, итерационные циклы, циклы с пред- и постусловием. Операторы прерывания и продолжения цикла. Рекуррентные соотношения.
24. Одномерные и двумерные массивы, массивы указателей.
25. Структуры, массивы структур, вложенные структуры.
26. Рекурсия. Рекурсия с кешированием.
27. Функции. Передача массивов, структур и массивов структур в функцию.
28. Классы хранения. Связывание и управление памятью. Области действия переменных.
29. Строковые данные, функции обработки строк. Функции ввода-вывода символов и строк.
30. Аргументы командной строки.
31. Заголовочные файлы, создание библиотек.
32. Задачи тестирования программ.



Рекомендации по решению  
первого домашнего задания по неделям

1 неделя	C1, §4: 1(2); 2; T.1; T.2; T.3(a, 6*); C1, §5: 4(4); 13(4); 15(2); 18(6); 30(3); 31(2); 32(2, 7); T.4.
2 неделя	C1, §13: 32; 74; 117; 149; T.5. C1, §7: 275(4); 276(5); 279(2); 300(3). C1, §8: 2(2); 13(3); 17; 18; 25(1); 27; 28*; 46.
3 неделя	C1, §8: 91; 53(3); 74(2); 7; 71(1); 60; 67; 63(4). C1, §8: 119; 121; 116(2); 117(1); 141(2); 143(3); 147(4); 158.
4 неделя	C1, §8: 164(1); 220*; 246(1, 2*, 3*); C1, §7: 218(5); 219(4). C1, §9: 1(1); 8(1); 16; 18; 25(5); 26(1); 27(2); 30(4).
5 неделя	C1, §9: 33(4); 35(4); 61. C1, §10: 5(2); 14; 22; 23; 40; 41(1); 42; 46; 47*; 66*; 76.

70 + 7\*

## ВТОРОЕ ЗАДАНИЕ

(срок сдачи 10–16 ноября)

### I. Дифференцируемость. Дифференциал

C1, §13: 197(3); 201(2); 214(2); 173; 179(4).

C1, §14: 10(1).

### II. Производные и дифференциалы высших порядков

C1, §15: 1(7); 10(1); 13(2); 14(3); 22(2); 24(5, 9, 13); 25(3, 5, 10);  
26(2, 4\*).

### III. Теоремы о среднем

C1, §16: 5; 15(2); 19; 33; 30; 20\*.

### IV. Формула Тейлора

C1, §9: 50; 51.

T.1. Докажите, что если  $f(x) = x \cdot o(x^n)$  при  $x \rightarrow 0$ , то  $f(x) = o(x^{n+1})$  при  $x \rightarrow 0$ .

T.2. Докажите, что если при  $x \rightarrow 0$   $f(x) = o(g(x))$  и  $g(x) \sim h(x)$ , то  $f(x) = o(h(x))$  при  $x \rightarrow 0$ .

T.3. При каких  $x_0 \in \mathbb{R}$  выполнено  $x^2 - 2x + 1 = o(x^2 - 3x + 2)$  при  $x \rightarrow x_0$ ?

T.4. Разложите по формуле Тейлора в точке  $x = 0$  с точностью до  $o(x^5)$  функцию  $(x + x^2 - x^3 + x^4)^3$ .

C1, §18: 2(8); 3(2, 5); 4(9); 5(5); 14(3); 20(7); 30(2); 39(4, 7).

T.5. Представить формулой Маклорена до  $o(x^6)$  функции:  
а)  $y = \operatorname{tg} x$ ; б)  $y = \operatorname{arctg} x$ ; в)  $y = \arcsin x$ ; г)  $y = \operatorname{th} x$ .

### V. Вычисление пределов

C1, §17: 27; 47; 64; 76; 80\*.

C1, §19: 7(1); 8(6); 14(5); 21(4); 30(4); 47(3); 58(2)\*.

Рекомендации по решению  
второго домашнего задания по неделям

1 неделя	C1, §13: 197(3); 201(2); 214(2); 173; 179(4). C1, §14: 10(1). C1, §15: 1(7); 10(1); 13(2); 14(3); 22(2).
2 неделя	C1, §15: 24(5, 9, 13); 25(3, 5, 10); 26(2, 4*); C1, §16: 5; 15(2); 19; 33; 30; 20*.
3 неделя	C1, §9: 50; 51; T.1; T.2; T.3; T.4; T.5. C1, §18: 2(8); 3(2, 5); 4(9); 5(5); 14(3); 20(7); 30(2); 39(4, 7).
4 неделя	C1, §17: 27; 47; 64; 76; 80*. C1, §19: 7(1); 8(6); 14(5); 21(4); 30(4); 47(3); 58(2)*.

50 + 4\*

## ТРЕТЬЕ ЗАДАНИЕ

(срок сдачи 08–14 декабря)

### I. Равномерная непрерывность

C1, §12: 2(1); 3(4, 2); 4(3, 8\*); 7; 9; 17; 20; 23; 25.

T.1. Пусть функция  $f$  дифференцируема на множестве  $I = [a, +\infty)$ . Доказать следующие утверждения:

а) если  $f'$  ограничена на  $I$ , то  $f$  равномерно непрерывна на этом множестве;

б) если  $f'$  бесконечно большая при  $x \rightarrow +\infty$ , то  $f$  не является равномерно непрерывной;

в)\* если  $f'$  неограничена, но не является бесконечно большой на  $I$ , то  $f$  может быть, а может и не быть, равномерно непрерывной на  $I$  (привести примеры).



## II. Исследование функций

C1, §20: 2(3); 20(4); 23(8); 35\*; 39(5); 42(2); 49(4); 69(2, 5); 71(4)\*.

## III. Построение графиков функций

C1, §21: 4(4); 5(2); 9(1); 10(3); 12(1, 8); 13(9); 15(5); 23(4)\*; 31(1)\*.

## IV. Элементы дифференциальной геометрии

C1, §24: 48; 51; 78(3); 80(3); 81(1); 109(2); 122(1); 14\*, 118\*.

### Рекомендации по решению

третьего домашнего задания по неделям

1 неделя	C1, §12: 2(1); 3(4, 9); 4(3, 8*); 7; 9; 17; 20; 23; 25; T.1(a, 6, в*).
2 неделя	C1, §20: 2(3); 20(4); 23(8); 35*; 39(5); 42(2); 49(4); 69(2, 5); 71(4)*. C1, §21: 4(4); 5(2); 9(1); 10(3); 12(1, 8).
3 неделя	C1, §21: 13(9); 15(5); 23(4)*; 31(1)*. C1, §24: 48; 51; 78(3); 80(3); 81(1); 109(2); 122(1); 14*, 118*.
35 + 8*	

Составитель задания

к. ф.-м. н., доцент Б. О. Волков

УТВЕРЖДЕНО  
Проректор по учебной работе  
А. А. Воронов  
15 июня 2023 г.

## ПРОГРАММА

по дисциплине: Информатика  
по направлению подготовки: 03.03.01 «Прикладные математика и физика»  
физтех-школа: ФРКТ  
кафедра: информатики и вычислительной математики  
курс: 1  
семестр: 1  
лекции – 30 часов  
практические (семинарские) Экзамен – нет  
занятия – нет Диф. зачёт – 1 семестр  
лабораторные занятия – 60 часов Самостоятельная работа – 90 часов

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ – 90

Программу составили:

доцент, д.ф.-м.н. Н. И. Хохлов,  
доцент, к.т.н. В. К. Хохлов  
старший преподаватель И.Р. Дединский  
доцент, к.ф.-м.н. И. Н. Дивари

Программа принята на заседании  
кафедры информатики и вычислительной математики  
30 августа 2022 г.

Заведующий кафедрой  
доцент, д.ф.-м.н.

Н. И. Хохлов



## Литература

### Основная

1. Бесов О. В. Лекции по математическому анализу. — Москва : Физматлит, 2014.
2. Иванов Г. Е. Лекции по математическому анализу. Ч. 1. — Москва : МФТИ, 2011.
3. Петрович А. Ю. Лекции по математическому анализу. Ч. 1. Введение в математический анализ. — Москва : МФТИ, 2017.
4. Тер-Криков А. М., Шабунин М. И. Курс математического анализа. — Москва : МФТИ, 2007.
5. Яковлев Г. Н. Лекции по математическому анализу. Ч. 1. — Москва : Физматлит, 2004.

### Дополнительная

6. Кудрявцев Л. Д. Курс математического анализа. — 5-е изд. — Москва : Дрофа, 2004.
7. Кудрявцев Л. Д. Краткий курс математического анализа. Т. 1. — Москва : Наука, 2004.
8. Никольский С. М. Курс математического анализа. Т. 1. — Москва : Наука, 2000.
9. Ильин В. А., Позняк Э. Г. Основы математического анализа. Т. 1, 2. — Москва : Наука-Физматлит, 1998.
10. Фитенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 1. — 8-е изд. — Москва : Физматлит, 2007.
11. Зорич В. А. Математический анализ. Т. 1. — Москва : Наука, 1981.
12. Рудин У. Основы математического анализа. — Москва : Мир, 1976.

## ЗАДАНИЯ

### Литература

1. Сборник задач по математическому анализу. Предел, непрерывность, дифференцируемость : учебное пособие/под ред. Л. Д. Кудрявцева. — Москва : Физматлит, 2003. (Цитируется — С1)

### Замечания

1. Задачи с подчеркнутыми номерами рекомендовано разобрать на семинарских занятиях.
2. Задачи, отмеченные «\*», являются необязательными для всех студентов.

## ПЕРВОЕ ЗАДАНИЕ

(срок сдачи 06–12 октября)

### I. Действительные числа

С1, §3: 1(2); 2.

Т.1. Доказать для  $x \geq 0$ ,  $n \in \mathbb{N}$  выполняется

$$(1+x)^n \geq 1 + nx + \frac{n(n-1)}{2}x^2.$$

Т.2. Найти сумму  $1 - x + x^2 + \dots + (-1)^n x^n$ .

Т.3. Найти суммы:

$$a) \frac{1}{1 \cdot 2} + \frac{1}{2 \cdot 3} + \dots + \frac{1}{n \cdot (n+1)};$$

$$б) \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{1}{2 \cdot 3 \cdot 4} + \dots + \frac{1}{n \cdot (n+1) \cdot (n+2)}.$$

### II. Комплексные числа

С1, §5: 4(4); 13(4); 15(2); 18(6); 30(3); 31(2); 32(2, 7).

Т.4. Изобразите на плоскости множество точек, заданное неравенством

$$\operatorname{Re} \left( \frac{2-i}{z} - \frac{1-2i}{\bar{z}} \right) - \operatorname{Im} \left( \frac{2+i}{z} + \frac{1+2i}{\bar{z}} \right) \leq 2.$$

### III. Производная

С1, §13: 32; 74; 117; 149.

Т.5. Найти производную функции (ответ можно не упрощать):

$$y = \left( \frac{\arccos \sqrt{x} + \sin^2(3x-1)}{5x^3 + \ln^2(1+e^x)} \right)^{x^2 \operatorname{sh} x}.$$

### IV. Последовательности. Предел последовательности

С1, §7: 275(4); 276(5); 279(2); 300(3).

С1, §8: 2(2) (по определению); 13(3); 17; 18; 25(1); 27; 28\*; 46.

С1, §8: 91; 53(3); 74(2); 7; 71(1); 60 (для всех  $a > 0$ ); 67; 63(4).

С1, §8: 119; 121; 116(2); 117(1); 141(2); 143(3); 147(4); 158; 164(1); 220\*;  
246(1, 2\*, 3\*).

### V. Функции. Предел функции. Непрерывность

С1, §7: 218(5); 219(4).

С1, §9: 1(1); 8(1); 16; 18; 25(5); 26(1); 27(2); 30(4); 33(4); 35(4); 61.

С1, §10: 5(2) (по определению); 14; 22; 23; 40; 41(1); 42; 46; 47\*; 66\*;  
76.



1. Действительные числа. Отношения неравенства между действительными числами. Свойство Архимеда. Плотность множества рациональных чисел во множестве действительных чисел. Теорема о существовании и единственности точной верхней грани (точной нижней грани) числового множества, ограниченного сверху (снизу). Арифметические операции с действительными числами. Представление действительных чисел бесконечными десятичными дробями. Счетность множества рациональных чисел, несчетность множества действительных чисел.
2. Предел числовой последовательности. Единственность предела. Бесконечно малые последовательности и их свойства. Свойства пределов, связанные с неравенствами. Арифметические операции со сходящимися последовательностями. Теорема Вейерштрасса о пределе монотонной последовательности. Число  $\varepsilon$ . Теорема Кантора о вложенных отрезках. Бесконечно большие последовательности и их свойства.
3. Подпоследовательности, частичные пределы. Верхний и нижний пределы числовой последовательности. Теорема Больцано–Вейерштрасса. Критерий Коши сходимости числовой последовательности.
4. Предел функции одной переменной. Определения в терминах последовательностей (по Гейне) и в терминах окрестностей (по Коши), их эквивалентность. Свойства пределов функции. Различные типы пределов. Критерий Коши существования конечного предела функции. Теорема о замене переменной под знаком предела. Существование односторонних пределов у монотонной функции.
5. Непрерывность функции в точке. Свойства непрерывных функций. Односторонняя непрерывность. Теорема о переходе к пределу под знаком непрерывной функции. Непрерывность сложной функции. Точки разрыва, их классификация. Разрывы монотонных функций.
6. Свойства функций, непрерывных на отрезке, — ограниченность, достижение точных верхней и нижней граней, равномерная непрерывность. Теорема о промежуточных значениях непрерывной функции. Теорема об обратной функции. Равномерная непрерывность и теорема Кантора.
7. Непрерывность элементарных функций. Определение показательной функции. Свойства показательной функции. Замечательные пределы, следствия из них.
8. Сравнение величин (символы  $o$ ,  $O$ ,  $\sim$ ). Вычисление пределов при помощи выделения главной части в числителе и знаменателе дроби.
9. Производная функции одной переменной. Односторонние производные. Непрерывность функции, имеющей производную. Дифференцируемость функции в точке, дифференциал. Геометрический смысл производной

- и дифференциала. Производная суммы, произведения и частного двух функций. Производная сложной функции. Производная обратной функции. Производные элементарных функций. Инвариантность формы дифференциала относительно замены переменной.
10. Производные высших порядков. Формула Лейбница для  $n$ -й производной произведения. Дифференциал второго порядка. Отсутствие инвариантности его формы относительно замены переменной. Дифференциалы высших порядков.
  11. Теорема Ферма (необходимое условие локального экстремума). Теоремы о среднем Ролля, Лагранжа, Коши. Формула Тейлора с остаточным членом в формах Пеано и Лагранжа. Правило Лопитала для раскрытия неопределенностей вида  $\frac{0}{0}$ . Правило Лопитала для раскрытия неопределенностей вида  $\frac{\infty}{\infty}$ .
  12. Применение производной к исследованию функций. Необходимые условия и достаточные условия монотонности, достаточные условия локального экстремума в терминах первой производной. Достаточные условия локального экстремума в терминах второй и высших производных. Выпуклость, точки перегиба. Построение графиков функций — асимптоты, исследование интервалов монотонности и точек локального экстремума, интервалов выпуклости и точек перегиба.
  13. Комплексные числа. Модуль и аргумент, тригонометрическая форма. Арифметические операции с комплексными числами. Извлечение корня. Экспонента с комплексным показателем. Информация об основной теореме алгебры. Разложение многочлена с комплексными коэффициентами на линейные множители. Разложение многочлена с действительными коэффициентами на линейные и неприводимые квадратичные множители. Разложение правильной рациональной дроби в сумму простейших дробей.
  14. Первообразная и неопределенный интеграл. Линейность неопределенного интеграла, интегрирование подстановкой и по частям. Интегрирование рациональных функций. Основные приемы интегрирования иррациональных и трансцендентных функций.
  15. Элементы дифференциальной геометрии. Кривые на плоскости и в пространстве. Гладкие кривые, касательная к гладкой кривой. Оценка приращения вектор-функции через производную. Длина кривой. Производная переменной длины дуги. Натуральный параметр. Кривизна кривой, формулы для ее вычисления. Сопровождающий трехгранник пространственной кривой.



## ТРЕТЬЕ ЗАДАНИЕ

(срок сдачи 08-14 декабря)

### I. Поверхности второго порядка

С: 10.3(2, 5, 9); 10.9(1, 3, 5); 10.14(1, 3); 10.15; 10.32; 10.38; 10.41; 10.65(1, 2); 10.81; 10.83.

Т.1\*. Какая кривая может получиться при пересечении кривой второго порядка и плоскости? Привести примеры всех возможных случаев.

### II. Аффинные преобразования плоскости

С: 12.28(1, 2\*, 3); 12.31; 12.38(1, 2); 12.39(1, 2); 12.40(1, 2); 12.42(1, 2); 12.43(5, 6); 12.53(1, 2, 3, 5); 12.69(1, 4); 12.82 (для преобразования 12.81(7, 8, 10)).

### III. Определители $n$ -го порядка

С: 14.12(1, 2); 14.21(12, 7, 13); 14.22(4); 14.23(3, 7, 8, 9, 11); 14.24(1, 3, 5); 14.33\*.

Т.2. Найдите наибольшее значение определителя 4-го порядка, у которого все элементы равны 1 или -1.

### IV. Операции с матрицами. Обратная матрица

С: 15.11(2, 4); 15.18(2); 15.22(3, 4); 15.23(1); 15.24(1, 2, 3, 4); 15.45(1, 2, 7); 15.54(7); 15.55; 15.56\*; 15.65(4, 5).

Т.3\*. Пусть  $A$  – квадратная матрица второго порядка и  $k$  – целое число, большее двух. Доказать, что  $A^k = 0$  тогда и только тогда, когда  $A^2 = 0$ .

### Рекомендации по решению

#### третьего домашнего задания по неделям

1 неделя	С: 10.3(2, 5, 9); 10.9(1, 3, 5); 10.14(1, 3); 10.15; 10.32; 10.38; 10.41; 10.65(1, 2); 10.81; 10.83; Т.1*.
2 неделя	С: 12.28(1, 2*, 3); 12.31; 12.38(1, 2); 12.39(1, 2); 12.40(1, 2); 12.42(1, 2); 12.43(5, 6); 12.53(1, 2, 3, 5); 12.69(1, 4); 12.82 (для преобразования 12.81(7, 8, 10)).
3 неделя	С: 14.12(1, 2); 14.21(12, 7, 13); 14.22(4); 14.23(3, 7, 8, 9, 11); 14.24(1, 3, 5); 14.33; Т.2.
4 неделя	С: 15.11(2, 4); 15.18(2); 15.22(3, 4); 15.23(1); 15.24(1, 2, 3, 4); 15.45(1, 2, 7); 15.54(7); 15.55; 15.56*; 15.65(4, 5); Т.3*.
42 + 4*	

Составитель задания

к. ф.-м. н., доцент С. В. Ленюк

УТВЕРЖДЕНО

Проректор по учебной работе

А. А. Воронов

15 июня 2023 г.

## ПРОГРАММА

по дисциплине: **Введение в математический анализ**

по направлению

подготовки:

03.03.01 «Прикладная математика и физика»,  
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»,  
10.05.01 «Компьютерная безопасность»,  
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»,  
16.03.01 «Техническая физика»,  
19.03.01 «Биотехнология»

физтех-школы:

кафедра:

курс:

семестр:

**ФАКТ, ФЭФМ, ФПМИ, ФБМФ, ФРКТ, ВППИ  
высшей математики**

1

1

лекции — 60 часов

практические (семинарские)

занятия — 60 часов

лабораторные занятия — нет

Экзамен — 1 семестр

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ — 120

Самостоятельная работа:  
теор. курс — 30 часов

Программу составили:

ст. преподаватель А. Ю. Головкин  
к. ф.-м. н., доцент М. О. Голубев  
д. ф.-м. н., профессор С. А. Гриценко  
к. ф.-м. н., доцент В. П. Ковалев  
к. ф.-м. н., доцент А. Ю. Петрович  
д. ф.-м. н., профессор В. Ж. Сакбаев  
к. ф.-м. н., доцент А. И. Тюленев

Программа принята на заседании кафедры  
высшей математики 11 апреля 2023 г.

Заведующий кафедрой  
д. ф.-м. н., профессор

Г. Е. Иванов



## ЗАДАНИЯ

### Литература

1. Беклемишева Л. А., Беклемишев Д. В., Петрович А. Ю., Чубаров И. А. Сборник задач по аналитической геометрии и линейной алгебре. — Москва : Физматлит, 2014. (Цитируется — С)

### Замечания

1. Задачи с подчеркнутыми номерами рекомендовано разобрать на семинарских занятиях.
2. Задачи, отмеченные «\*», являются необязательными для всех студентов.

## ПЕРВОЕ ЗАДАНИЕ

(срок сдачи 29 сентября — 05 октября)

### I. Матрицы и определители 2-го и 3-го порядков. Системы линейных уравнений. Правило Крамера

С: 14.4(2, 7); 14.7(3, 5, 11); 15.2(1, 6); 15.5(3, 1, 2, 12, 13); 15.12(6); 15.22(1).

Т.1. Описать все квадратные матрицы второго порядка перестановочные с любой другой квадратной матрицей второго порядка.

С: 17.1(3, 4); 17.2(5).

### II. Векторы

С: 1.6; 1.8; 1.10; 1.11(2); 1.14; 1.20; 1.30(1, 2); 1.37; 1.35\*; 1.51\*.

### III. Замена базиса и системы координат

С: 4.6; 4.7; 4.20; 4.25; 4.28\*.

### IV. Скалярное, векторное и смешанное произведение

С: 2.7(2); 2.10(1, 2, 3); 2.11; 2.20; 2.27(1, 2); 2.30; 2.35; 2.43\*; 3.1(1, 2, 3); 3.6; 3.8(1, 2); 3.12; 3.13(1, 2, 3); 3.19(1, 2); 3.20(1, 2); 3.25\*; 3.26(1, 3); 3.32.

Т.2. При каком  $\lambda$  вектора

$$a = (1, 1, 1), b = (2, 0, 1), c = (3, 1, \lambda),$$

образуют базис.

Т.3. Решить уравнение  $[x, a] = x + a$  относительно неизвестного вектора  $x$ , считая вектор  $a$  известным.

## Рекомендации по решению первого домашнего задания по неделям

1 неделя	С: 14.4(2, 7); 14.7(3, 5, 11); 15.2(1, 6); 15.5(3, 1, 2, 12, 13); 15.12(6); 15.22(1); Т.1; 17.1(3, 4); 17.2(5).
2 неделя	С: 1.6; 1.8; 1.10; 1.11(2); 1.14; 1.20; 1.30(1, 2); 1.37; 1.35*; 1.51*.
3 неделя	С: 4.6; 4.7; 4.20; 4.25; 4.28*; 2.7(2); 2.10(1, 2, 3); 2.11; 2.20; 2.27(1, 2); 2.30; 2.35; 2.43*.
4 неделя	С: 3.1(1, 2, 3); 3.6; 3.8(1, 2); 3.12; 3.13(1, 2, 3); 3.19(1, 2); 3.20(1, 2); 3.25*; 3.26(1, 3); 3.32; Т.2; Т.3.

44 + 1\*

## ВТОРОЕ ЗАДАНИЕ

(срок сдачи 03–09 ноября)

### I. Прямая на плоскости

С: 5.1(1, 2, 3); 5.2(1, 2); 5.8(1, 2, 3); 5.9(1); 5.17; 5.18; 5.34(1, 2); 5.36\*; 5.54; 5.56;.

### II. Плоскость и прямая в пространстве

С: 6.1(1, 3, 5); 6.2(1, 2, 3); 6.3(2); 6.4(1); 6.10(1, 3); 6.11(2, 4, 9); 6.15; 6.17(1); 6.20(1); 6.27(2); 6.31; 6.72(2); 6.74(1, 2, 3, 4, 5).

### III. Линии второго порядка

С: 7.25(1, 4); 7.28; 7.33(1, 2); 7.38(2, 6); 7.41(1, 2); 7.49(1); 7.54(1, 2, 3); 7.55; 7.62(1, 4); 8.1(1, 3, 6); 8.7(3); 8.9(1, 3, 5); 8.13; 8.24(2); 8.25(2); 8.26(2); 8.28(1, 3, 6); 9.1(2); 9.4(1, 4, 5); 9.19(3).

## Рекомендации по решению второго домашнего задания по неделям

1 неделя	С: 5.1(1, 2, 3); 5.2(1, 2); 5.8(1, 2, 3); 5.9(1); 5.17; 5.18; 5.34(1, 2); 5.36*; 5.54; 5.56; 6.1(1, 3, 5); 6.2(1, 2, 3); 6.3(2); 6.4(1); 6.10(1, 3).
2 неделя	С: 6.11(2, 4, 9); 6.15; 6.17(1); 6.20(1); 6.27(2); 6.31; 6.72(2); 6.74(1, 2, 3, 4, 5).
3 неделя	С: 7.25(1, 4); 7.28; 7.33(1, 2); 7.38(2, 6); 7.41(1, 2); 7.49(1); 7.54(1, 2, 3); 7.55; 7.62(1, 4); 8.1(1, 3, 6); 8.7(3); 8.9(1, 3, 5).
4 неделя	С: 8.13; 8.24(2); 8.25(2); 8.26(2); 8.28(1, 3, 6); 9.1(2); 9.4(1, 4, 5); 9.19(3).

42 + 4\*



1. Направленные отрезки и векторы, линейные операции над ними. Свойства линейных операций. Коллинеарность и компланарность векторов. Линейно зависимые и независимые системы векторов. Связь линейной зависимости с коллинеарностью и компланарностью векторов. Базис, координаты вектора в базисе. Действия с векторами в координатах.
2. Определения общей декартовой и прямоугольной (ортонормированной) системы координат. Матрица перехода и ее основное свойство. Изменение координат вектора при замене базиса. Изменение координат точки при переходе к новой системе координат. Формулы перехода от одной прямоугольной системы координат на плоскости к другой.
3. Скалярное произведение и его свойства. Ортогональные проекции. Выражение скалярного произведения в координатах, выражение в ортонормированном базисе. Матрица Грама<sup>1</sup>. Формулы для определения расстояния между точками и угла между векторами.
4. Ориентация на плоскости и в пространстве. Смешанное и векторное произведения векторов, их свойства и геометрический смысл. Выражение смешанного и векторного произведений через координаты векторов. Условия коллинеарности и компланарности векторов. Формула двойного векторного произведения. Биортогональный (взаимный) базис.
5. Алгебраические линии и поверхности, их порядок. Теорема об инвариантности порядка линии на плоскости (поверхности в пространстве) при переходе к новой декартовой системе координат.
6. Векторные и координатные формы уравнения прямой на плоскости и в пространстве. Условия параллельности (или совпадения), перпендикулярности прямых на плоскости, заданных в координатной форме. Пучок прямых на плоскости<sup>2</sup>. Условия параллельности и перпендикулярности двух прямых в пространстве. Расстояние от точки до прямой на плоскости и в пространстве. Расстояние между двумя прямыми в пространстве.
7. Векторные и координатные формы уравнения плоскости. Условия параллельности (или совпадения) плоскостей, заданных в координатной форме. Расстояние от точки до плоскости в пространстве и расстояние между параллельными плоскостями. Условия параллельности и перпендикулярности прямой и плоскости. Прямая как линия пересечения двух плоскостей. Общий перпендикуляр двух скрещивающихся прямых<sup>3</sup>. Связка и пучок плоскостей<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Для потока И.А. Чубарова.

<sup>2</sup> Для всех, кроме потока Д.А. Терёшина и И.А. Чубарова.

<sup>3</sup> Для потоков О.Г. Подлипской и И.А. Чубарова.

<sup>4</sup> Для потока А.Н. Бурмистрова.

8. Алгебраические линии второго порядка на плоскости, их классификация. Приведение уравнения линии второго порядка к каноническому виду. Центр линии второго порядка, центральные и нецентральные линии.
9. Эллипс, гипербола и парабола, их свойства. Касательные к эллипсу, гиперболе и параболе. Уравнения эллипса, гиперболы и параболы в полярной системе координат<sup>5</sup>.
10. Асимптотические направления и диаметры линий второго порядка.<sup>6</sup>
11. Цилиндрические и конические поверхности<sup>7</sup>. Поверхности вращения. Эллипсоид, гиперболоиды, параболоиды и конус второго порядка, их основные свойства. Прямолинейные образующие.
12. Отображения и преобразования плоскости. Произведение (композиция) отображений. Взаимно однозначное отображение, обратное отображение. Линейные преобразования плоскости. Координатное представление линейных преобразований плоскости.
13. Аффинные преобразования плоскости и их основные свойства. Геометрический смысл модуля и знака определителя аффинного преобразования плоскости. Аффинная классификация линий второго порядка. Ортогональные преобразования плоскости и их свойства. Разложение аффинного преобразования плоскости в произведение ортогонального преобразования и двух сжатий. Понятие о группе преобразований<sup>8</sup>.
14. Алгебраические операции с матрицами. Элементарные преобразования матриц<sup>9</sup>. Обратная матрица.
15. Определение детерминанта. Свойства детерминанта. Миноры, алгебраические дополнения. Детерминант произведения матриц. Правило Крамера. Критерий обратимости. Формула для элементов обратной матрицы.

## Литература

1. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры. — Санкт-Петербург : Издательство «Лань», 2018.
2. Умнов А.Е. Аналитическая геометрия и линейная алгебра. — Москва : МФТИ, 2011, <http://www.umnov.ru>.
3. Чезлов В.И. Лекции по аналитической геометрии и линейной алгебре. — Москва : МФТИ, 2000.
4. Кострихин А.И. Введение в алгебру. Ч.1. Основы алгебры. Ч.2. Линейная алгебра. — Москва : Физматлит, 2005.

<sup>5</sup> Для потоков Д.А. Терёшина и И.А. Чубарова.

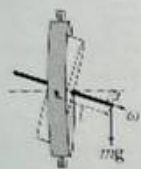
<sup>6</sup> Для всех, кроме потока Д.А. Терёшина.

<sup>7</sup> Для всех, кроме потока Д.А. Терёшина.

<sup>8</sup> Для всех, кроме потоков А.Н. Бурмистрова и Д.А. Терёшина.

<sup>9</sup> Для всех, кроме потока И.А. Чубарова.





Т6. (2019) К оси лабораторного гироскопа, закреплённого на кардановом подвесе в центре масс, подвешен груз массой  $m = 306$  г на расстоянии  $l = 120$  мм от центра. За один оборот регулярной прецессии исходно горизонтальная ось гироскопа опустилась на  $\Delta\alpha = 10^\circ$ . Определите величину момента силы трения в вертикальной оси крепления подвеса.

Ответ:  $0,01 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .



Т7. (2014) Ось железнодорожной колёсной пары, представляющая собой однородный тонкий стержень массы  $m = 200$  кг и длины  $l = 1,5$  м, приварена к колёсам под углом  $\alpha = 1^\circ$  к горизонту, как показано на рисунке (колёса располо-

жены вертикально и симметрично, центр масс стержня совпадает с серединой горизонтального отрезка, соединяющего центры колёс). Найти максимальную силу давления одного из колёс на землю при поступательном движении конструкции без проскальзывания по горизонтальной поверхности, когда угловая скорость равна  $\omega = 50$  рад/с. Суммарная масса конструкции равна  $m_0 = 1000$  кг.

Ответ:  $N_{\max} \approx \frac{1}{12} m \omega^2 l \alpha + \frac{1}{2} m_0 g = 6 \cdot 10^3 \text{ Н}$ .

Т8. Электрон начинает двигаться из состояния покоя в однородном электрическом поле. Сила, действующая на электрон, постоянна и равна  $F = 1,6 \cdot 10^{-13}$  Н. Какое расстояние пройдёт электрон к моменту, когда его кинетическая энергия станет равной его энергии покоя? Какое время при этом пройдёт по лабораторным часам?

Ответ:  $l \approx 0,51 \text{ м}$ ,  $\tau = \sqrt{3} \frac{l}{c} \approx 3 \text{ нс}$ .

УТВЕРЖДЕНО  
Проректор по учебной работе  
А. А. Воронов  
15 июня 2023 г.

## ПРОГРАММА

по дисциплине: Аналитическая геометрия

по направлению подготовки: 03.03.01 «Прикладные математика и физика»,  
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»,  
10.05.01 «Компьютерная безопасность»,  
16.03.01 «Техническая физика»,  
19.03.01 «Биотехнология»

физтех-школы: ФАКТ, ФЭФМ, ФПМИ, ФБМФ, ФРКТ, ВППИ  
кафедра: высшей математики

курс: 1  
семестр: 1

лекции — 30 часов  
практические (семинарские)  
занятия — 30 часов  
лабораторные занятия — нет

Экзамен — 1 семестр

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ — 60

Самостоятельная работа:  
теор. курс — 45 часов

Программу составили:

к. ф.-м. н., доцент А. Н. Бурмистров  
к. ф.-м. н., доцент О. К. Подлипский  
к. ф.-м. н., доцент О. Г. Подлипская  
к. ф.-м. н., доцент Д. А. Степанов  
к. п. н., доцент Д. А. Терёшин  
к. ф.-м. н., доцент И. А. Чубаров

Программа принята на заседании кафедры  
высшей математики 11 апреля 2023 г.

Заведующий кафедрой  
д. ф.-м. н., профессор

Г. Е. Иванов



угол отклонения нити  $\Delta\alpha$  и относительное изменение натяжения нити  $\Delta T/T$  по сравнению со случаем, когда поезд покоится.

Ответ:  $\Delta\alpha \approx 8,2 \cdot 10^{-3}$  рад  $\approx 0,5^\circ$ ;  $\frac{\Delta T}{T} \approx \frac{\Delta\alpha^2}{2} = 3,3 \cdot 10^{-5}$ .

24. Два троса с сечениями  $S_1$  и  $S_2 = 2S_1$  и одинаковыми длинами имеют модули Юнга  $E_1$  и  $E_2 = 2E_1$ . Найти отношение плотностей энергии деформации при одинаковом весе подвешенного к ним груза.

Ответ:  $w_1/w_2 = 8$ .

25. Тонкий стержень, имеющий малый коэффициент Пуассона, сжали с торцов так, что его деформация составила  $\varepsilon = 10^{-2}$ . Каково относительное изменение скорости звука в стержне?

Ответ: уменьшилась на 0,5%.

26. На горизонтальной поверхности стола стоит цилиндрический сосуд, заполненный водой. В боковой стенке проделано малое отверстие площадью  $S = 1 \text{ см}^2$  на высоте  $h = 0,5 \text{ м}$  относительно поверхности стола. Найти реактивную силу, действующую на сосуд в момент, когда высота воды в нём равна  $H = 1 \text{ м}$ .

Ответ:  $\approx 1 \text{ Н}$ .

27. Зазор толщиной  $h = 0,1 \text{ мм}$  между двумя плоскими поверхностями заполнен маслом с вязкостью  $\eta \approx 10^{-1} \text{ Па} \cdot \text{с}$ . Найти касательное напряжение, которое необходимо прикладывать к плоскостям для того, чтобы обеспечить их относительное движение со скоростью  $v = 10 \text{ см/с}$ .

Ответ:  $10^2 \text{ Н/м}^2$ .

28. Оценить число Рейнольдса в водопроводной трубе диаметром  $d = 2 \text{ см}$  при расходе  $Q = 30 \text{ л/мин}$ . Вязкость холодной воды  $\eta = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ . Будет ли такое течение ламинарным?

Ответ:  $10^4$ .

### Текстовые задачи

Т1. (2018) К аэростату массой  $M = 150 \text{ кг}$  привязана верёвочная лестница длиной  $L = 40 \text{ м}$ , на нижнем конце которой находится человек массой  $m = 50 \text{ кг}$ . Исходно аэростат находится в равновесии и неподвижен. Человек начинает подниматься вверх с постоянной скоростью  $u = 0,2 \text{ м/с}$  относительно лестницы. Сила сопротивления воздуха, действующая на аэростат, пропорциональна его скорости  $F = -kV$ , где  $k = 1,0 \text{ Н} \cdot \text{с/м}$ . На какой высоте окажется человек, когда доберётся до конца лестницы? Действием сопротивления воздуха на человека пренебречь.

Ответ:  $33,7 \text{ м}$ .

Т2. Два тела с массами  $m$  и  $3m$  движутся навстречу из бесконечности по параллельным траекториям, расстояние между которыми равно  $l$ . Начальные скорости равны  $3v_0$  и  $v_0$  соответственно. Каково будет минимальное расстояние между телами с учетом их гравитационного притяжения?

Ответ:  $\frac{l}{2} \left( \sqrt{\frac{v_{II}^4}{v_0^4} + 4} - \frac{v_{II}^2}{v_0^2} \right)$ , где  $v_{II}^2 = \frac{3\gamma m_0}{2l}$ .

Т3. (2016) Космический аппарат движется по круговой орбите радиусом  $r_0 = 1,5 \cdot 10^8 \text{ км}$  вокруг Солнца вдали от других тел. За короткое время он получает приращение скорости  $\Delta v = 15 \text{ км/с}$  в направлении, перпендикулярном движению. Определить период  $T$  обращения аппарата по новой орбите.

Ответ:  $560 \text{ сут}$ .

Т4. (2018) В 2017 году в Солнечной системе был обнаружен первый объект межзвёздного происхождения — астероид Оумуамуа. Когда астероид находился на расстоянии  $R = 1 \text{ а.е.}$  от Солнца, его полная скорость (относительно Солнца) была равна  $v = 50 \text{ км/с}$ , а её радиальная компонента (скорость удаления от Солнца)  $v_r = 40 \text{ км/с}$ . Найти расстояние  $r_p$  от астероида до центра Солнца и его скорость  $v_p$  при прохождении перигелия. Считать известной орбитальную скорость Земли:  $V = 30 \text{ км/с}$  (скорость спутника Солнца на круговой орбите на расстоянии  $1 \text{ а.е.}$ ).

Ответ:  $r_p = 0,43 \text{ а.е.}$ ,  $v_p = 70 \text{ км/с}$ .

Т5. (2022) Высокая тонкая прямая сосна, отпиленная у основания, падает на землю из неподвижного вертикального положения. Сосна имеет форму кругового конуса высотой  $H = 28 \text{ м}$ . Определите кинетическую энергию дерева в момент отрыва от опоры, если его масса  $M = 1 \text{ т}$ . Считать, что сосна опирается на край опоры центром основания (см. рисунок), а отрыв происходит при отсутствии компоненты силы реакции вдоль ствола дерева. Изгибом ствола и сопротивлением воздуха пренебречь.



Ответ:  $\frac{4MgH}{21}$ .



обращающийся вокруг планеты на малой высоте, делает за время планетарных суток 17 полных оборотов?

Ответ:  $R \approx 6,6R_0$ .

9. Найти период обращения двойной звезды, компоненты которой имеют массы  $M_\odot$  и  $2M_\odot$  ( $M_\odot$  — масса Солнца) и движутся по орбитам с нулевым эксцентриситетом на расстоянии 0,5 а.е. друг от друга.

Ответ:  $T \approx 2,5$  мес.

10. Вычислить момент инерции  $I$  однородного диска массой  $m$  и радиусом  $R$  относительно оси вращения, проходящей в плоскости диска по его диаметру.

Ответ:  $mr^2/4$ .

11. Два маленьких шарика массами  $m$  каждый, закреплённых на лёгкой штанге длиной  $l$ , вращаются с угловой скоростью  $\omega$  вокруг фиксированной оси, проходящей через центр штанги (т.  $O$ ) под углом  $\alpha$  к ней. Найти направление и модуль вектора момента импульса системы относительно т.  $O$  в произвольный момент времени.

Ответ:  $|\vec{L}| = \frac{1}{2}m\omega l^2 \sin \alpha$ , перпендикулярно стержню в плоскости рисунка.

12. Высокая и тонкая фабричная труба треснула у основания и стала падать. Найти угловую скорость  $\omega$  и угловое ускорение  $\epsilon$  как функции угла  $\alpha$  между трубой и вертикалью.

Ответ:  $\epsilon = \frac{3g}{2l} \sin \alpha$ ,  $\omega = \sqrt{3 \frac{g}{l} (1 - \cos \alpha)}$ .

13. Найти ускорение центра тонкостенного мяча, скатывающегося без проскальзывания с плоскости, установленной под углом  $\alpha$  к горизонту.

Ответ:  $a = \frac{3}{5}g \sin \alpha$ .

14. Шар и сплошной цилиндр, имеющие равные массы, катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Определить отношение их кинетических энергий  $K_{ш}/K_{ц}$ .

Ответ:  $K_{ш}/K_{ц} = 14/15$ .

15. Мяч радиусом  $R$  и массой  $m$  раскручен до угловой скорости  $\omega$  и поставлен на горизонтальную шероховатую поверхность. С какой скоростью  $V$  будет двигаться мяч после прекращения проскальзывания?

Ответ:  $V = 2\omega R/5$ .

16. Две частицы летят вдоль прямой со скоростью  $v = 0,99$  с относительно лабораторной системы. Неподвижный детектор регистрирует эти частицы с интервалом  $\Delta t = 10^{-4}$  с. Найти расстояние между частицами в их системе отсчёта.

Ответ:  $l \approx 2,1 \cdot 10^5$  м.

17. Две частицы, движущиеся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями и находящиеся исходно на расстоянии  $L$  в лабораторной системе, столкнулись через время  $t = L/c$  по лабораторным часам. Найти их относительную скорость.

Ответ:  $0,8c$ .

18. Найти скорость электрона, имеющего кинетическую энергию 1) 1 эВ, 2) 1 МэВ. Энергия покоя электрона  $m_e c^2 \approx 0,5$  МэВ.

Ответ: 1)  $6 \cdot 10^5$  м/с, 2)  $2,8 \cdot 10^8$  м/с.

19. Исходно покоящееся ядро цезия-137 испустило фотон с энергией  $E = 1$  МэВ. Найти скорость, которую приобрело ядро.

Ответ:  $v \approx \frac{c}{1,3 \cdot 10^5} \approx 2,3$  км/с.

20. На гладком столе лежат два груза массами  $m$  и  $2m$ , скреплённые двумя последовательно соединёнными пружинами с жёсткостями  $k$  и  $2k$ . Найти их период колебаний.

Ответ:  $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ .

21. Однородный диск радиусом  $r = 10$  см подвешен на оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его край (см. зад. 10.6). Дisku сообщили из положения равновесия начальную угловую скорость  $\omega_0 = 0,8$  рад/с. Найти закон изменения угла отклонения маятника во времени, считая амплитуду колебаний малой.

Ответ:  $\varphi \approx 0,1 \sin 8t$ .

22. Математический маятник имеет длину  $L = 9,8$  см. Точка подвеса маятника колеблется вдоль оси, расположенной горизонтально, по гармоническому закону с циклической частотой  $\Omega = 11$  рад/с и амплитудой  $a = 1$  мм. Найти амплитуду  $A$  установившихся колебаний маятника. Трение считать малым.

Указание: перейти в систему отсчёта точки подвеса и рассмотреть силу инерции как вынуждающую гармоническую силу.

Ответ:  $A = \frac{a}{\Omega^2/g - 1} = 4,8$  мм.

23. Поезд движется со скоростью  $V = 144$  км/ч по закруглению радиуса  $R = 20$  км. К потолку вагона подвешен на нити небольшой груз. Оценить



27 окт.– 2 нояб.	9	Разбор контрольной работы. Сдача 1-го задания (1–8 недели)			
3–9 нояб.	10	Кинематические эффекты теории относительности. Преобразования Лоренца	<sup>0</sup> 16 <sup>0</sup> 17	8.4 8.79 8.30 8.77	8.7 8.98 8.89
10–16 нояб.	11	Релятивистские и нерелятивистские столкновения частиц. Динамика релятивистских частиц	<sup>0</sup> 18 <sup>0</sup> 19	8.59 8.43 8.47 8.74	8.44 8.57 8.105 T8
17–23 нояб.	12	Гармонические колебания. Колебания твёрдых тел	<sup>0</sup> 20 <sup>0</sup> 21 10.3	5.22 5.43 10.47 10.84	5.49 10.78 10.43 10.53 10.34
24–30 нояб.	13	Вынужденные колебания. Неинерциальные системы отсчёта	<sup>0</sup> 22 12.38 <sup>0</sup> 23	12.27 12.19 12.7 12.80	12.48 12.82 12.86 12.70
1–7 дек.	14	Элементы теории упругости	<sup>0</sup> 24 <sup>0</sup> 25 13.18	13.7 13.16 13.41 13.39	13.36 13.49 13.35 13.42
8–14 дек.	15	Элементы гидродинамики	<sup>0</sup> 26 <sup>0</sup> 27 <sup>0</sup> 28	14.17 14.11 14.27 14.24	14.42 14.21 14.46 14.29
15–21 дек.	16	Сдача 2-го задания (8–15 недели)			

### Примечания

Номера задач указаны по «Сборнику задач по общему курсу физики. Ч. 1. Механика, термодинамика и молекулярная физика / под ред. В.А. Овчинкина (4-е изд.). – Москва : Физматкнига, 2016».

Все задачи обязательны для сдачи задания, их решения должны быть представлены преподавателю на проверку. В каждой теме семинара задачи разбиты на 3 группы:

- 0 – задачи, которые студент должен решать заранее для подготовки к семинару;
- I – задачи, рекомендованные для разбора на семинаре (преподаватель может разбирать на семинарах и другие равноценные задачи по своему выбору);
- II – задачи для самостоятельного решения.

### Задачи 0 группы

<sup>0</sup>1. Мяч посылается с начальной скоростью  $v_0 = 19,6$  м/с под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту. В тот же момент навстречу мячу стартует игрок, находившийся на расстоянии  $\ell = 55$  м. С какой скоростью он должен бежать, чтобы успеть схватить мяч до удара о землю?

Ответ: 5,6 м/с.

<sup>0</sup>2. Точка начинает двигаться по окружности с угловым ускорением  $\varepsilon = 1,7$  рад/с<sup>2</sup>. Найти угол между векторами ускорения и скорости точки через  $t = 1$  с.

Ответ:  $\alpha = 60^\circ$ .

<sup>0</sup>3. Скорость некоторого тела при поступательном движении пропорциональна его координате:  $\dot{x} = x/\tau$ , где  $\tau = 10$  с. Найти координату и ускорение тела в момент времени  $t = \tau$ , если в начальный момент оно находилось в точке  $x_0 = 1$  м.

Ответ:  $x(\tau) \approx 2,72$  м,  $a(\tau) \approx 0,027$  м/с<sup>2</sup>.

<sup>0</sup>4. Ракета массой  $M = 6$  т установлена для запуска по вертикали. При скорости истечения газов  $u = 3$  км/с найти расход топлива  $\mu$ , необходимый для того, чтобы обеспечить тягу, достаточную для придания ракете начального ускорения  $a = 2g$  вверх.

Ответ: 59 кг/с.

<sup>0</sup>5. Тонкий однородный стержень раскрутили вокруг одного из концов. С какой силой действует стержень на ось вращения, если сила натяжения в его середине равна 12 Н?

Ответ: 16 Н.

<sup>0</sup>6. Груз, висевший на лёгкой пружине жёсткостью  $k = 400$  Н/м, растягивает её на  $\Delta x_0 = 2$  см. Какую работу надо затратить, чтобы утроить удлинение пружины ( $\Delta x_1 = 6$  см), прикладывая к грузу вертикальную силу?

Ответ: 0,32 Дж.

<sup>0</sup>7. Потенциальная энергия взаимодействия двух неполярных молекул может быть приближённо описана формулой  $U(r) = U_0 \left[ \left( \frac{a}{r} \right)^{12} - \left( \frac{a}{r} \right)^6 \right]$  (потенциал Леннарда-Джонса), где  $U_0 > 0$ ,  $a = 4$  нм,  $r$  — расстояние между молекулами. Найти расстояние  $r_0$ , при котором сила взаимодействия молекул равна нулю.

Ответ: 4,5 нм.

<sup>0</sup>8. Над некоторой планетой запущен спутник связи, всё время находящийся над одной и той же её точкой. Во сколько раз радиус орбиты этого спутника  $R$  больше радиуса планеты  $R_0$ , если известно, что другой спутник,



14. Волны. Распространение продольных упругих возмущений в среде. Скорость распространения звука в тонком стержне. Волновое уравнение (в одномерном случае). Длина волны, волновое число, фазовая скорость. Бегущие и стоячие волны. Отражение волн от свободной и жёстко закреплённой границы. Условие возникновения стоячих волн. Эффект Доплера (классический и релятивистский).

15. Элементы гидродинамики. Гидростатика: закон Паскаля, сила Архимеда, уравнение равновесия жидкости. Идеальная жидкость. Линии тока, стационарное течение идеальной жидкости и газа. Уравнение Бернулли. Формула Торричелли.

Вязкость. Стационарное ламинарное течение вязкой жидкости по прямолинейной трубе, формула Пуазейля. Законы физического подобия, безразмерные параметры. Понятие о гидродинамической турбулентности. Число Рейнольдса и его физический смысл. Эффект Магнуса. Подъёмная сила крыла.

### Литература

#### Основная литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 1. Механика. – Москва : Физматлит, 2003.
2. Кириченко Н.А., Крымский К.М. Общая физика. Механика : учебное пособие. – Москва : МФТИ, 2013.
3. Кингсеп А.С., Локшин Г.Р., Ольхов О.А. Основы физики. Курс общей физики. Т. 1. Механика, электричество и магнетизм, колебания и волны, волновая оптика. – Москва : Физматлит, 2001.
4. Лабораторный практикум по общей физике. Т. 1. Механика / под ред. А.Д. Гладуна. – Москва : МФТИ, 2012.
5. Сборник задач по общему курсу физики. Ч. 1 / под ред. В.А. Овчинкина. – Москва : Физматкнига, 2017.

#### Дополнительная литература

1. Калашиников Н.П., Смондырев М.А. Основы физики. – Москва : Лаборатория знаний, 2017.
2. Стрелков С.П. Механика – Москва : Лань, 2005.
3. Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. – Москва : Наука, 1969.
4. Хайкин С.Э. Физические основы механики. – Москва : Наука, 1971.
5. Киттель Ч., Найт У., Рудерман М. Механика. – Москва : Наука, 1983.
6. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике. Вып. 1, 2. Москва : Мир, 1977.
7. Коржавов В.П. Методы решения задач в общем курсе физики. Механика. – Москва : Студент, 2012.
8. Гавриков А.В., Ворона Н.А. Механические колебания. – Москва : МФТИ, 2011.
9. Белонучкин В.Е. Относительно относительности. – Москва : МФТИ, 2009.
10. Булыгин В.С. Физическая механика (кинематика, начала динамики). – Москва : МФТИ, 2019; Автоколебательный пружинный маятник. – Москва : МФТИ, 2018; Простая баллистика. – Москва : МФТИ, 2018.

Электронные ресурсы: [http://physics.mipt.ru/S\\_1/](http://physics.mipt.ru/S_1/)

## ЗАДАНИЕ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

для студентов 1-го курса  
на осенний семестр 2023/24 учебного года

Дата	№ нед	Темы семинарских занятий	Задачи		
			0	I	II
1–7 сент.	1	Основы кинематики	1.2 <sup>0</sup> 1 <sup>0</sup> 2	1.12 1.3 1.13 1.17	1.5 1.11 1.21 1.24
8–14 сент.	2	Динамика материальной точки. Законы Ньютона	<sup>0</sup> 3 2.1 2.5	2.17 2.68 2.43 2.57	2.18 2.51 2.71 2.59
15–21 сент.	3	Закон сохранения импульса. Реактивное движение. Центр масс	<sup>0</sup> 4 4.10 <sup>0</sup> 5	3.11 3.43 4.55 4.25	3.41 3.60 4.54 T1
22–28 сент.	4	Работа и энергия. Законы сохранения	<sup>0</sup> 6 <sup>0</sup> 7 4.70	4.80 4.47 4.98 4.134	4.41 4.76 4.90 4.125 4.100
29 сент.– 5 окт.	5	Движение в поле центральных сил. Тяготение	<sup>0</sup> 8 7.1 <sup>0</sup> 9	7.61 7.85 7.189 7.136	T2 T3 T4 7.139
6–12 окт.	6	Момент импульса. Вращение твёрдых тел вокруг неподвижной оси	<sup>0</sup> 10 <sup>0</sup> 11 <sup>0</sup> 12	6.8 9.1 T5 9.95	6.9 9.105 9.126 9.121
13–19 окт.	7	Плоское движение твёрдого тела, качение	<sup>0</sup> 13 <sup>0</sup> 14 <sup>0</sup> 15	9.76 9.79 9.115 9.163	6.15 9.71 9.89 9.187
20–26 окт.	8	Произвольное движение твёрдого тела. Гироскопы	11.7 11.8	11.1 11.14 11.18 11.24	11.10 T6 T7 11.20
21 октября (суббота)		Общекурсовая контрольная работа (по 1–7 неделям)			



## МЕХАНИКА

1. Предмет физики. Физические величины, единицы измерений СИ и СГС, внесистемные единицы.

Кинематика материальной точки. Системы отсчёта и системы координат (декартова, полярная, сферическая). Радиус-вектор, линейные и угловые скорости и ускорения. Нормальное, тангенциальное и полное ускорения. Описание движения вдоль плоской кривой. Радиус кривизны траектории. Угловая скорость как вектор, сложение вращений.

2. Динамика материальной точки. Задание состояния частицы в классической механике. Основная задача динамики. Инерциальные и неинерциальные системы отсчёта. Первый закон Ньютона. Импульс и сила. Инертная и гравитационная массы. Второй закон Ньютона. Уравнение движения частицы, роль начальных условий. Третий закон Ньютона. Закон сохранения импульса.

Движение тел с переменной массой, реактивное движение. Уравнение Мещерского, формула Циолковского.

3. Работа силы. Мощность. Консервативные и неконсервативные силы. Понятие силового поля. Потенциальная энергия, потенциал поля. Кинетическая энергия частицы. Закон сохранения энергии в механике. Общефизический закон сохранения энергии.

Динамика системы частиц. Центр инерции (центр масс). Закон движения центра инерции. Система центра инерции. Преобразование энергии при смене системы отсчёта. Теорема Кёнига. Задача двух тел, приведённая масса. Анализ столкновения двух частиц для абсолютно упругого и неупругого ударов. Построение и использование векторных диаграмм. Пороговая энергия при неупругом столкновении частиц.

4. Момент импульса материальной точки. Связь момента импульса материальной точки с секториальной скоростью. Момент импульса системы материальных точек. Момент силы. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса. Движение тел в центральном поле. Потенциальность центральных сил.

5. Закон всемирного тяготения. Потенциальная энергия в гравитационном поле. Законы Кеплера. Классификация траекторий в поле центральных гравитационных сил, финитные и инфинитные движения. Критерий финитного движения. Первая и вторая космические скорости. Связь параметров орбиты планеты с полной энергией и моментом импульса планеты. Теорема Гаусса и её применение для вычисления гравитационных полей.

6. Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной оси. Момент инерции. Вычисление моментов инерции твёрдых тел. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Уравнение моментов при вращении вокруг неподвижной оси. Кинетическая энергия вращающегося тела.

Кинематика твёрдого тела. Теорема Эйлера. Мгновенная ось вращения. Независимость угловой скорости вращения твёрдого тела от положения оси,

к которой отнесено вращение. Уравнение моментов относительно движущегося начала и движущейся оси. Условие равновесия твёрдого тела. Плоское движение твёрдого тела. Качение, скатывание тел с наклонной плоскости.

7. Общее вращение твёрдого тела. Понятие о тензоре инерции и эллипсоиде инерции. Центробежные моменты инерции. Главные оси инерции. Регулярная прецессия свободного вращающегося симметричного волчка. Гироскопы. Движение свободного гироскопа. Уравнение движения гироскопа под действием сил (приближённая теория). Применения гироскопов.

8. Элементы специальной теории относительности. Принцип относительности. Независимость скорости распространения взаимодействий (скорости света) от системы отсчёта. Преобразования Галилея и Лоренца. Интервал и его инвариантность относительно смены системы отсчёта. Относительность понятия одновременности. Замедление времени, собственное время жизни частицы. Сокращение масштабов, собственная длина. Релятивистское сложение скоростей.

9. Релятивистская динамика. Импульс релятивистской частицы. Уравнение движения релятивистской частицы под действием внешней силы. Кинетическая энергия релятивистской частицы, энергия покоя, полная энергия. Инвариантность массы системы. Инвариант энергии-импульса.

10. Гармонические колебания материальной точки. Пружинный и математический маятники. Частота, круговая частота и период колебаний. Роль начальных условий. Энергия колебаний, связь средней кинетической и средней потенциальной энергий гармонического осциллятора. Механические колебания твёрдых тел. Физический маятник. Приведённая длина, центр качания. Теорема Гюйгенса о физическом маятнике.

11. Свободные затухающие колебания. Коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, добротность. Понятие о вынужденных колебаниях материальной точки под действием синусоидальной силы. Резонанс. Резонансные кривые (амплитудно-частотная и фазово-частотная характеристики осциллятора). Фазовая плоскость, фазовые траектории осциллятора. Суперпозиция колебаний: фигуры Лиссажу, биения. Параметрическая раскачка колебаний. Понятие об автоколебаниях.

12. Неинерциальные системы отсчёта. Относительное, переносное, кориолисово ускорения. Силы инерции: поступательная, центробежная, кориолисова. Второй закон Ньютона в неинерциальных системах отсчёта. Потенциальная энергия в поле центробежных сил. Вес тела, невесомость. Отклонение падающих тел от направления отвеса. Геофизические проявления кориолисовых сил. Маятник Фуко.

13. Элементы теории упругости. Нормальные и касательные напряжения. Упругие и пластические деформации. Растяжение и сжатие стержней. Коэффициент упругости, модуль Юнга, коэффициент Пуассона. Объёмная плотность энергии упругой деформации. Всестороннее и одностороннее растяжение и сжатие. Понятие о деформациях сдвига и кручения.



Сборник программ и заданий для студентов 1 курса на осенний семестр 2023–2024 учебного года. Физтех-школа радиотехники и компьютерных технологий (ФРКТ). – Москва : МФТИ, 2023. – 40 с.

© Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», 2023

УТВЕРЖДЕНО  
Проректор по учебной работе  
А. А. Воронов  
15 июня 2023 года

## ПРОГРАММА

по дисциплине: Общая физика: механика  
по направлениям подготовки: 03.03.01 «Прикладная математика и физика»,  
16.03.01 «Техническая физика»  
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

физтех-школа: для всех физтех-школ, кроме ФБВТ

кафедра: общей физики

курс: 1

семестр: 1

лекции – 30 часов

практические (семинарские)

занятия – 30 часов

лабораторные занятия – 60 часов

Экзамен – 1 семестр

Диф. зачёт – 1 семестр

ВСЕГО АУДИТОРНЫХ ЧАСОВ – 120

Самостоятельная работа:  
теор. курс – 45 часов  
физ. практикум – 75 часов

Программу и задание составили:

к.ф.-м.н., доц. Л. М. Колдунов  
к.ф.-м.н., доц. В. А. Овчинкин  
к.ф.-м.н., доц. П. В. Попов  
к.ф.-м.н., доц. М. А. Савров  
к.ф.-м.н., доц. Д. И. Холин  
к.ф.-м.н., доц. И. С. Юдин

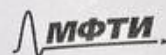
Программа принята на заседании  
кафедры общей физики 12 апреля 2023 г.

Заведующий кафедрой  
д.ф.-м.н., профессор

А. В. Максимычев



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»



# СБОРНИК

## программ и заданий

Физтех-школа  
радиотехники и компьютерных технологий  
(ФРКТ)

для студентов **1** курса  
на осенний семестр  
2023–2024 учебного года

МОСКВА  
МФТИ  
2023



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

# СБОРНИК ПРОГРАММ И ЗАДАНИЙ

для студентов **1** курса  
**ФРКТ**

на осенний семестр  
2023-2024 учебного года

МОСКВА  
МФТИ  
2023