ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЕВА»

Институт «Информатики и кибернетики»

Специальность «Фотоника и оптоинформатика 6201-120303D»

Отчет по лабораторной работе № 4

Выполнил: студент Султанова А.М.,
группа 6201-120303D
Проверил: преподаватель Борисов Д.С.

Самара 2025

Задание 1

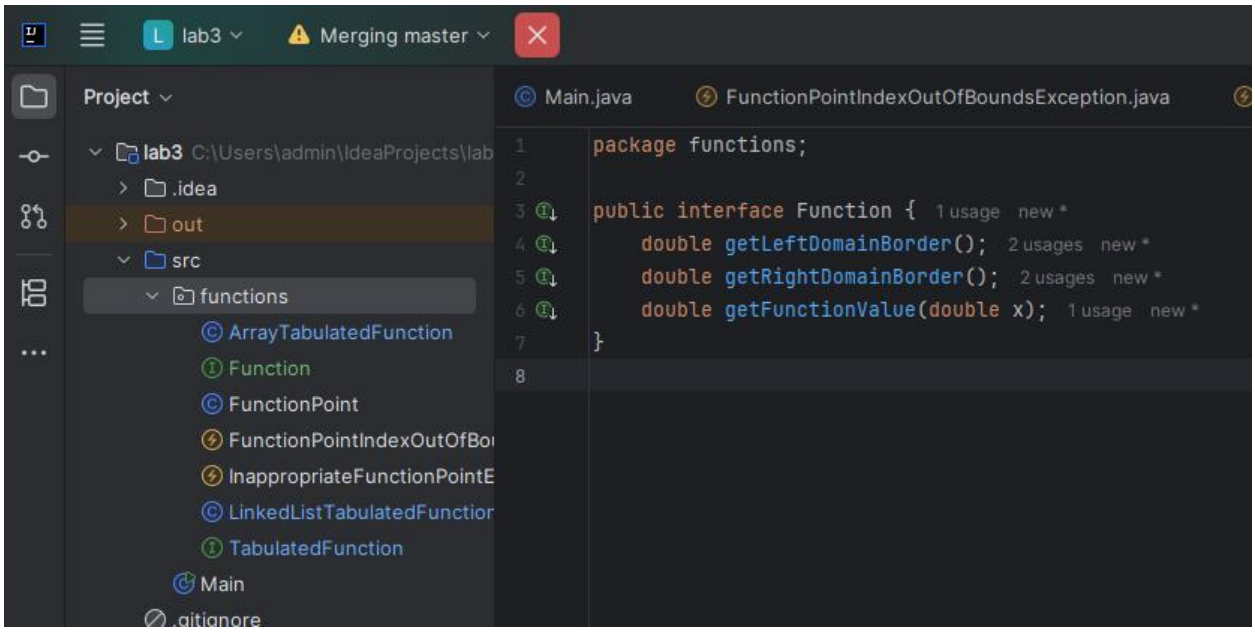
В классах `ArrayTabulatedFunction` и `LinkedListTabulatedFunction` добавляются конструкторы, которые принимают массив объектов `FunctionPoint`, содержащий все точки функции. Если в переданном массиве содержится менее двух точек, либо если значения абсцисс точек не образуют строго возрастающую последовательность, конструкторы генерируют исключение `IllegalArgumentException`.

```
public ArrayTabulatedFunction(FunctionPoint[] points) {  6 usages  new *
    if (points == null) {
        throw new IllegalArgumentException("Массив точек не может быть null");
    }
    if (points.length < 2) {
        throw new IllegalArgumentException("Должно быть не менее двух точек");
    }

    int n = points.length;
    this.points = new FunctionPoint[n];
    this.size = n;

    for (int i = 0; i < n; i++) {
        if (points[i] == null) {
            throw new IllegalArgumentException("Точка не может быть null (index = " + i + ")");
        }

        this.points[i] = new FunctionPoint(points[i]);
        if (i > 0) {
            double prevX = this.points[i - 1].getX();
            double curX = this.points[i].getX();
            if (!(curX > prevX + EPS)) {
                throw new IllegalArgumentException("Массив точек должен быть упорядочен по X (ошибка на индексе " + i + ")");
            }
        }
    }
}
```

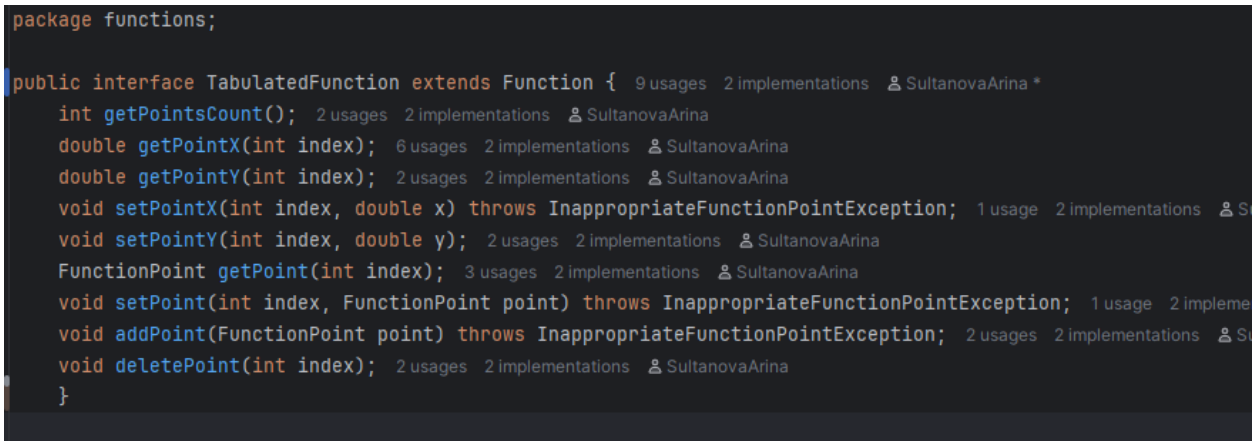
```
public LinkedListTabulatedFunction(FunctionPoint[] points) {  22 usages  new *
    if (points == null) {
        throw new IllegalArgumentException("Массив точек не может быть null");
    }
    if (points.length < 2) {
        throw new IllegalArgumentException("Должно быть не менее двух точек");
    }

    this.head = new FunctionNode( point: null);
    head.next = head;
    head.prev = head;
    this.size = 0;

    for (int i = 0; i < points.length; i++) {
        if (points[i] == null) {
            throw new IllegalArgumentException("Точка не может быть null (index = " + i + ")");
        }
        FunctionPoint copy = new FunctionPoint(points[i]);
        if (i > 0) {
            double prevX = head.prev.point.getX();
            double curX = copy.getX();
            if (!(curX > prevX + EPS)) {
                throw new IllegalArgumentException("Массив точек должен быть упорядочен по X (ошибка на индексе " + i + ")");
            }
        }

        FunctionNode newNode = addNodeToTail();
        newNode.point = copy;
    }
}
```

Задание 2

Создаем новый файл Function.java, описывающий функции одной переменной и содержащий следующие методы:



Добавим наследование в TabulatedFunction.java и исключим эти методы из него



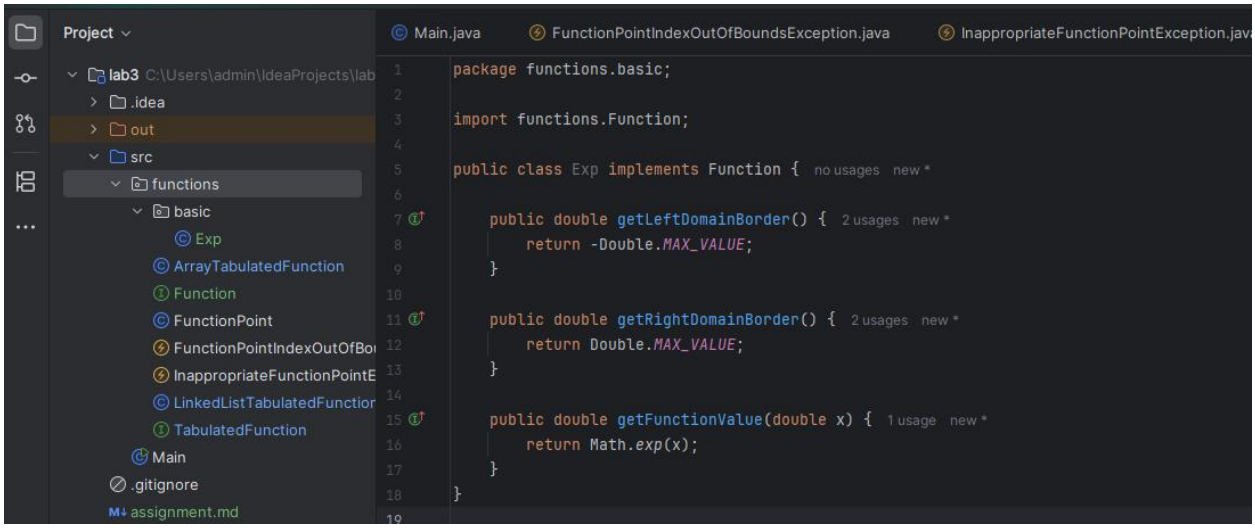
Задание 3

Создаём пакет `functions.basic` , в котором необходимо создать публичный класс `Exp`, который реализует интерфейс `Function` и представляет экспоненциальную функцию.

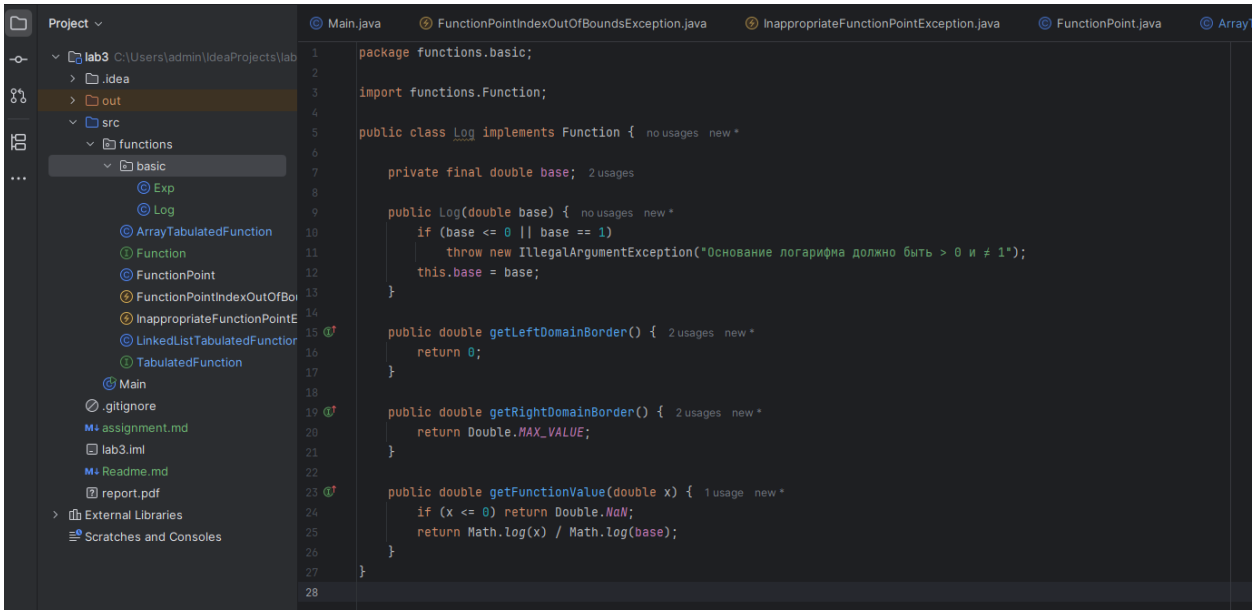
Требования к реализации:

- Вычисление значений функции должно выполняться с помощью метода `Math.exp()`

- Границы области определения следует задавать с использованием констант класса `Double`



В пакете functions.basic создайте класс Log для вычисления логарифмической функции с произвольным основанием.



Создаём класс TrigonometricFunction, реализующий интерфейс Function и описывающий методы получения границ области определения.

```
package functions.basic;

import functions.Function;

public abstract class TrigonometricFunction implements Function {

    public double getLeftDomainBorder() { 2 usages  new *
        return -Double.MAX_VALUE;
    }

    public double getRightDomainBorder() { 2 usages  new *
        return Double.MAX_VALUE;
    }
}
```

Создаём в пакете functions.basic публичные классы Sin, Cos и Tan, которые реализуют тригонометрические функции.

Требования к реализации:

Класс Sin должен вычислять значение синуса с помощью метода Math.sin()

Класс Cos должен вычислять значение косинуса с помощью метода Math.cos()

Класс Tan должен вычислять значение тангенса с помощью метода Math.tan()

```
package functions.basic;

public class Sin extends TrigonometricFunction {  no usages  new *

    public double getFunctionValue(double x) {  1 usage  new *
        return Math.sin(x);
    }
}
```

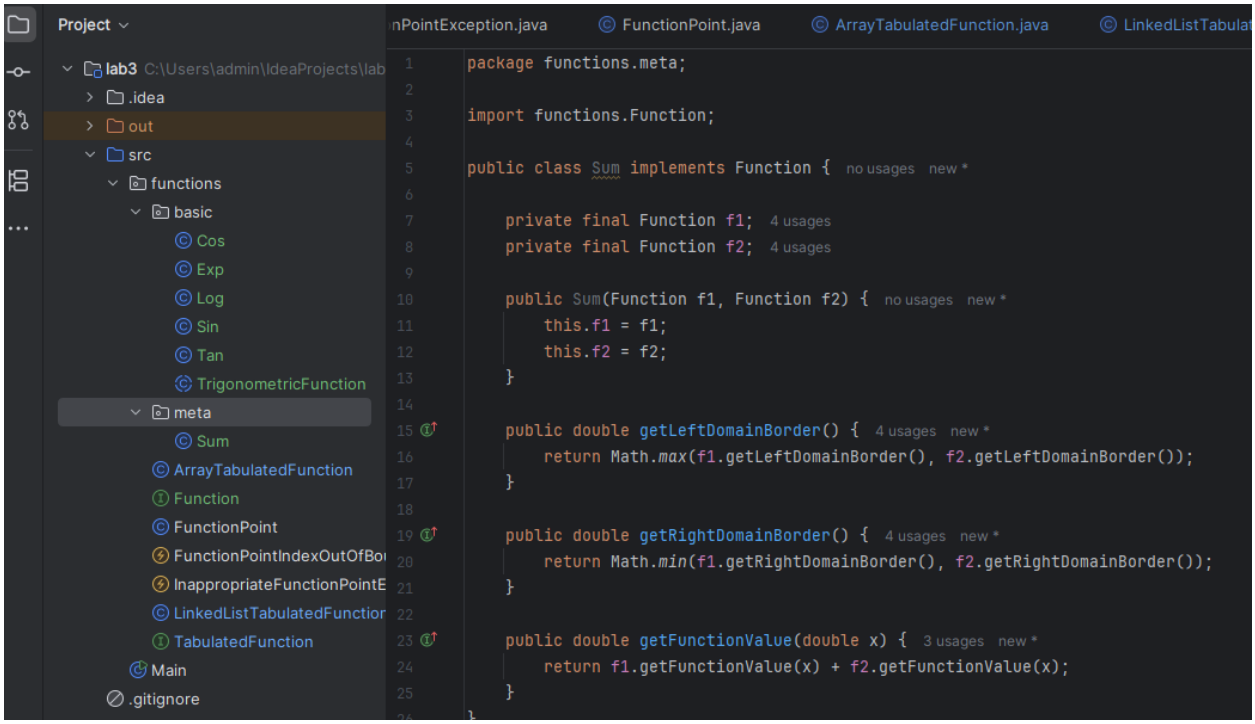
```
package functions.basic;

public class Cos extends TrigonometricFunction {  no usages  new *

    public double getFunctionValue(double x) {  1 usage  new *
        return Math.cos(x);
    }
}
```

```
package functions.basic;

public class Tan extends TrigonometricFunction {  no usages  new *

    public double getFunctionValue(double x) {  1 usage  new *
        return Math.tan(x);
    }
}
```

Задание 4

Создаём пакет meta, в котором создаем класс Sum, который описывает функцию $f(x) = f_1(x) + f_2(x)$.

Область определения — пересечение областей определения двух функций.



Также создаём класс Mult, который описывает функцию $f(x) = f_1(x) * f_2(x)$. Область определения — пересечение областей исходных функций.

Еще класс Power, который описывает функцию $f(x) = (g(x))^n$.

Область определения совпадает с областью исходной функции.

```java
package functions.meta;

import functions.Function;

public class Power implements Function {  no usages  new *

    private Function baseFunction;  4 usages
    private double power;  2 usages

    public Power(Function baseFunction, double power) {  no usages  new *
        this.baseFunction = baseFunction;
        this.power = power;
    }

    public double getLeftDomainBorder() {  7 usages  new *
        return baseFunction.getLeftDomainBorder();
    }

    public double getRightDomainBorder() {  7 usages  new *
        return baseFunction.getRightDomainBorder();
    }

    public double getFunctionValue(double x) {  new *
        return Math.pow(baseFunction.getFunctionValue(x), power);
    }
}
```

Далее класс Scale, он Описывает функцию: f(x) = ky * g(x / kx).
Область определения — область исходной функции, растянутая по x на kx.

```java
package functions.meta;

import functions.Function;

public class Scale implements Function {  no usages  new *

    private Function f;  4 usages
    private double kx;  4 usages
    private double ky;  2 usages

    public Scale(Function f, double kx, double ky) {  no usages
        this.f = f;
        this.kx = kx;
        this.ky = ky;
    }

    public double getLeftDomainBorder() {  8 usages  new *
        return f.getLeftDomainBorder() * kx;
    }

    public double getRightDomainBorder() {  8 usages  new *
        return f.getRightDomainBorder() * kx;
    }

    public double getFunctionValue(double x) {  new *
        return ky * f.getFunctionValue( x: x / kx);
    }
}
```

Потом класс Shift, который описывает функцию: f(x) = g(x – dx) + dy.

Область определения — исходная область, сдвинутая вдоль оси x.

```java
package functions.meta;

import functions.Function;

public class Shift implements Function {  no usages  new *

    private Function f;  4 usages
    private double dx;  4 usages
    private double dy;  2 usages

    public Shift(Function f, double dx, double dy) {  no
        this.f = f;
        this.dx = dx;
        this.dy = dy;
    }

    public double getLeftDomainBorder() {  new *
        return f.getLeftDomainBorder() + dx;
    }

    public double getRightDomainBorder() {  new *
        return f.getRightDomainBorder() + dx;
    }

    public double getFunctionValue(double x) {  new *
        return f.getFunctionValue( x: x - dx) + dy;
    }
}
```

Далее класс Composition, это Композиция: $f(x) = f_1(f_2(x))$.
Область определения функции можно считать совпадающей с областью определения исходной функции f_2

```java
package functions.meta;

import functions.Function;

public class Composition implements Function {  no usages  new *

    private Function outer;  2 usages
    private Function inner;  4 usages

    public Composition(Function outer, Function inner) {  no usages  new *
        this.outer = outer;
        this.inner = inner;
    }

    public double getLeftDomainBorder() {  new *
        return inner.getLeftDomainBorder();
    }

    public double getRightDomainBorder() {  new *
        return inner.getRightDomainBorder();
    }

    public double getFunctionValue(double x) {  new *
        return outer.getFunctionValue(inner.getFunctionValue(x));
    }
}
```

Задание 5

Создаём класс Functions в пакете functions.

Класс Functions — утилитарный класс с статическими методами, которые создают новые объекты функций на основе существующих.

Приватный конструктор предотвращает создание экземпляров.

Методы делегируют работу соответствующим классам из functions.meta.

public static Function shift(Function f, double shiftX, double shiftY) – возвращает объект функции, полученной из исходной сдвигом вдоль осей;

public static Function scale(Function f, double scaleX, double scaleY) – возвращает объект функции, полученной из исходной масштабированием вдоль осей;

public static Function power(Function f, double power) – возвращает объект функции, являющейся заданной степенью исходной;

public static Function sum(Function f1, Function f2) – возвращает объект функции, являющейся суммой двух исходных;

public static Function mult(Function f1, Function f2) – возвращает объект функции, являющейся произведением двух исходных;

public static Function composition(Function f1, Function f2) – возвращает объект функции, являющейся композицией двух исходных.

```java
package functions;

import functions.meta.*;

public class Functions {  no usages  new *

    private Functions() {}  no usages  new *

    public static Function shift(Function f, double shiftX, double shiftY) {  no usages
        return new Shift(f, shiftX, shiftY);
    }

    public static Function scale(Function f, double scaleX, double scaleY) {  no usages
        return new Scale(f, scaleX, scaleY);
    }

    public static Function power(Function f, double power) {  no usages  new *
        return new Power(f, power);
    }

    public static Function sum(Function f1, Function f2) {  no usages  new *
        return new Sum(f1, f2);
    }

    public static Function mult(Function f1, Function f2) {  no usages  new *
        return new Mult(f1, f2);
    }

    public static Function composition(Function f1, Function f2) {  no usages  new *
        return new Composition(f1, f2);
    }
}
```

Задание 6

Создаём класс TabulatedFunctions в пакете functions.

TabulatedFunctions — утилитарный класс с статическими методами для работы с табулированными функциями. Приватный конструктор предотвращает создание экземпляров. Метод tabulate создаёт линейно интерполированную табулированную функцию по заданной функции и отрезку. Метод проверяет корректность границ и минимальное количество точек. Если указанные границы для табулирования выходят за область определения функции, метод выбрасывает исключение IllegalArgumentException.

```
package functions;

public class TabulatedFunctions {  no usages  new *
    public static TabulatedFunction tabulate(Function function, double leftX, double rightX, int pointsCount) {  no usages  ne
        if (leftX < function.getLeftDomainBorder() || rightX > function.getRightDomainBorder()) {
            throw new IllegalArgumentException("Границы табулирования выходят за область определения функции");
        }
        if (pointsCount < 2) {
            throw new IllegalArgumentException("Количество точек должно быть не меньше двух");
        }

        double step = (rightX - leftX) / (pointsCount - 1);
        double[] yValues = new double[pointsCount];

        for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
            double x = leftX + i * step;
            yValues[i] = function.getFunctionValue(x);
        }

        return new ArrayTabulatedFunction(leftX, rightX, yValues);
    }

}
```

Задание 7

Создаём метод outputTabulatedFunction(): Сохраняет табулированную функцию в байтовый поток. Сначала записывает количество точек, затем поочередно координаты x и y каждой точки. Использует DataOutputStream. Поток не закрывается внутри метода.

```
public static void outputTabulatedFunction(TabulatedFunction function, OutputStream out) throws IOException {
    DataOutputStream dos = new DataOutputStream(out);
    int pointsCount = function.getPointsCount();
    dos.writeInt(pointsCount);
    for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
        dos.writeDouble(function.getPointX(i));
        dos.writeDouble(function.getPointY(i));
    }
    dos.flush();
}
```

Метод inputTabulatedFunction(): Читает табулированную функцию из байтового потока. Считывает количество точек, затем координаты x и y. Создаёт объект TabulatedFunction на основе считанных данных. Использует DataInputStream. Поток не закрывается. Исключение IOException пробрасывается наружу.

```
public static TabulatedFunction inputTabulatedFunction(InputStream in) throws IOException {
    DataInputStream dis = new DataInputStream(in);
    int pointsCount = dis.readInt();
    double[] yValues = new double[pointsCount];
    double leftX = dis.readDouble();
    double rightX = leftX; // будем пересчитывать rightX
    yValues[0] = dis.readDouble();
    for (int i = 1; i < pointsCount; i++) {
        double x = dis.readDouble();
        yValues[i] = dis.readDouble();
        rightX = x;
    }
    return new ArrayTabulatedFunction(leftX, rightX, yValues);
}
```

Метод writeTabulatedFunction(): Записывает табулированную функцию в символьный поток. Выводит данные через пробел: сначала количество точек, затем x и y каждой точки. Использует BufferedWriter. Удобно для визуального просмотра человеком. Поток не закрывается.

```
public static void writeTabulatedFunction(TabulatedFunction function, Writer out) throws IOException {
    BufferedWriter bw = new BufferedWriter(out);
    int pointsCount = function.getPointsCount();
    bw.write(String.valueOf(pointsCount));
    bw.write( str: " ");
    for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
        bw.write( str: function.getPointX(i) + " " + function.getPointY(i) + " ");
    }
    bw.newLine();
    bw.flush();
}
```

Метод readTabulatedFunction(): Считывает табулированную функцию из символьного потока. Использует StreamTokenizer для поочерёдного чтения чисел. Создаёт объект TabulatedFunction по считанным данным.: Поток не закрывается. Предполагается, что данные корректные.

```java
public static TabulatedFunction readTabulatedFunction(Reader in) throws IOException {  no usages  new *
    StreamTokenizer st = new StreamTokenizer(in);
    st.nextToken();
    int pointsCount = (int) st.nval;
    double[] xValues = new double[pointsCount];
    double[] yValues = new double[pointsCount];
    for (int i = 0; i < pointsCount; i++) {
        st.nextToken();
        xValues[i] = st.nval;
        st.nextToken();
        yValues[i] = st.nval;
    }
    return new ArrayTabulatedFunction(xValues[0], xValues[pointsCount - 1], yValues);
}
```

IOException:

Методы (outputTabulatedFunction, inputTabulatedFunction, writeTabulatedFunction, readTabulatedFunction) не перехватывают IOException, а пробрасывают наружу. Это позволяет вызывающему коду решать, как обработать ошибку, и делает методы более гибкими.

Закрытие потоков:

Потоки не закрываются внутри методов, так как они создаются и управляются вызывающим кодом. Закрытие выполняется там, где поток был открыт, чтобы не нарушать управление ресурсами.

Вывод: Методы только обрабатывают данные, исключения пробрасываются наружу, а потоки остаются под контролем вызывающего кода.

Задание 8

Проверка написанных классов:

Аналитические функции:

Созданы объекты Sin и Cos. Выведены значения функций на отрезке [0, π] с шагом 0,1.

Табулированные функции:

С помощью TabulatedFunctions.tabulate() созданы табулированные аналоги Sin и Cos с 10 точками. Значения на том же отрезке сравнивались с аналитическими.

Сумма квадратов:

С использованием класса Functions создан объект функции, являющейся суммой квадратов табулированных функций. Вывод значений показал приближение к 1, точность зависит от количества точек.

Экспонента:

Создан табулированный аналог Exp на [0,10] с 11 точками. Сохранён в текстовый файл и считан обратно. Значения считанной функции совпали с исходной.

Натуральный логарифм:

Создан табулированный аналог Log на [0,10] с 11 точками. Сохранён в бинарный файл и считан обратно. Значения совпали с исходной функцией.

```java
import functions.*;
import functions.basic.*;
import java.io.*;

public class Main {  SultanovaArina *
    public static void main(String[] args) {  SultanovaArina *
        System.out.println("Проверка работы функций \n");

        // Шаг 1: Создаем объекты Sin и Cos
        Function sin = new Sin();
        Function cos = new Cos();

        System.out.println("Значения аналитических функций Sin и Cos на [0, π] с шагом 0.1:");
        for (double x = 0; x <= Math.PI; x += 0.1) {
            System.out.printf("x=%.2f sin=%.4f cos=%.4f%n", x, sin.getFunctionValue(x), cos.getFunctionValue(x));
        }

        // Шаг 2: Табулируем функции
        TabulatedFunction sinTab = TabulatedFunctions.tabulate(sin,  leftX: 0, Math.PI,  pointsCount: 10);
        TabulatedFunction cosTab = TabulatedFunctions.tabulate(cos,  leftX: 0, Math.PI,  pointsCount: 10);

        System.out.println("\nЗначения табулированных функций Sin и Cos на [0, π] с шагом 0.1:");
        for (double x = 0; x <= Math.PI; x += 0.1) {
            double ySin = sinTab.getFunctionValue(x);
            double yCos = cosTab.getFunctionValue(x);
            System.out.printf("x=%.2f sinTab=%.4f cosTab=%.4f%n", x, ySin, yCos);
        }

        // Шаг 3: Сумма квадратов табулированных функций
        Function sumSquares = Functions.sum(
                Functions.power(sinTab,  power: 2),
                Functions.power(cosTab,  power: 2)
        );

        System.out.println("\nЗначения суммы квадратов табулированных функций на [0, π] с шагом 0.1:");
        for (double x = 0; x <= Math.PI; x += 0.1) {
            System.out.printf("x=%.2f sumSquares=%.4f%n", x, sumSquares.getFunctionValue(x));
        }

        // Шаг 4: Табулируем экспоненту, записываем и читаем из файла
        try {
            Function exp = new Exp();
            TabulatedFunction expTab = TabulatedFunctions.tabulate(exp,  leftX: 0,  rightX: 10,  pointsCount: 11);

            // Запись в файл
            FileWriter fw = new FileWriter( fileName: "exp_func.txt");
            TabulatedFunctions.writeTabulatedFunction(expTab, fw);
            fw.close();

            // Чтение из файла
            FileReader fr = new FileReader( fileName: "exp_func.txt");
            TabulatedFunction expTabRead = TabulatedFunctions.readTabulatedFunction(fr);
            fr.close();

            System.out.println("\nСравнение исходной и считанной табулированной экспоненты:");
            for (int i = 0; i <= 10; i++) {
                double x = i;
```

```
            for (int i = 0; i <= 10; i++) {
                double x = i;
                System.out.printf("x=%.2f exp=%.4f expRead=%.4f%n",
                        x, expTab.getFunctionValue(x), expTabRead.getFunctionValue(x));
            }
        } catch (IOException e) {
            System.out.println("Ошибка работы с файлом экспоненты: " + e.getMessage());
        }

        // Шаг 5: Табулируем натуральный логарифм, записываем и читаем из файла
        try {
            Function log = new Log(Math.E);
            TabulatedFunction logTab = TabulatedFunctions.tabulate(log, leftX: 0.1, rightX: 10, pointsCount: 11); // левый > 0

            // Запись в файл (байтовый поток)
            FileOutputStream fos = new FileOutputStream( name: "log_func.bin");
            TabulatedFunctions.outputTabulatedFunction(logTab, fos);
            fos.close();

            // Чтение из файла
            FileInputStream fis = new FileInputStream( name: "log_func.bin");
            TabulatedFunction logTabRead = TabulatedFunctions.inputTabulatedFunction(fis);
            fis.close();

            System.out.println("\nСравнение исходного и считанного табулированного логарифма:");
            for (int i = 0; i < logTab.getPointsCount(); i++) {
                double x = logTab.getPointX(i);
                System.out.printf("x=%.2f log=%.4f logRead=%.4f%n",
                        x, logTab.getFunctionValue(x), logTabRead.getFunctionValue(x));
            }
        } catch (IOException e) {
            System.out.println("Ошибка работы с файлом логарифма: " + e.getMessage());
        }


    }
}

```

```
"C:\Program Files\Java\jdk-24\bin\java.exe" "-javaagent:D:\java\Inte
Проверка работы функций

Значения аналитических функций Sin и Cos на [0, π] с шагом 0.1:
x=0,00 sin=0,0000 cos=1,0000
x=0,10 sin=0,0998 cos=0,9950
x=0,20 sin=0,1987 cos=0,9801
x=0,30 sin=0,2955 cos=0,9553
x=0,40 sin=0,3894 cos=0,9211
x=0,50 sin=0,4794 cos=0,8776
x=0,60 sin=0,5646 cos=0,8253
x=0,70 sin=0,6442 cos=0,7648
x=0,80 sin=0,7174 cos=0,6967
x=0,90 sin=0,7833 cos=0,6216
x=1,00 sin=0,8415 cos=0,5403
x=1,10 sin=0,8912 cos=0,4536
x=1,20 sin=0,9320 cos=0,3624
x=1,30 sin=0,9636 cos=0,2675
x=1,40 sin=0,9854 cos=0,1700
x=1,50 sin=0,9975 cos=0,0707
x=1,60 sin=0,9996 cos=-0,0292
x=1,70 sin=0,9917 cos=-0,1288
x=1,80 sin=0,9738 cos=-0,2272
x=1,90 sin=0,9463 cos=-0,3233
x=2,00 sin=0,9093 cos=-0,4161
x=2,10 sin=0,8632 cos=-0,5048
x=2,20 sin=0,8085 cos=-0,5885
x=2,30 sin=0,7457 cos=-0,6663
x=2,40 sin=0,6755 cos=-0,7374
x=2,50 sin=0,5985 cos=-0,8011
x=2,60 sin=0,5155 cos=-0,8569
x=2,70 sin=0,4274 cos=-0,9041
x=2,80 sin=0,3350 cos=-0,9422
x=2,90 sin=0,2392 cos=-0,9710
x=3,00 sin=0,1411 cos=-0,9900
x=3,10 sin=0,0416 cos=-0,9991
```

```
Значения табулированных функций Sin и Cos на [0, π] с шагом 0.1:
x=0,00 sinTab=0,0000 cosTab=1,0000
x=0,10 sinTab=0,0980 cosTab=0,9827
x=0,20 sinTab=0,1960 cosTab=0,9654
x=0,30 sinTab=0,2939 cosTab=0,9482
x=0,40 sinTab=0,3859 cosTab=0,9144
x=0,50 sinTab=0,4721 cosTab=0,8646
x=0,60 sinTab=0,5582 cosTab=0,8149
x=0,70 sinTab=0,6440 cosTab=0,7646
x=0,80 sinTab=0,7079 cosTab=0,6884
x=0,90 sinTab=0,7719 cosTab=0,6122
x=1,00 sinTab=0,8358 cosTab=0,5360
x=1,10 sinTab=0,8840 cosTab=0,4506
x=1,20 sinTab=0,9180 cosTab=0,3571
x=1,30 sinTab=0,9521 cosTab=0,2636
x=1,40 sinTab=0,9848 cosTab=0,1699
x=1,50 sinTab=0,9848 cosTab=0,0704
x=1,60 sinTab=0,9848 cosTab=-0,0291
x=1,70 sinTab=0,9848 cosTab=-0,1285
x=1,80 sinTab=0,9662 cosTab=-0,2248
x=1,90 sinTab=0,9322 cosTab=-0,3183
x=2,00 sinTab=0,8981 cosTab=-0,4117
x=2,10 sinTab=0,8624 cosTab=-0,5043
x=2,20 sinTab=0,7985 cosTab=-0,5805
x=2,30 sinTab=0,7345 cosTab=-0,6567
x=2,40 sinTab=0,6706 cosTab=-0,7329
x=2,50 sinTab=0,5941 cosTab=-0,7942
x=2,60 sinTab=0,5079 cosTab=-0,8439
x=2,70 sinTab=0,4217 cosTab=-0,8937
x=2,80 sinTab=0,3347 cosTab=-0,9410
x=2,90 sinTab=0,2367 cosTab=-0,9583
x=3,00 sinTab=0,1387 cosTab=-0,9755
x=3,10 sinTab=0,0408 cosTab=-0,9928
```

```
Значения суммы квадратов табулированных функций на [0, π] с шагом 0.1:
x=0,00 sumSquares=1,0000
x=0,10 sumSquares=0,9753
x=0,20 sumSquares=0,9705
x=0,30 sumSquares=0,9854
x=0,40 sumSquares=0,9850
x=0,50 sumSquares=0,9704
x=0,60 sumSquares=0,9756
x=0,70 sumSquares=0,9994
x=0,80 sumSquares=0,9751
x=0,90 sumSquares=0,9706
x=1,00 sumSquares=0,9859
x=1,10 sumSquares=0,9845
x=1,20 sumSquares=0,9703
x=1,30 sumSquares=0,9759
x=1,40 sumSquares=0,9987
x=1,50 sumSquares=0,9748
x=1,60 sumSquares=0,9707
x=1,70 sumSquares=0,9864
x=1,80 sumSquares=0,9841
x=1,90 sumSquares=0,9702
x=2,00 sumSquares=0,9762
x=2,10 sumSquares=0,9981
x=2,20 sumSquares=0,9745
x=2,30 sumSquares=0,9708
x=2,40 sumSquares=0,9869
x=2,50 sumSquares=0,9836
x=2,60 sumSquares=0,9702
x=2,70 sumSquares=0,9765
x=2,80 sumSquares=0,9975
x=2,90 sumSquares=0,9743
x=3,00 sumSquares=0,9709
x=3,10 sumSquares=0,9873

Сравнение исходной и считанной табулированной экспоненты:
x=0,00 exp=1,0000 expRead=1,0000
x=1,00 exp=2,7183 expRead=2,7183
x=2,00 exp=7,3891 expRead=7,3891
x=3,00 exp=20,0855 expRead=20,0855
x=4,00 exp=54,5982 expRead=54,5982
x=5,00 exp=148,4132 expRead=148,4132
x=6,00 exp=403,4288 expRead=403,4288
x=7,00 exp=1096,6332 expRead=1096,6332
x=8,00 exp=2980,9580 expRead=2980,9580
x=9,00 exp=8103,0839 expRead=8103,0839
x=10,00 exp=22026,4658 expRead=22026,4658
```

```
Сравнение исходного и считанного табулированного логарифма:
x=0,10 log=-2,3026 logRead=-2,3026
x=1,09 log=0,0862 logRead=0,0862
x=2,08 log=0,7324 logRead=0,7324
x=3,07 log=1,1217 logRead=1,1217
x=4,06 log=1,4012 logRead=1,4012
x=5,05 log=1,6194 logRead=1,6194
x=6,04 log=1,7984 logRead=1,7984
x=7,03 log=1,9502 logRead=1,9502
x=8,02 log=2,0819 logRead=2,0819
x=9,01 log=2,1983 logRead=2,1983
x=10,00 log=2,3026 logRead=2,3026
```

Анализ форматов хранения табулированных функций:

Символьный (текстовый) формат: Плюсы:

Файл читаемый человеком, легко проверять и редактировать.

Можно открывать в любом текстовом редакторе.

Минусы:

Занимает больше места, чем бинарный.

Чтение и запись медленнее, чем в бинарном формате.

Возможны ошибки при парсинге при некорректных данных.

Байтовой (binary) формат:

Плюсы:

Компактное хранение данных, меньше размер файла.

Быстрое чтение и запись, удобно для больших таблиц.

Не требует парсинга текста, меньше вероятность ошибок формата.

Минусы:

Файл нечитаемый человеком без специальных средств.

Любые изменения требуют десериализации и повторной записи.

Вывод: Для чтения человеком и небольших функций удобен текстовый формат.

Для эффективного хранения больших таблиц предпочтителен бинарный формат.

Задание 9

Сделаем так, чтобы объекты всех классов, реализующих интерфейс TabulatedFunction, были сериализуемыми.

с использованием интерфейса java.io.Serializable

с использованием интерфейса java.io.Externalizable

```java
import functions.*;
import functions.basic.*;
import functions.meta.*;

import java.io.*;

public class Main {  SultanovaArina *
    public static void main(String[] args) {  SultanovaArina *
        System.out.println("=== Проверка аналитических функций ===");
        checkAnalyticalFunctions();

        System.out.println("\n=== Табулированные функции и сравнение с исходными ===");
        checkTabulatedFunctions();

        System.out.println("\n=== Проверка сериализации (Serializable и Externalizable) ===");
        checkSerialization();
    }

    // --- Задание 8: аналитические функции Sin и Cos ---
    public static void checkAnalyticalFunctions() {  1 usage  new *
        Function sin = new Sin();
        Function cos = new Cos();

        System.out.println("\nСинус:");
        for (double x = 0; x <= Math.PI; x += 0.1) {
            System.out.printf("sin(%.2f) = %.4f%n", x, sin.getFunctionValue(x));
        }

        System.out.println("\nКосинус:");
        for (double x = 0; x <= Math.PI; x += 0.1) {
            System.out.printf("cos(%.2f) = %.4f%n", x, cos.getFunctionValue(x));
        }
    }

    // --- Задание 8: табулирование и сравнение ---
    public static void checkTabulatedFunctions() {  1 usage  SultanovaArina *
        Function sin = new Sin();
        Function cos = new Cos();

        TabulatedFunction tabSin = TabulatedFunctions.tabulate(sin,  leftX: 0, Math.PI,  pointsCount: 10);
        TabulatedFunction tabCos = TabulatedFunctions.tabulate(cos,  leftX: 0, Math.PI,  pointsCount: 10);

        // Сумма квадратов табулированных функций
        Function sumSquares = Functions.sum(
                Functions.power(tabSin,  power: 2),
                Functions.power(tabCos,  power: 2)
        );

        System.out.println("\nСравнение исходных и табулированных значений на [0, PI]:");
        for (double x = 0; x <= Math.PI; x += 0.1) {
            double f = sumSquares.getFunctionValue(x);
            System.out.printf("x=%.2f, sin^2+cos^2=%.4f%n", x, f);
        }

        // Табулирование экспоненты и логарифма
        TabulatedFunction tabExp = TabulatedFunctions.tabulate(new Exp(),  leftX: 0,  rightX: 10,  pointsCount: 11);
```

```java
        TabulatedFunction tabExp = TabulatedFunctions.tabulate(new Exp(), leftX: 0, rightX: 10, pointsCount: 11);
        TabulatedFunction tabLog = TabulatedFunctions.tabulate(new Log(Math.E), leftX: 0, rightX: 10, pointsCount: 11);

        // Сохранение и чтение текстового файла (экспонента)
        try (FileWriter writer = new FileWriter( fileName: "exp_tab.txt")) {
            TabulatedFunctions.writeTabulatedFunction(tabExp, writer);
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }

        try (FileReader reader = new FileReader( fileName: "exp_tab.txt")) {
            TabulatedFunction readExp = TabulatedFunctions.readTabulatedFunction(reader);
            System.out.println("\nСравнение исходной и считанной табулированной экспоненты:");
            for (double x = 0; x <= 10; x += 1) {
                System.out.printf("x=%.1f, original=%.4f, read=%.4f%n",
                        x, tabExp.getFunctionValue(x), readExp.getFunctionValue(x));
            }
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }

        // Сохранение и чтение бинарного файла (логарифм)
        try (FileOutputStream out = new FileOutputStream( name: "log_tab.bin")) {
            TabulatedFunctions.outputTabulatedFunction(tabLog, out);
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }

        try (FileInputStream in = new FileInputStream( name: "log_tab.bin")) {
            TabulatedFunction readLog = TabulatedFunctions.inputTabulatedFunction(in);
            System.out.println("\nСравнение исходного и считанного табулированного логарифма:");
            for (double x = 0; x <= 10; x += 1) {
                System.out.printf("x=%.1f, original=%.4f, read=%.4f%n",
                        x, tabLog.getFunctionValue(x), readLog.getFunctionValue(x));
            }
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }

    // --- Задание 9: сериализация Serializable и Externalizable ---
    public static void checkSerialization() {  1 usage   SultanovaArina *
        try {
            // Создаем композицию Log(Exp(x))
            Function log = new Log(Math.E);
            Function exp = new Exp();
            TabulatedFunction tabFunc = TabulatedFunctions.tabulate(
                    new Composition(log, exp), leftX: 0, rightX: 10, pointsCount: 11
            );

            // --- Serializable ---
            ObjectOutputStream outSer = new ObjectOutputStream(new FileOutputStream( name: "func_ser.dat"));
```

```
            // --- Serializable ---
            ObjectOutputStream outSer = new ObjectOutputStream(new FileOutputStream( name: "func_ser.dat"));
            outSer.writeObject(tabFunc);
            outSer.close();

            ObjectInputStream inSer = new ObjectInputStream(new FileInputStream( name: "func_ser.dat"));
            TabulatedFunction readSer = (TabulatedFunction) inSer.readObject();
            inSer.close();

            System.out.println("\nСравнение исходной и десериализованной (Serializable) функции:");
            for (double x = 0; x <= 10; x += 1) {
                System.out.printf("x=%.1f, original=%.4f, read=%.4f%n",
                        x, tabFunc.getFunctionValue(x), readSer.getFunctionValue(x));
            }

            // --- Externalizable ---
            ObjectOutputStream outExt = new ObjectOutputStream(new FileOutputStream( name: "func_ext.dat"));
            outExt.writeObject(tabFunc);
            outExt.close();

            ObjectInputStream inExt = new ObjectInputStream(new FileInputStream( name: "func_ext.dat"));
            TabulatedFunction readExt = (TabulatedFunction) inExt.readObject();
            inExt.close();

            System.out.println("\nСравнение исходной и десериализованной (Externalizable) функции:");
            for (double x = 0; x <= 10; x += 1) {
                System.out.printf("x=%.1f, original=%.4f, read=%.4f%n",
                        x, tabFunc.getFunctionValue(x), readExt.getFunctionValue(x));
            }

        } catch (IOException | ClassNotFoundException e) {
            e.printStackTrace();
        }
    }
```

```
"C:\Program Files\Java\jdk-24\bin\jav
=== Проверка аналитических функций ==

Синус:
sin(0,00) = 0,0000
sin(0,10) = 0,0998
sin(0,20) = 0,1987
sin(0,30) = 0,2955
sin(0,40) = 0,3894
sin(0,50) = 0,4794
sin(0,60) = 0,5646
sin(0,70) = 0,6442
sin(0,80) = 0,7174
sin(0,90) = 0,7833
sin(1,00) = 0,8415
sin(1,10) = 0,8912
sin(1,20) = 0,9320
sin(1,30) = 0,9636
sin(1,40) = 0,9854
sin(1,50) = 0,9975
sin(1,60) = 0,9996
sin(1,70) = 0,9917
sin(1,80) = 0,9738
sin(1,90) = 0,9463
sin(2,00) = 0,9093
sin(2,10) = 0,8632
sin(2,20) = 0,8085
sin(2,30) = 0,7457
sin(2,40) = 0,6755
sin(2,50) = 0,5985
sin(2,60) = 0,5155
sin(2,70) = 0,4274
sin(2,80) = 0,3350
sin(2,90) = 0,2392
sin(3,00) = 0,1411
sin(3,10) = 0,0416
```

```
Косинус:
cos(0,00) = 1,0000
cos(0,10) = 0,9950
cos(0,20) = 0,9801
cos(0,30) = 0,9553
cos(0,40) = 0,9211
cos(0,50) = 0,8776
cos(0,60) = 0,8253
cos(0,70) = 0,7648
cos(0,80) = 0,6967
cos(0,90) = 0,6216
cos(1,00) = 0,5403
cos(1,10) = 0,4536
cos(1,20) = 0,3624
cos(1,30) = 0,2675
cos(1,40) = 0,1700
cos(1,50) = 0,0707
cos(1,60) = -0,0292
cos(1,70) = -0,1288
cos(1,80) = -0,2272
cos(1,90) = -0,3233
cos(2,00) = -0,4161
cos(2,10) = -0,5048
cos(2,20) = -0,5885
cos(2,30) = -0,6663
cos(2,40) = -0,7374
cos(2,50) = -0,8011
cos(2,60) = -0,8569
cos(2,70) = -0,9041
cos(2,80) = -0,9422
cos(2,90) = -0,9710
cos(3,00) = -0,9900
cos(3,10) = -0,9991
```

```
=== Табулированные функции и сравнение с исходными ===

Сравнение исходных и табулированных значений на [0, PI]:
x=0,00, sin^2+cos^2=1,0000
x=0,10, sin^2+cos^2=0,9753
x=0,20, sin^2+cos^2=0,9705
x=0,30, sin^2+cos^2=0,9854
x=0,40, sin^2+cos^2=0,9850
x=0,50, sin^2+cos^2=0,9704
x=0,60, sin^2+cos^2=0,9756
x=0,70, sin^2+cos^2=0,9994
x=0,80, sin^2+cos^2=0,9751
x=0,90, sin^2+cos^2=0,9706
x=1,00, sin^2+cos^2=0,9859
x=1,10, sin^2+cos^2=0,9845
x=1,20, sin^2+cos^2=0,9703
x=1,30, sin^2+cos^2=0,9759
x=1,40, sin^2+cos^2=0,9987
x=1,50, sin^2+cos^2=0,9748
x=1,60, sin^2+cos^2=0,9707
x=1,70, sin^2+cos^2=0,9864
x=1,80, sin^2+cos^2=0,9841
x=1,90, sin^2+cos^2=0,9702
x=2,00, sin^2+cos^2=0,9762
x=2,10, sin^2+cos^2=0,9981
x=2,20, sin^2+cos^2=0,9745
x=2,30, sin^2+cos^2=0,9708
x=2,40, sin^2+cos^2=0,9869
x=2,50, sin^2+cos^2=0,9836
x=2,60, sin^2+cos^2=0,9702
x=2,70, sin^2+cos^2=0,9765
x=2,80, sin^2+cos^2=0,9975
x=2,90, sin^2+cos^2=0,9743
x=3,00, sin^2+cos^2=0,9709
x=3,10, sin^2+cos^2=0,9873
```

```
Сравнение исходной и считанной табулированной экспоненты:
x=0,0, original=1,0000, read=1,0000
x=1,0, original=2,7183, read=2,7183
x=2,0, original=7,3891, read=7,3891
x=3,0, original=20,0855, read=20,0855
x=4,0, original=54,5982, read=54,5982
x=5,0, original=148,4132, read=148,4132
x=6,0, original=403,4288, read=403,4288
x=7,0, original=1096,6332, read=1096,6332
x=8,0, original=2980,9580, read=2980,9580
x=9,0, original=8103,0839, read=8103,0839
x=10,0, original=22026,4658, read=22026,4658

Сравнение исходного и считанного табулированного логарифма:
x=0,0, original=NaN, read=NaN
x=1,0, original=0,0000, read=0,0000
x=2,0, original=0,6931, read=0,6931
x=3,0, original=1,0986, read=1,0986
x=4,0, original=1,3863, read=1,3863
x=5,0, original=1,6094, read=1,6094
x=6,0, original=1,7918, read=1,7918
x=7,0, original=1,9459, read=1,9459
x=8,0, original=2,0794, read=2,0794
x=9,0, original=2,1972, read=2,1972
x=10,0, original=2,3026, read=2,3026

=== Проверка сериализации (Serializable и Externalizable) ===

Сравнение исходной и десериализованной (Serializable) функции:
x=0,0, original=0,0000, read=0,0000
x=1,0, original=1,0000, read=1,0000
x=2,0, original=2,0000, read=2,0000
x=3,0, original=3,0000, read=3,0000
x=4,0, original=4,0000, read=4,0000
x=5,0, original=5,0000, read=5,0000
x=6,0, original=6,0000, read=6,0000
x=7,0, original=7,0000, read=7,0000
x=8,0, original=8,0000, read=8,0000
x=9,0, original=9,0000, read=9,0000
x=10,0, original=10,0000, read=10,0000
```

```
Сравнение исходной и десериализованной (Externalizable) функции:
x=0,0, original=0,0000, read=0,0000
x=1,0, original=1,0000, read=1,0000
x=2,0, original=2,0000, read=2,0000
x=3,0, original=3,0000, read=3,0000
x=4,0, original=4,0000, read=4,0000
x=5,0, original=5,0000, read=5,0000
x=6,0, original=6,0000, read=6,0000
x=7,0, original=7,0000, read=7,0000
x=8,0, original=8,0000, read=8,0000
x=9,0, original=9,0000, read=9,0000
x=10,0, original=10,0000, read=10,0000
```

Serializable: проще в использовании, не требует ручного управления сериализацией, автоматически сохраняет все поля. Но файлы могут быть большими и менее контролируемыми.

Externalizable: требует ручного кода для записи и чтения полей, но позволяет полностью контролировать формат данных и уменьшить размер файла. Менее удобен, но более гибок и эффективен.