

5. Структуры и классы

5.1. Структуры

5.1-0 Опишите структуру `Sequence`, соответствующую числовым последовательностям. Последовательность задаётся начальным членом a_0 и функцией f . Каждый член кроме первого определяется через предыдущий:

$$a_{k+1} = f(a_k).$$

Напишите функцию, находящую n -й член последовательности.

Напишите программу, использующую эту функцию. Предусмотрите обработку исключительных ситуаций.

5.1-1 Опишите структуру `LinearEquation`, соответствующую линейному уравнению. Уравнение $ax + b = c$ задаётся коэффициентами a , b и c . Определите функцию, находящую корень линейного уравнения.

Напишите программу, использующую эту функцию. Предусмотрите обработку исключительных ситуаций.

5.1-2 Опишите структуру `Interval`, соответствующую отрезкам числовой прямой. Отрезок $[a, b]$ задаётся своими концами. Определите функцию, возвращающую длину общей части двух отрезков или ноль, если они не пересекаются.

Напишите программу, использующую эту функцию. Предусмотрите обработку исключительных.

5.1-3 Опишите структуру `Circle`, соответствующую окружностям. Окружность задаётся координатами центра и радиусом. Определите функцию, проверяющую, пересекаются ли две окружности.

Напишите программу, использующую эту функцию. Предусмотрите обработку исключительных ситуаций.

5.1-4 Опишите структуру `GeometricProgression`, соответствующую геометрическим прогрессиям. Определите функцию, находящую сумму бесконечного числа членов прогрессии.

Напишите программу, использующую эту функцию. Предусмотрите обработку исключительных ситуаций.

5.1-5 Опишите структуру, соответствующую датам григорианского календаря после 1583 г. Дата задаётся тройкой: день d , месяц m и год y . Определите функцию, возвращающую название дня недели, соответствующего дате.

Номер дня недели N можно вычислить по следующим формулам.

$$\begin{aligned}a &= \frac{14 - m}{12}, \\Y &= y - a, \\M &= m + 12a - 2, \\N &\equiv 7000 + d + Y + \frac{Y}{4} - \frac{Y}{100} + \frac{Y}{400} + \frac{31}{12}M \pmod{7}.\end{aligned}$$

Если N равен 0, то результат — воскресенье, 1 — понедельник, 2 — вторник и т. д.

Напишите программу, использующую эту функцию. Предусмотрите обработку исключительных ситуаций.

5.1-6 Опишите структуру `Triangle`, соответствующую треугольникам. Треугольник задаётся длинами сторон a , b и c . Определите функцию, вычисляющую его углы.

Напишите программу, использующую эту функцию. Предусмотрите обработку исключительных ситуаций.

5.1-7 Опишите структуру `Point2`, соответствующую точкам на плоскости. Определите функцию, вычисляющую расстояние от некоторой точки до прямой, заданной двумя другими точками.

Напишите программу, использующую эту функцию. Предусмотрите обработку исключительных ситуаций.

5.1-8 Опишите структуру `Time`, соответствующую моментам времени. Время задаётся как тройка: часы (h), минуты (m) и секунды (s). Определите функцию, вычисляющую количество секунд между двумя моментами.

Напишите программу, использующую эту функцию. Предусмотрите обработку исключительных ситуаций.

5.1-9 Опишите структуру `Line`, соответствующую прямым на плоскости. Прямая задаётся коэффициентами A , B и уравнения

$$Ax + By + C = 0.$$

Определите функцию, находящую координаты точки пересечения двух прямых.

Напишите программу, использующую эту функцию. Предусмотрите обработку исключительных ситуаций.

5.2. Классы и перегрузка операций

5.2-0 Описать класс комплексных чисел `Complex`. Комплексные числа имеют вид $a + bi$, где $i = \sqrt{-1}$, $a, b \in \mathbb{R}$. Определить в нём:

- конструктор, принимающий действительную и мнимую часть;
- копирующий конструктор;
- методы Re и Im, возвращающие мнимую и действительную части;
- методы Abs и Arg, возвращающие модуль и аргумент числа;
- операции сложения, вычитания, умножения и деления (аргументы могут быть как комплексными, так и комплексным и действительным числами);
- перегруженный метод ToString.

Предусмотреть возможные исключительные ситуации, если это необходимо. Написать программу, использующую этот класс.

5.2-1 Описать класс отрезков числовой прямой Interval. Определить в нем:

- конструктор, принимающий концы отрезка (должен корректно обрабатывать случаи, когда левый конец больше правого);
- копирующий конструктор;
- метод Length, возвращающий длину отрезка.
- операции интервальной арифметики;
- перегруженный метод ToString.

Операции интервальной арифметики определяются следующим образом:

$$[a, b] + [c, d] = [a + c, b + d],$$

$$[a, b] - [c, d] = [a - c, b - d],$$

$$[a, b] \times [c, d] = [\min\{ac, ad, bc, bd\}, \max\{ac, ad, bc, bd\}],$$

$$\frac{[a, b]}{[c, d]} = \left[\min \left\{ \frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d} \right\}, \max \left\{ \frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d} \right\} \right], \text{ если } 0 \notin [c, d].$$

Предусмотреть возможные исключительные ситуации, если это необходимо. Написать программу, использующую этот класс.

5.2-2 Описать класс Matrix2 матриц вида $\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$, где $a_{ij} \in \mathbb{R}$. Определить в нем:

- конструктор, принимающий четыре элемента матрицы;
- конструктор, принимающий два элемента главной диагонали (остальные элементы равны нулю);
- копирующий конструктор;
- метод Det, возвращающий определитель матрицы;
- метод Inverse, возвращающий обратную матрицу;

- метод `Transpose`, возвращающий транспонированную матрицу;
- операции сложения и вычитания матриц;
- операции умножения и деления (аргументы могут быть как матрицами, так и матрицей и действительным числом);
- перегруженный метод `ToString`.

Предусмотреть возможные исключительные ситуации, если это необходимо. Написать программу, использующую этот класс.

5.2-3 Описать класс `Polynomial2` квадратных многочленов вида $ax^2 + bx + c$, где $a, b, c \in \mathbb{R}$. Определить в нем:

- конструктор, принимающий коэффициенты многочлена;
- копирующий конструктор;
- метод `Value`, возвращающий значение многочлена в заданной точке;
- операции сложения и вычитания;
- операции умножения и деления на действительное число;
- операцию вычисления остатка от деления одного многочлена на другой;
- перегруженный метод `ToString`.

Предусмотреть возможные исключительные ситуации, если это необходимо. Написать программу, использующую этот класс.

5.2-4 Описать класс `Vector3` векторов в пространстве. Определить в нем:

- конструктор, принимающий координаты вектора;
- копирующий конструктор;
- метод `Length`, возвращающий длину вектора;
- метод `Angle`, вычисляющий угол между текущим и другим вектором;
- операции сложения и вычитания;
- операцию скалярного умножения вектора на вектор;
- операции умножения и деления на целое число;
- перегруженный метод `ToString`.

Предусмотреть возможные исключительные ситуации, если это необходимо. Написать программу, использующую этот класс.

5.2-5 Описать класс `Money` денежных сумм, заданных в виде количества рублей и копеек. Определить в нем:

- конструктор, принимающий количество рублей и копеек (должен корректно обрабатывать случаи, когда копеек больше 100, или количества рублей и копеек имеют разные знаки);

- копирующий конструктор;
- метод `TransferCost`, принимающий величину комиссии за денежный перевод в процентах и возвращающий его полную стоимость с точностью до копеек (например, для суммы 10 р. 15 к. и величины комиссии 5 % полная стоимость составляет 10 р. 66 к.);
- операции сложения и вычитания;
- операции умножения и деления на действительное число (результат должен округляться до копеек);
- перегруженный метод `ToString`.

Предусмотреть возможные исключительные ситуации, если это необходимо. Написать программу, использующую этот класс.

5.2-6 Описать класс `Fraction` дробей вида $\frac{m}{n}$, где $m \in \mathbb{Z}$, $n \in \mathbb{N}$. Определить в нем:

- конструктор, принимающий числитель и знаменатель дроби (должен приводить дробь к несократимому виду);
- копирующий конструктор;
- метод `IntegerPart`, возвращающий целую часть дроби;
- операции сложения, вычитания, умножения и деления (аргументы могут быть как дробями, так и дробью и целым числом);
- перегруженный метод `ToString`.

Предусмотреть возможные исключительные ситуации, если это необходимо. Написать программу, использующую этот класс.

5.2-7 В европейской музыке весь диапазон музыкальных звуков делится на октавы, которые можно пронумеровать числами от -3 до 5 . Октавы с неположительными номерами имеют собственные названия: субконтроктава (-3), контроктава (-2), большая октава (-1), малая октава (0).

В каждой октаве 12 музыкальных звуков (нот): до, до-диез, ре, ре-диез, ми, фа, фа-диез, соль, соль-диез, ля, ля-диез, си.

Описать класс `Note` музыкальных звуков. Определить в нем:

- конструктор, принимающий номер октавы и номер звука (считать, что нота до имеет номер 0);
- копирующий конструктор;
- метод `Frequency`, возвращающий частоту ноты (нота ля первой октавы имеет частоту 440 Гц, частота каждой следующей ноты больше в $\sqrt[12]{2}$ раз);
- операции прибавления и вычитания целого числа, позволяющие получить следующие и предыдущие звуки в общей последовательности;

- перегруженный метод ToString, возвращающий текстовое описание звука (например, «до-диез 2-й октавы» или «ля субконтроктавы»).

Предусмотреть возможные исключительные ситуации, если это необходимо. Написать программу, использующую этот класс.

5.2-8 Описать класс дат Date. Определить следующие методы:

- конструктор, принимающий номера дня, месяца и года (рассматривать только положительные номера года);
- копирующий конструктор;
- методы Next и Prev, возвращающие следующий или предыдущий день;
- метод IsLeapYear, проверяющий, является ли текущий год високосным;
- операции прибавления и вычитания целого числа, позволяющие получить следующие за текущим или предыдущие дни;
- перегруженный метод ToString, возвращающий текстовое представление даты (например, «15 апреля 1707 г.»).

Предусмотреть возможные исключительные ситуации, если это необходимо. Написать программу, использующую этот класс.

5.2-9 Дуальным числом называется число вида $a + b\varepsilon$, где $a, b \in \mathbb{R}$, $a \neq 0$ — абстрактная величина, такая что $\varepsilon^2 = 0$.

Описать класс DualNumber дуальных чисел. Определить в нем:

- конструктор, принимающий компоненты a и b дуального числа;
- копирующий конструктор;
- метод Pow, позволяющий возвести дуальное число в произвольную натуральную степень;
- операции сложения, вычитания, умножения и деления (аргументы могут быть как дуальными числами, так и дуальным и действительным числами);
- перегруженный метод ToString.

Операции над дуальными числами определены следующим образом:

$$(a + b\varepsilon) + (c + d\varepsilon) = (a + c) + (b + d)\varepsilon,$$

$$(a + b\varepsilon) - (c + d\varepsilon) = (a - c) + (b - d)\varepsilon,$$

$$(a + b\varepsilon) \times (c + d\varepsilon) = (ac) + (bc + ad)\varepsilon,$$

$$\frac{a + b\varepsilon}{c + d\varepsilon} = \frac{a}{c} + \frac{bc - ad}{c^2}\varepsilon.$$

Предусмотреть возможные исключительные ситуации, если это необходимо. Написать программу, использующую этот класс.