Домашнее задание #1: Ссылки и перегрузка операторов

Пространство имён:

- Создайте пространство имён по имени `myspace`. В этом пространстве имён создайте функцию `void print_n_times(char str[], int n = 10)`, которая будет печатать строку `str` `n` раз. Для печати используйте `std::cout` из библиотеки `iostream`. Вызовите эту функцию из `main`.

Ссылки:

- Напишите функцию `cube`, которая будет принимать одно число типа `int` и возводить его в куб. Используёте ссылки.
- Напишите функцию `void count_letters(char str[], int& n_letters, int& n_digits, int& n_other)`, которая будет принимать на вход строку `str` и подсчитывать число букв и цифр в этой строке. Количество букв нужно записать в переменную `n_letters`, количество цифр – в переменную `n_digits`, а количество остальных символов – в переменную `n_other`. Вызвать эту функцию из функции `main` и проверить её работу.

Перегрузка операций:

В файлах `code/complex.h` и `code/complex.cpp` лежит реализация комплексного числа с перегруженными операторами. Используёте его в качестве примера для решения задач этого раздела:

- Создайте структуру `Vector3f` - вектор в трёхмерном пространстве с полями `x, y, z` типа `float` в качестве координат. Перегрузите следующие операторы для работы с вектором. Для передачи вектора в функции используте ссылки и, там где возможно, модификатор `const`.
  - Сложение векторов (`+`)
  - Вычитание (`-`)
  - Умножение вектора на число типа `float` (число `*` вектор и вектор `*` число)
  - Деление вектора на число типа `float` (вектор `/` число)
  - Скалярное произведение (`*`)
  - Векторное произведение (`^`)
  - Унарный `-`
  - Унарный `+`
  - Проверка на равенство `==` (должна возвращать тип `bool`)
  - Проверка на неравенство `!=` (должна возвращать тип `bool`)
  - Операторы `+=` и `-=` (вектор `+=` вектор)
  - Операторы `*=` и `/=` (вектор `*=` число)
  - Оператор вывода `ostream >>` вектор. Выводите вектор в виде `(x, y, z)`.
  - Оператор ввода `istream <<` вектор
  - Функция `float squared_norm(const Vector3f& a)`, которая вычисляет квадрат нормы вектора.
  - Функция `float norm(const Vector3f& a)`, которая вычисляет норму вектора.
  - Функция `void normalize(Vector3f& a)`, которая нормализует вектор `a`.
- Поместите весь ваш код в отдельный файл `vector3f.h` и подключите к файлу `main.cpp`.
- Протестируйте ваши функции:

```
#include <iostream>
#include "vector3f.h"

using namespace std;
```

```
int main() {
        Vector3f a = {1.0, 2.0, -2.0};
        Vector3f b = {4.0, -1.0, 3.0};
        cout << "a = " << a << endl << "b = " << b << endl;
        cout << "a + b = " << a + b << endl;
        cout << "-a = " << -a << endl;
        cout << "Scalar product of a and b = " << a * b << endl;
        cout << "Cross product of a and b = " << a ^ b << endl;
        a /= 5;
        cout << "a after a /= 5;"  << a << endl
        normalize(b);
        cout << "Normalized b:"  << b << endl
}
```

- Аналогично опишите типы `Vector3d` (3 координаты типа `double`), `Vector3i` (3 координаты типа `int`), `Vector2f`, `Vector2d`, `Vector2i`, `Vector4f` (может понадобится когда-нибудь). Каждый новый тип нужно описать в отдельном файле. Для векторов размерности 2 и 4 можно не писать векторное произведение.

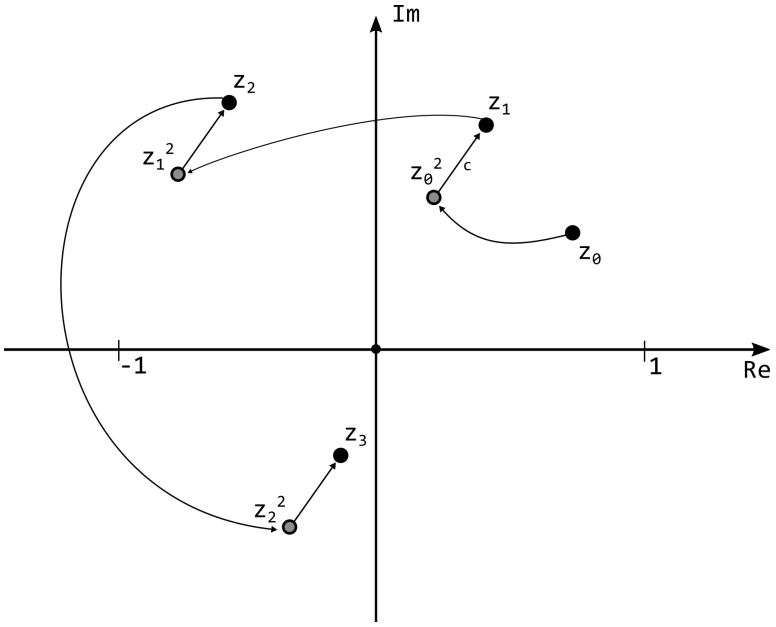
Задача об убегающей точке

- Предположим, что у нас есть комплексная функция $f(z) = z^2$. Выберем некоторое комплексное число z_0 и будем проводить следующие итерации:

$$z_1 = f(z_0) \quad z_2 = f(z_1) \quad ... \quad z_{k+1} = f(z_k) \quad ... \tag{1}$$

  В зависимости от выбора точки z_0 эта последовательность либо разойдётся, либо останется в некоторой ограниченной области. Будем называть точку z_0 убегающей, если $z_k \to \infty$ при $k \to \infty$. Найдите область неубегания для функции z^2, т.е. множество всех начальных значений z_0, при которых последовательность (1) остаётся ограниченной (это можно сделать в уме).

- **Julia:** Для функции $f(z) = z^2$ эта область тривиальна, но всё становится сложней для функции вида $f(z) = z^2+c$, где c – некоторое комплексное число. Численно найдите область неубегания для функций такого вида. Для этого создайте изображение размера 800x800, покрывающую область `[-2:2]x[-2:2]` на комплексной плоскости. Для каждой точки этой плоскости проведите $N \approx 20$ итераций и, в зависимости от результата, окрасьте пиксель в соответствующий цвет (цвет можно подобрать самим, он должен быть пропорционален значению z_N - меняться от яркого если z_N мало и до черного если z_N большое). Используйте класс Complex и перегруженные операторы. Пример работы с изображениями в формате `ppm` можно посмотреть в файле `complex_image.cpp`. Программа должна создавать файл `julia.ppm`.



- Нарисуте изображение для $c = -0.4 + 0.6i$; $c = -0.70 - 0.38i$; $c = -0.80 + 0.16i$ и $c = 0.280 + 0.011i$.
- Добавьте параметры командной строки: 2 вещественных числа, соответствующие комплексному числу c, и целое число итераций N.
- **Mandelbrot:** Зафиксируем теперь $z_0 = 0$ и будем менять c. Численно найдите все параметры c, для которых точка z_0 не является убегающей. Для этого создайте изображение размера 800x800, покрывающую область `[-2:2]x[-2:2]` возможных значений c на комплексной плоскости. Программа должна создавать файл `mandelbrot.ppm`.
- **Анимация:** Программа `complex_movie.cpp` создаёт множество изображений и сохраняет их в папку `animation` (если у вас нет такой папки – создайте её). Эти изображения представляют собой отдельные кадры будущей анимации. Чтобы их объединить в одно видео можно использовать программу ffmpeg (Нужно скачать тут: www.ffmpeg.org и изменить переменную среды `PATH` в настройках Windows или Linux). После этого можно будет объединить все изображения в одно видео такой командой:

  ```
  ffmpeg -r 60 -i animation/complex_%03d.ppm complex_movie.mp4
  ```

  Создайте анимацию из изображений множеств Julia при c линейно меняющемся от $(-1.5 - 0.5i)$ до i.