Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной математики

Практическое задание № 3
по дисциплине «объектно-ориентированное программирование с использованием C++/C#»

Факультет:	ПМИ
Группа:	ПМ-71
Студент:	Востриков Вячеслав
Преподаватель:	Ступаков Илья Михайлович

Новосибирск
2019

1. Условие задачи

Сделать иерархию классов для вычисления математических выражений.

1. Базовый абстрактный класс

```
abstract class Expr
{
   public abstract double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues);
   public abstract IEnumerable<string> Variables { get; protected set;}
   public abstract bool IsConstant { get; }
   public abstract bool IsPolynom { get; }
}
```

2. Абстрактные классы

UnaryOperation, BinaryOperation, Function

3. Классы реализующие арифметические операции и класс Variable, Constant.
4. Сделать для этих классов перегрузку операторов.
5. Классы реализующие функции
   a. Степенные
   b. Тригонометрические
   c. Обратные тригонометрические
   d. Гиперболические
   e. Обратные гиперболические
6. Доп. задания
   . Дифференцирование (3)
   a. Разбор выражений (4)
   b. Упрощение выражений (4)
   c. Интегрирование (4)
   d. Векторная арифметика (3)
   e. Добавление своих функций (2)

Пример

```
var a = new Variable("a");
var b = new Variable("b");
var expr0 = new Mult(new Add(a, b), new SinFunc(new Divide(a, new Constant(2))));
var expr = (a + b) * Sin(a / 2);
Console.WriteLine(expr);
Console.WriteLine(expr.Compute(new Dictionary<string, double>{["a"] = 5, ["b"] = 3});
```

2. Код программы

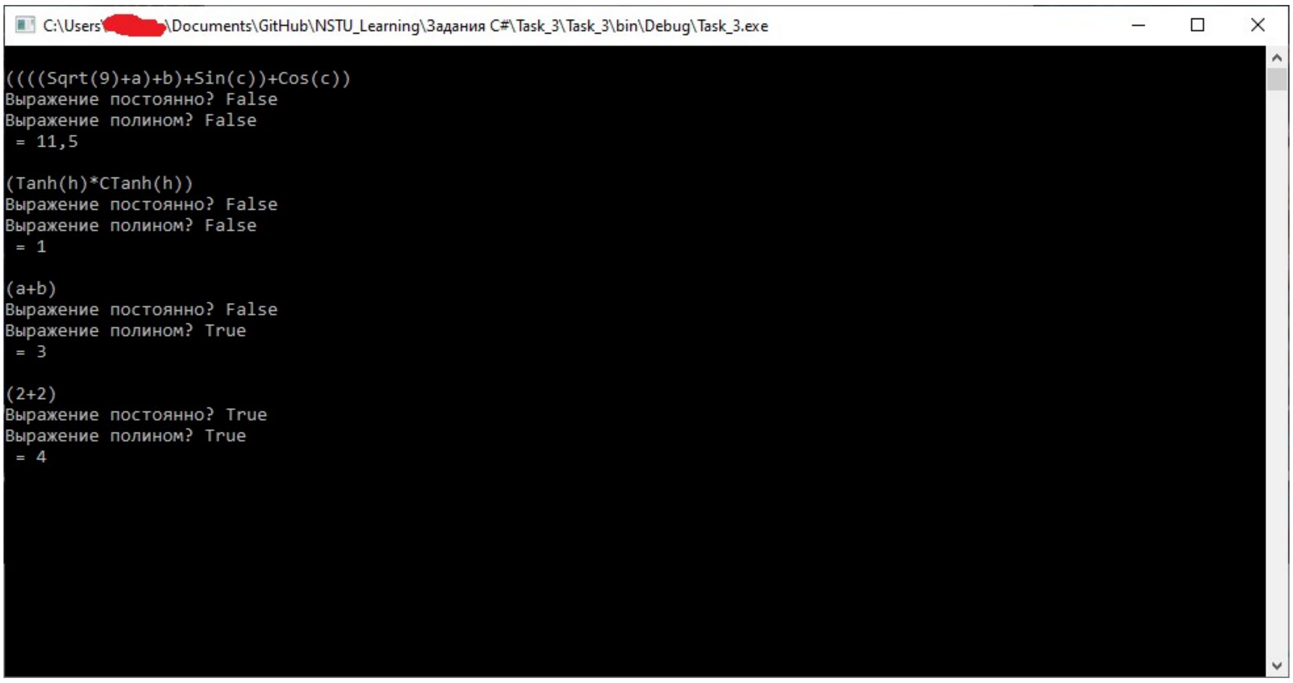
```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;

namespace Laba3
{
  using static Functions;

  public abstract class Expr
  {
    public abstract double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues);
    public abstract IEnumerable<string> Variables { get; }
    public abstract bool IsConstant { get; }
    public abstract bool IsPolynom { get; }

    public static Add operator +(Expr a, Expr b) => new Add(a, b);
```

```
        public static UnaryMin operator -(Expr c) => new UnaryMin(c);
        public static Sub operator -(Expr a, Expr b) => new Sub(a, b);
        public static Mult operator *(Expr a, Expr b) => new Mult(a, b);
        public static Div operator /(Expr a, Expr b) => new Div(a, b);
        public static implicit operator Expr(double x) => new Constant(x);

    }

    public static class Functions
    {
        public static ArcSin ArcSin(Expr a) => new ArcSin(a);
        public static ArcCos ArcCos(Expr a) => new ArcCos(a);
        public static ArcTg ArcTg(Expr a) => new ArcTg(a);
        public static ArcCtg ArcCtg(Expr a) => new ArcCtg(a);
        public static Cos Cos(Expr a) => new Cos(a);
        public static Sin Sin(Expr a) => new Sin(a);
        public static Ctg Ctg(Expr a) => new Ctg(a);
        public static Tg Tg(Expr a) => new Tg(a);
        public static Sqrt Sqrt(Expr a) => new Sqrt(a);
        public static Sinh Sinh(Expr a) => new Sinh(a);
        public static Cosh Cosh(Expr a) => new Cosh(a);
        public static Tanh Tanh(Expr a) => new Tanh(a);
        public static CTanh CTanh(Expr a) => new CTanh(a);
    }
    public class Constant : Expr
    {
        public double Value { get; }
        public override IEnumerable<string> Variables => Enumerable.Empty<string>();
        public override bool IsConstant => true;
        public override bool IsPolynom => true;
        public Constant(double value) => this.Value = value;
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) =>
Value;

        public override string ToString()
        {
            return $"{Value}";
        }
    }
    public class Variable : Expr
    {
        public string Name { get; }
        public Variable(string name) => this.Name = name;
        public override IEnumerable<string> Variables => new List<string> { Name };
        public override bool IsConstant => false;
        public override bool IsPolynom => true;
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues)
        {
            if (variableValues.TryGetValue(Name, out double value))
                return value;
            else throw new ArgumentException("Not found variable");
        }

        public override string ToString()
        {
            return $"{Name}";
        }
    }

    abstract public class BinaryOperation : Expr
    {
        protected Expr Arg1 { get; set; }
        protected Expr Arg2 { get; set; }
        public BinaryOperation(Expr arg1, Expr arg2)
        {
            this.Arg1 = arg1;
            this.Arg2 = arg2;
        }
        public override IEnumerable<string> Variables =>
Arg1.Variables.Union<string>(Arg2.Variables);
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant && Arg2.IsConstant;
    }

    public class Add : BinaryOperation
    {
        public Add(Expr arg1, Expr arg2) : base(arg1, arg2) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues)
        {
            return Arg1.Compute(variableValues) + Arg2.Compute(variableValues);
        }

        public override bool IsPolynom => Arg1.IsPolynom && Arg2.IsPolynom;

        public override string ToString()
        {
            return $"({Arg1}+{Arg2})";
        }

    }
    public class Sub : BinaryOperation
    {
        public Sub(Expr arg1, Expr arg2) : base(arg1, arg2) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) =>
Arg1.Compute(variableValues) - Arg2.Compute(variableValues);
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsPolynom && Arg2.IsPolynom;

        public override string ToString()
        {
            return $"({Arg1}-{Arg2})";
        }
    }
    public class Mult : BinaryOperation
    {
        public Mult(Expr arg1, Expr arg2) : base(arg1, arg2) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) =>
Arg1.Compute(variableValues) * Arg2.Compute(variableValues);
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsPolynom && Arg2.IsPolynom;

        public override string ToString()
        {
            return ($"({Arg1}*{Arg2})");
        }
    }
    public class Div : BinaryOperation
    {
        public Div(Expr arg1, Expr arg2) : base(arg1, arg2) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues)
        {
            if (Arg2.Compute(variableValues) == 0)
                throw new ArgumentException("Знаменатель равен 0!");
            else
                return Arg1.Compute(variableValues) / Arg2.Compute(variableValues);
        }
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsPolynom && Arg2.IsConstant;

        public override string ToString()
        {
            return $"({Arg1}/{Arg2})";
        }
    }

    public abstract class UnaryOperations : Expr
    {
        protected Expr Arg1 { get; set; }
        public UnaryOperations(Expr arg1)
        {
            this.Arg1 = arg1;
        }
        public override IEnumerable<string> Variables => Arg1.Variables;
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsPolynom;
    }
    public class UnaryMin : UnaryOperations
    {
        public UnaryMin(Expr arg1) : base(arg1) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) => -
Arg1.Compute(variableValues);

        public override string ToString()
        {
```

```
        return $"(-{Arg1})";
    }
}

public abstract class Function : Expr
{
    protected Expr Arg1 { get; set; }
    public Function(Expr arg1)
    {
        this.Arg1 = arg1;
    }
    public override IEnumerable<string> Variables => Arg1.Variables;
}

public class Sqrt : Function
{
    public Sqrt(Expr arg1) : base(arg1) { }
    public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues)
    {
        double sup = Arg1.Compute(variableValues);
        if (sup >= 0)
            return Math.Sqrt(sup);
        else throw new ArgumentException("Отрицательное число под корнем!");
    }

    public override string ToString()
    {
        return $"Sqrt({Arg1})";
    }

    public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
    public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;

}

public class ArcSin : Function
{
    public ArcSin(Expr arg1) : base(arg1) { }
    public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues)
    {
        double sup = Arg1.Compute(variableValues);
        if (sup > -1 && sup < 1)
            return Math.Asin(sup);
        else throw new ArgumentException("Нет решения!");
    }

    public override string ToString()
    {
        return $"ArcSin({Arg1})";
    }
```

```
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;

    }
    public class ArcCos : Function
    {
        public ArcCos(Expr arg1) : base(arg1) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues)
        {
            double sup = Arg1.Compute(variableValues);
            if (sup > -1 && sup < 1)
                return Math.Acos(sup);
            else throw new ArgumentException("Нет решения!");
        }

        public override string ToString()
        {
            return $"ArcCos({Arg1})";
        }
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;
    }
    public class ArcTg : Function
    {
        public ArcTg(Expr arg1) : base(arg1) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) =>
Math.Atan(Arg1.Compute(variableValues));

        public override string ToString()
        {
            return $"ArcTg({Arg1})";
        }
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;

    }
    public class ArcCtg : Function
    {
        public ArcCtg(Expr arg1) : base(arg1) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) =>
Math.PI / 2 - ArcTg(Arg1).Compute(variableValues);

        public override string ToString()
        {
            return $"ArcCtg({Arg1})";
        }
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;
    }
    public class Sin : Function
    {
        public Sin(Expr arg1) : base(arg1) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) =>
Math.Sin(Arg1.Compute(variableValues));

        public override string ToString()
        {
            return $"Sin({Arg1:f1})";
        }
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;
    }
    public class Cos : Function
    {
        public Cos(Expr arg1) : base(arg1) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) =>
Math.Cos(Arg1.Compute(variableValues));

        public override string ToString()
        {
            return $"Cos({Arg1:f1})";
        }
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;
    }
    public class Tg : Function
    {
        public Tg(Expr arg1) : base(arg1) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) =>
Math.Tan(Arg1.Compute(variableValues));

        public override string ToString()
        {
            return $"Tg({Arg1:f1})";
        }
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;
    }
    public class Ctg : Function
    {
        public Ctg(Expr arg1) : base(arg1) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) => 1 /
Tg(Arg1).Compute(variableValues);

        public override string ToString()
        {
            return $"Ctg({Arg1:f1})";
        }
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;
    }

    public class Sinh : Function
    {
        public Sinh(Expr arg1) : base(arg1) { }
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;

        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) =>
Math.Sinh(Arg1.Compute(variableValues));

        public override string ToString()
        {
            return $"Sinh({Arg1:f1})";
        }
    }
    public class Cosh : Function
    {
        public Cosh(Expr arg1) : base(arg1) { }
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;

        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) =>
Math.Cosh(Arg1.Compute(variableValues));

        public override string ToString()
        {
            return $"Cosh({Arg1:f1})";
        }
    }
    public class Tanh : Function
    {
        public Tanh(Expr arg1) : base(arg1) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues) =>
Math.Tanh(Arg1.Compute(variableValues));

        public override string ToString()
        {
            return $"Tanh({Arg1:f1})";
        }
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;
    }
    public class CTanh : Function
    {
        public CTanh(Expr arg1) : base(arg1) { }
        public override double Compute(IReadOnlyDictionary<string, double> variableValues)
        {
            double sup = Arg1.Compute(variableValues);
            if (sup != 0)
                return 1 / Math.Tanh(sup);
            else throw new ArgumentException("0 в знаменателе!");
        }

        public override string ToString()
        {
            return $"CTanh({Arg1:f1})";
        }
        public override bool IsConstant => Arg1.IsConstant;
        public override bool IsPolynom => Arg1.IsConstant;
    }

    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            var a = new Variable("a");
            var b = new Variable("b");
            var c = new Variable("c");

            Expr expr = Sqrt(9) + a + b + Sin(c) + Cos(c);

            Console.WriteLine(" ");
            Console.WriteLine(expr);
            Console.WriteLine("Выражение постоянно? {0}", expr.IsConstant);
            Console.WriteLine($"Выражение полином? {expr.IsPolynom}");
            Console.WriteLine($" = { expr.Compute(new Dictionary<string, double> { ["a"] = 5, ["b"] =
2.5, ["c"] = 0 })}");



            var h = new Variable("h");

            Expr expr1 = Tanh(h) * CTanh(h);

            Console.WriteLine(" ");
            Console.WriteLine(expr1);
            Console.WriteLine("Выражение постоянно? {0}", expr1.IsConstant);
            Console.WriteLine($"Выражение полином? {expr1.IsPolynom}");
            Console.WriteLine($" = { expr1.Compute(new Dictionary<string, double> { ["h"] = 2 })}");


            Expr expr2 = a + b;

            Console.WriteLine(" ");
            Console.WriteLine(expr2);
            Console.WriteLine("Выражение постоянно? {0}", expr2.IsConstant);
            Console.WriteLine($"Выражение полином? {expr2.IsPolynom}");
            Console.WriteLine($" = { expr2.Compute(new Dictionary<string, double> { ["a"] = 2, ["b"] = 1
})}");


            var z = new Constant(2);
            var g = new Constant(2);

            Expr expr3 = z + g;

            Console.WriteLine(" ");
            Console.WriteLine(expr3);
            Console.WriteLine("Выражение постоянно? {0}", expr3.IsConstant);
            Console.WriteLine($"Выражение полином? {expr3.IsPolynom}");
            Console.WriteLine($" = { expr3.Compute(new Dictionary<string, double> {  })}");

            Console.ReadKey();
        }
    }
}
```

3. Результаты работы программы



C:\Users[redacted]\Documents\GitHub\NSTU_Learning\Задания C#\Task_3\Task_3\bin\Debug\Task_3.exe

```
((((Sqrt(9)+a)+b)+Sin(c))+Cos(c))
Выражение постоянно? False
Выражение полином? False
 = 11,5

(Tanh(h)*CTanh(h))
Выражение постоянно? False
Выражение полином? False
 = 1

(a+b)
Выражение постоянно? False
Выражение полином? True
 = 3

(2+2)
Выражение постоянно? True
Выражение полином? True
 = 4
```