

Московский Авиационный Институт
(Национальный исследовательский Университет)

Факультет: «Информационные технологии и прикладная математика»
Кафедра: 806 «Вычислительная математика и программирование»

**Лабораторная работа
по курсу «ООП»**

Тема:
Наследование. Полиморфизм.

Студент:	Петрин С.А.
Группа:	М80-207Б-18
Преподаватель:	Журавлев А.А.
Вариант:	17
Оценка:	
Дата:	

Москва
2019



1. Код программы на языке C++:

point.h:

```
#ifndef POINT_H
#define POINT_H 1

#include <iostream>

class Point {
    double x;
    double y;
public:
    Point();
    Point(double a, double b);
    Point(const Point &other);
    double X() const;
    double Y() const;
    Point operator+(const Point &a) const;
    Point operator-(const Point &a) const;
    Point operator*(double a) const;
    Point operator/(double a) const;
    friend std::ostream &operator<<(std::ostream &out, const Point &a);
    friend std::istream &operator>>(std::istream &in, Point &a);
};

#endif // POINT_H
```

point.cpp:

```
#include "point.h"
#include <cmath>

Point::Point() : x{0}, y{0} {}

Point::Point(double a, double b) : x{a}, y{b} {}

Point::Point(const Point &other) : x{other.x}, y{other.y} {}

double Point::X() const {
    return x;
}

double Point::Y() const {
    return y;
}

Point Point::operator+(const Point &a) const {
    return {x + a.x, y + a.y};
}

Point Point::operator-(const Point &a) const {
    return {x - a.x, y - a.y};
}
```



```
Point Point::operator*(double a) const {
    return {x * a, y * a};
}

Point Point::operator/(double a) const {
    return {x / a, y / a};
}

std::ostream &operator<<(std::ostream &out, const Point &a) {
    out << "(" << a.x << "; " << a.y << ")";

    return out;
}

std::istream &operator>>(std::istream &in, Point &a) {
    in >> a.x >> a.y;

    return in;
}
```

figure.h:

```
#ifndef FIGURE_H
#define FIGURE_H 1

#include "point.h"
#include <iostream>

class Figure {
public:
    virtual Point Center() const = 0;
    virtual double Area() const = 0;
    virtual std::ostream &Print(std::ostream &out) const = 0;
    virtual std::istream &Scan(std::istream &in) = 0;
    virtual ~Figure() = default;
};

std::ostream &operator<<(std::ostream &out, const Figure &fig);
std::istream &operator>>(std::istream &in, Figure &fig);

#endif //FIGURE_H
```

figure.cpp:

```
#include "figure.h"

std::ostream &operator<<(std::ostream &out, const Figure &fig) {
    fig.Print(out);

    return out;
}
```



```
std::istream &operator>>(std::istream &in, Figure &fig) {  
    fig.Scan(in);  
  
    return in;  
}
```

triangle.h:

```
#ifndef TRIANGLE_H  
#define TRIANGLE_H 1  
  
#include "point.h"  
#include "figure.h"  
#include "vector.h"  
  
class Triangle : public Figure {  
    Point A, B, C;  
public:  
    Triangle();  
    Triangle(Point a, Point b, Point c);  
    Point Center() const override;  
    double Area() const override;  
    std::ostream &Print(std::ostream &out) const override;  
    std::istream &Scan(std::istream &in) override;  
};  
  
#endif //TRIANGLE_H
```

triangle.cpp:

```
#include "triangle.h"  
#include "figure.h"  
#include "point.h"  
#include "vector.h"  
#include <cmath>  
  
Triangle::Triangle() : A{Point{}} , B{Point{}} , C{Point{}} {}  
  
Triangle::Triangle(Point a, Point b, Point c) : A{a}, B{b}, C{c} {  
    double AB = Length(A, B), BC = Length(B, C), AC = Length(A, C);  
    if (AB >= BC + AC || BC >= AB + AC || AC >= AB + BC) {  
        throw std::logic_error("Any side of the triangle must be less than the sum of the other two  
sides");  
    }  
}  
  
Point Triangle::Center() const {  
    Point mid_of_base{ (A + C) / 2 };  
}
```



```
    return { (B + mid_of_base * 2) / 3 };
}

double Triangle::Area() const {
    double AB = Length(A, B), BC = Length(B, C), AC = Length(A, C);
    double perim = AB + BC + AC;

    return sqrt((perim / 2) * (perim / 2 - AB) * (perim / 2 - BC) * (perim / 2 - AC));
}

std::ostream &Triangle::Print(std::ostream &out) const {
    out << "Triangle: p1 = " << A << ", p2 = " << B << ", p3 = " << C;

    return out;
}

std::istream &Triangle::Scan(std::istream &in) {
    in >> A >> B >> C;
    (*this) = Triangle(A, B, C);

    return in;
}
```

square.h:

```
#ifndef SQUARE_H
#define SQUARE_H 1

#include "point.h"
#include "figure.h"
#include "vector.h"

class Square : public Figure {
    Point A, B, C, D;
public:
    Square();
    Square(Point a, Point b, Point c, Point d);
    Point Center() const override;
    double Area() const override;
    std::ostream &Print(std::ostream &out) const override;
    std::istream &Scan(std::istream &in) override;
};

#endif //SQUARE_H
```

square.cpp:

```
#include "square.h"
#include "vector.h"

Square::Square() : A{Point{}} , B{Point{}} , C{Point{}} , D{Point{}} {}
```



```
Square::Square(Point a, Point b, Point c, Point d) : A{a}, B{b}, C{c}, D{d} {
    Vector AB{ A, B }, BC{ B, C }, CD { C, D }, DA { D, A };
    if (!is_parallel(DA, BC)) {
        std::swap(A, B);
        AB = { A, B };
        BC = { B, C };
        CD = { C, D };
        DA = { D, A };
    }
    if (!is_parallel(AB, CD)) {
        std::swap(B, C);
        AB = { A, B };
        BC = { B, C };
        CD = { C, D };
        DA = { D, A };
    }
    if (AB * BC || BC * CD || CD * DA || DA * AB) {
        throw std::logic_error("The sides of the square should be perpendicular");
    }
    if (Length(AB) != Length(BC) || Length(BC) != Length(CD) || Length(CD) != Length(DA) ||
Length(DA) != Length(AB)) {
        throw std::logic_error("The sides of the square should be equal");
    }
    if (!Length(AB) || !Length(BC) || !Length(CD) || !Length(DA)) {
        throw std::logic_error("The sides of the square must be greater than zero");
    }
}

Point Square::Center() const {
    return Point{ (B + D) / 2 };
}

double Square::Area() const {
    return Length(A, B) * Length(A, B);
}

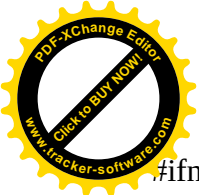
std::ostream &Square::Print(std::ostream &out) const {
    out << "Square: p1 = " << A << ", p2 = " << B << ", p3 = " << C << ", p4 = " << D;

    return out;
}

std::istream &Square::Scan(std::istream &in) {
    in >> A >> B >> C >> D;
    (*this) = Square(A, B, C, D);

    return in;
}
```

rectangle.h:



```
#ifndef RECTANGLE_H
#define RECTANGLE_H 1
#include "point.h"
#include "figure.h"
#include "vector.h"
```

```
class Rectangle : public Figure {
    Point A, B, C, D;
public:
    Rectangle();
    Rectangle(Point a, Point b, Point c, Point d);
    Point Center() const override;
    double Area() const override;
    std::ostream &Print(std::ostream &out) const override;
    std::istream &Scan(std::istream &in) override;
```

```
};
#endif //RECTANGLE_H
```

rectangle.cpp:

```
#include "rectangle.h"
#include "vector.h"
```

```
Rectangle::Rectangle() : A{Point{}} , B{Point{}} , C{Point{}} , D{Point{}} {}
```

```
Rectangle::Rectangle(Point a, Point b, Point c, Point d) : A{a}, B{b}, C{c}, D{d} {
    Vector AB{ A, B }, BC{ B, C }, CD { C, D }, DA { D, A };
    if (!is_parallel(DA, BC)) {
        std::swap(A, B);
        AB = { A, B };
        BC = { B, C };
        CD = { C, D };
        DA = { D, A };
    }
    if (!is_parallel(AB, CD)) {
        std::swap(B, C);
        AB = { A, B };
        BC = { B, C };
        CD = { C, D };
        DA = { D, A };
    }
    if (AB * BC || BC * CD || CD * DA || DA * AB) {
        throw std::logic_error("The sides of the rectangle should be perpendicular");
    }
    if (!Length(AB) || !Length(BC) || !Length(CD) || !Length(DA)) {
        throw std::logic_error("The sides of the rectangle must be greater than zero");
    }
}
```

```
Point Rectangle::Center() const {
    return Point{ (B + D) / 2 };
}
```



```
double Rectangle::Area() const {
    return Length(D, A) * Length(B, A);
}

std::ostream &Rectangle::Print(std::ostream &out) const {
    out << "Rectangle: p1 = " << A << ", p2 = " << B << ", p3 = " << C << ", p4 = " << D;

    return out;
}

std::istream &Rectangle::Scan(std::istream &in) {
    in >> A >> B >> C >> D;
    (*this) = Rectangle(A, B, C, D);

    return in;
}
```

vector.h:

```
#ifndef VECTOR_H
#define VECTOR_H 1

#include "point.h"

class Vector {
public:
    double x, y;
    Vector(double x_cord, double y_cord);
    Vector(Point &p1, Point &p2);
    double operator*(const Vector &a) const;
    Vector &operator=(const Vector &a);
};

double Length(const Point &a, const Point &b);
double Length(const Vector &a);
bool is_parallel(const Vector &a, const Vector &b);

#endif// VECTOR_H
```

vector.cpp:

```
#include "vector.h"
#include "point.h"
#include <cmath>

Vector::Vector(double x_cord, double y_cord) : x{x_cord}, y{y_cord} {}

Vector::Vector(Point &p1, Point &p2) : x{p2.X() - p1.X()}, y{p2.Y() - p1.Y()} {}

double Vector::operator*(const Vector &a) const {
    return (x * a.x) + (y * a.y);
}
```




```
Vector &Vector::operator=(const Vector &a) {
    x = a.x;
    y = a.y;

    return *this;
}

double Length(const Point &a, const Point &b) {
    return sqrt(pow((b.X() - a.X()), 2) + pow((b.Y() - a.Y()), 2));
}

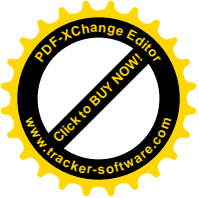
double Length(const Vector &a) {
    return sqrt(pow(a.x, 2) + pow(a.y, 2));
}

bool is_parallel(const Vector &a, const Vector &b) {
    return (a.x * b.y) - (a.y * b.x) == 0;
}
```

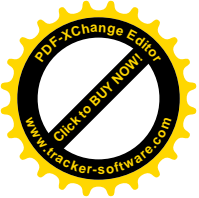
main.cpp:

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <string>
#include <exception>
#include <cmath>
#include "point.h"
#include "vector.h"
#include "figure.h"
#include "triangle.h"
#include "square.h"
#include "rectangle.h"

int main() {
    std::vector<Figure*> figures;
    std::string command;
    std::cout << "Operations: Add/ Print/ Area/ Center/ Total_area/ Print_all/ Delete/ Delete_all/ Quit" << std::endl;
    std::cout << "_____ " << std::endl;
    while (std::cin >> command) {
        if (command == "Add") {
            std::string fig_type;
            std::cout << "Figures: Triangle/ Square/ Rectangle" << std::endl;
            std::cin >> fig_type;
            Figure *new_fig;
            if (fig_type == "Triangle") {
                new_fig = new Triangle;
            }
            else if (fig_type == "Square") {
                new_fig = new Square;
            }
        }
    }
}
```



```
else if (fig_type == "Rectangle") {
    new_fig = new Rectangle;
}
else {
    std::cout << "Invalid figure type" << std::endl;
    std::cin.clear();
    std::cin.ignore(30000, '\n');
    std::cout << "_____ " << std::endl;
    continue;
}
try {
    std::cout << "Points: ";
    std::cin >> (*new_fig);
    std::cout << "_____ " << std::endl;
}
catch (std::exception &e) {
    std::cout << e.what() << std::endl;
    std::cout << "_____ " << std::endl;
    delete new_fig;
    continue;
}
figures.push_back(new_fig);
}
else if (command == "Print") {
    unsigned int index;
    std::cout << "Index: ";
    std::cin >> index;
    if (index < 0 || index >= figures.size()) {
        std::cout << "No object at that index" << std::endl;
        std::cout << "_____ " << std::endl;
        continue;
    }
    std::cout << "Figure at index " << index << ": " << *figures[index] << std::endl;
    std::cout << "_____ " << std::endl;
}
else if (command == "Area") {
    unsigned int index;
    std::cout << "Index: ";
    std::cin >> index;
    if (index < 0 || index >= figures.size()) {
        std::cout << "No object at that index" << std::endl;
        std::cout << "_____ " << std::endl;
        continue;
    }
    std::cout << *figures[index] << ". Area: " << figures[index]->Area() << std::endl;
    std::cout << "_____ " << std::endl;
}
else if (command == "Center") {
    unsigned int index;
    std::cout << "Index: ";
    std::cin >> index;
    if (index < 0 || index >= figures.size()) {
```



```
std::cout << "No object at that index" << std::endl;
std::cout << "_____ " << std::endl;
continue;
}
std::cout << *figures[index] << ". Center: " << figures[index]->Center() << std::endl;
std::cout << "_____ " << std::endl;
}
else if (command == "Total_area") {
    double area = 0;
    for (Figure *ptr : figures) {
        area += ptr->Area();
    }
    std::cout << "Total area: " << area << std::endl;
    std::cout << "_____ " << std::endl;
}
else if (command == "Print_all") {
    for (unsigned int i = 0; i < figures.size(); i++) {
        std::cout << i << ". " << *figures[i] << std::endl;
    }
    std::cout << "_____ " << std::endl;
}
else if (command == "Delete") {
    unsigned int index;
    std::cout << "Index: ";
    std::cin >> index;
    if (index < 0 || index >= figures.size()) {
        std::cout << "No object at that index" << std::endl;
        std::cout << "_____ " << std::endl;
        continue;
    }
    delete figures[index];
    figures.erase(figures.begin() + index);
    std::cout << "_____ " << std::endl;
}
else if (command == "Delete_all") {
    for (std::vector<Figure *>::iterator i = figures.begin(); i != figures.end(); i++) {
        delete *i;
    }
    figures.clear();
    std::cout << "_____ " << std::endl;
}
else if (command == "Quit") {
    for (unsigned int i = 0; i < figures.size(); i++) {
        delete figures[i];
    }
    std::cout << "_____ " << std::endl;
    return 0;
}
else {
    std::cout << "Wrong. Operations: Add/ Print/ Area/ Center/ Total_area/ Print_all/
Delete/ Delete_all/ Quit" << std::endl;
    std::cout << "_____ " << std::endl;
}
```



```
    }  
    }  
    return 0;  
}
```

CmakeLists.txt:

```
cmake_minimum_required (VERSION 3.2)  
  
project(oop_exercise_03)  
  
add_executable(oop_exercise_03  main.cpp  point.cpp  figure.cpp  triangle.cpp  square.cpp  
rectangle.cpp vector.cpp)  
  
set(CMAKE_CXX_FLAGS "${CMAKE_CXX_FLAGS} -Wall")  
  
set_target_properties(oop_exercise_03  PROPERTIES  CXX_STANDARD 14  
CXX_STANDARD_REQUIRED ON)
```

2. Ссылка на репозиторий на GitHub.

https://github.com/SergeiPetrin/OOP/tree/master/oop_exercise_03

3. Набор testcases.

```
test_00.test:  
Add  
Square  
0 0 0 5 5 5 5 0  
Add  
Triangle  
0 0 1 1 2 0  
Add  
Rectangle  
6 7 6 15 20 15 20 7  
Area  
0  
Area  
1  
Area  
2  
Print_all  
Center  
0  
Center  
1  
Center  
2  
Total_area  
Delete
```



2

Total_area

Delete_all

Print_all

Quit

test_01.test:

Add

Triangle

-5 -5 -4 -4 -3 -5

Add

Square

0 0 1 1 2 1 2 0

Add

Triangle

0 0 1 1 2 0

Add

Rectangle

6 7 6 15 20 15 20 7

Area

0

Area

1

Area

2

Area

3

Print_all

Center

0

Center

1

Center

2

Center

3

Total_area

Delete

0

Total_area

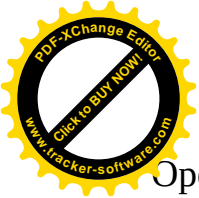
Delete_all

Print_all

Quit

4. Результаты выполнения тестов.

test_00.result:



Operations: Add/ Print/ Area/ Center/ Total_area/ Print_all/ Delete/ Delete_all/ Quit

Figures: Triangle/ Square/ Rectangle

Points: _____

Figures: Triangle/ Square/ Rectangle

Points: _____

Figures: Triangle/ Square/ Rectangle

Points: _____

Index: Square: p1 = (0; 0), p2 = (0; 5), p3 = (5; 5), p4 = (5; 0). Area: 25

Index: Triangle: p1 = (0; 0), p2 = (1; 1), p3 = (2; 0). Area: 1

Index: Rectangle: p1 = (6; 7), p2 = (6; 15), p3 = (20; 15), p4 = (20; 7). Area: 112

0. Square: p1 = (0; 0), p2 = (0; 5), p3 = (5; 5), p4 = (5; 0)

1. Triangle: p1 = (0; 0), p2 = (1; 1), p3 = (2; 0)

2. Rectangle: p1 = (6; 7), p2 = (6; 15), p3 = (20; 15), p4 = (20; 7)

Index: Square: p1 = (0; 0), p2 = (0; 5), p3 = (5; 5), p4 = (5; 0). Center: (2.5; 2.5)

Index: Triangle: p1 = (0; 0), p2 = (1; 1), p3 = (2; 0). Center: (1; 0.333333)

Index: Rectangle: p1 = (6; 7), p2 = (6; 15), p3 = (20; 15), p4 = (20; 7). Center: (13; 11)

Total area: 138

Index: _____

Total area: 26

test_01.result:

Operations: Add/ Print/ Area/ Center/ Total_area/ Print_all/ Delete/ Delete_all/ Quit

Figures: Triangle/ Square/ Rectangle

Points: _____

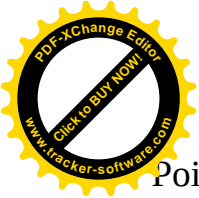
Figures: Triangle/ Square/ Rectangle

Points: The sides of the square should be perpendicular

Figures: Triangle/ Square/ Rectangle

Points: _____

Figures: Triangle/ Square/ Rectangle



Points: _____

Index: Triangle: $p1 = (-5; -5)$, $p2 = (-4; -4)$, $p3 = (-3; -5)$. Area: 1

Index: Triangle: $p1 = (0; 0)$, $p2 = (1; 1)$, $p3 = (2; 0)$. Area: 1

Index: Rectangle: $p1 = (6; 7)$, $p2 = (6; 15)$, $p3 = (20; 15)$, $p4 = (20; 7)$. Area: 112

Index: No object at that index

0. Triangle: $p1 = (-5; -5)$, $p2 = (-4; -4)$, $p3 = (-3; -5)$

1. Triangle: $p1 = (0; 0)$, $p2 = (1; 1)$, $p3 = (2; 0)$

2. Rectangle: $p1 = (6; 7)$, $p2 = (6; 15)$, $p3 = (20; 15)$, $p4 = (20; 7)$

Index: Triangle: $p1 = (-5; -5)$, $p2 = (-4; -4)$, $p3 = (-3; -5)$. Center: $(-4; -4.66667)$

Index: Triangle: $p1 = (0; 0)$, $p2 = (1; 1)$, $p3 = (2; 0)$. Center: $(1; 0.333333)$

Index: Rectangle: $p1 = (6; 7)$, $p2 = (6; 15)$, $p3 = (20; 15)$, $p4 = (20; 7)$. Center: $(13; 11)$

Index: No object at that index

Total area: 114

Index: _____

Total area: 113

5. Объяснение результатов работы программы.

Реализован абстрактный класс Figure, имеющий чисто виртуальные функции для вычисления центра, площади, для ввода/вывода из потоков. В конструкторах классов-наследников Triangle, Square, Rectangle предусмотрены проверки на корректность введенных точек. Также точки передаются в любом порядке. Площадь треугольника высчитывается по формуле Герона ($s = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$), где p — полупериметр). Площадь квадрата высчитывается по формуле ($a * a$). Площадь прямоугольника высчитывается по стандартной формуле ($a * b$). Центр треугольника вычисляется по формуле $(B + \text{mid_of_base} * 2) / 3$, где B — точка, не лежащая на основании, mid_of_base — середина основания. Центры квадрата и прямоугольника вычисляются по одной формуле: $(B + D) / 2$, где B и D — точки, лежащие на одной диагонали.



Для удобства использования создано меню:

- Add FIG_TYPE POINTS — создание новой фигуры типа FIG_TYPE по переданным точкам. Фигура добавляется в конец вектора.
- Print INDEX — вывод фигуры по индексу.
- Area INDEX — вывод площади фигуры по индексу.
- Center INDEX — вывод центра фигуры по индексу.
- Total_area — общая площадь фигур в векторе.
- Print_all — вывод всех фигур в векторе.
- Delete — удаление фигуры по индексу.
- Delete_all — удаление всех фигур.
- Quit — выход.

6. Вывод.

Наследование — принцип ООП, позволяющий благодаря ему создавать иерархические классификации. Используя наследование, можно создать общий класс, который определяет характеристики, присущие множеству связанных элементов.

Полиморфизм — процесс, в котором различные реализации функции могут быть доступны посредством одного и того же имени. В С++ полиморфизм поддерживается как во время выполнения, так и в период компиляции программы. Перегрузка операторов и функций — примеры полиморфизма, относящегося ко времени компиляции. Но несмотря на мощность механизма перегрузки операторов и функций, он не в состоянии решить все задачи. Поэтому в С++ также реализован полиморфизм периода выполнения на основе использования производных классов (класс, который наследует базовый класс) и виртуальных функций (функция, которая объявляется в базовом классе с использованием ключевого слова `virtual` и переопределяется в одном или нескольких производных классах).