

Требования к программам

1. Программа должна получать все параметры в качестве аргументов командной строки.

2. Аргументы командной строки для задач 1–3:

- 1) x – точка, где вычисляется производная (тип double),
- 2) h – параметр (тип double),
- 3) k – значение номера функции (тип int).

Например, запуск

```
./a01.out 1 1e-8 2
```

означает, что требуется вычислить производную функции номер 2 в точке 1 с точностью 10^{-8} .

3. Аргументы командной строки для задач 4–7:

- 1) a – левый конец отрезка (тип double),
- 2) b – правый конец отрезка (тип double),
- 3) n – значение для числа точек приближения (тип int),
- 4) k – значение номера функции (тип int).

4. Аргументы командной строки для задач 8, 9:

- 1) a – левый конец отрезка (тип double),
- 2) b – правый конец отрезка (тип double),
- 3) ε – параметр (тип double),
- 4) k – значение номера функции (тип int).

5. Аргументы командной строки для задач 10, 11:

- 1) a – левый конец отрезка (тип double),
- 2) ε – параметр (тип double),
- 3) k – значение номера функции (тип int).

6. Аргументы командной строки для задачи 12:

- 1) a – левый конец отрезка (тип double),
- 2) b – правый конец отрезка (тип double),
- 3) ε – параметр (тип double),
- 4) k_x – значение номера функции для функции x (тип int),
- 5) k_y – значение номера функции для функции y (тип int).

7. В программе должны быть реализованы подпрограммы для задания следующих функций $f(x)$ в зависимости от параметра k :

- 1) для $k = 0$ $f(x) = 1$
- 2) для $k = 1$ $f(x) = 1 + x$
- 3) для $k = 2$ $f(x) = 1 + x + x^2$
- 4) для $k = 3$ $f(x) = 1 + x + x^2 + x^3$

5) для $k = 4$ $f(x) = 1 + x + x^2 + x^3 + x^4$

6) для $k = 5$ $f(x) = e^{-x}$

7) для $k = 6$ $f(x) = 1/(25x^2 + 1)$

8. Функция, реализующая задачу, **не должна выделять или использовать дополнительную память.**

9. Вывод результата работы функции в функции `main` должен производиться по формату:

- Для задач 1–7

```
printf ("%s : Task = %d Res = %e Count = %d T = %.2f\n",
        argv[0], task, res, count, t);
```

где

- `argv[0]` – первый аргумент командной строки (имя образа программы),
- `task` – номер задачи (1–12),
- `res` – возвращаемое значение результата функции,
- `count` – число вызовов функции f ,
- `t` – время работы функции, реализующей решение этой задачи.

- Для задач 8, 9, 12

```
printf ("%s : Task = %d Res = %e N = %d Count = %d T = %.2f\n",
        argv[0], task, res, n, count, t);
```

где

- `argv[0]` – первый аргумент командной строки (имя образа программы),
- `task` – номер задачи (1–12),
- `res` – возвращаемое в переменной r значение результата функции,
- `n` – число итераций n (возвращаемое значение функции),
- `count` – число вызовов функции f ,
- `t` – время работы функции, реализующей решение этой задачи.

- Для задач 10, 11

```
printf ("%s : Task = %d Res = %e B = %e Count = %d T = %.2f\n",
        argv[0], task, res, b, count, t);
```

где

- `argv[0]` – первый аргумент командной строки (имя образа программы),
- `task` – номер задачи (1–12),
- `res` – возвращаемое в переменной r значение результата функции,
- `b` – конечное значение верхнего предела b (возвращаемое значение функции),
- `count` – число вызовов функции f ,
- `t` – время работы функции, реализующей решение этой задачи.

Вывод должен производиться в точности в таком формате, чтобы можно было автоматизировать обработку запуска многих тестов.

Задачи

1. Написать функцию, получающую в качестве аргументов указатель на функцию f , вещественные числа x и h , и возвращающую приближенное значение $f'(x)$ с погрешностью $O(h)$ по следующей приближенной формуле

$$f'(x) = (f(x+h) - f(x))/h.$$

2. Написать функцию, получающую в качестве аргументов указатель на функцию f , вещественные числа x и h , и возвращающую приближенное значение $f'(x)$ с погрешностью $O(h^2)$ по следующей приближенной формуле

$$f'(x) = (f(x+h) - f(x-h))/(2h).$$

3. Написать функцию, получающую в качестве аргументов указатель на функцию f , вещественные числа x и h , и возвращающую приближенное значение $f''(x)$ с погрешностью $O(h^2)$ по следующей приближенной формуле

$$f''(x) = (f(x+h) - 2f(x) + f(x-h))/(h^2).$$

4. Написать функцию, получающую в качестве аргументов указатель на функцию f , вещественные числа a , b и целое число n , и возвращающую приближенное значение $\int_a^b f(x) dx$, которое находится по составной формуле трапеций с погрешностью $O(h^2)$:

$$\int_a^b f(x) dx = h(f(a)/2 + f(a+h) + f(a+2h) + \dots + f(a+(n-1)h) + f(b)/2),$$

где $h = (b-a)/n$.

5. Написать функцию, получающую в качестве аргументов указатель на функцию f , вещественные числа a , b и целое число n , и возвращающую приближенное значение $\int_a^b f(x) dx$, которое находится по составной формуле Симпсона с погрешностью $O(h^3)$:

$$\int_a^b f(x) dx = (2/3)h(f(a)/2 + 2f(a+h) + f(a+2h) + 2f(a+3h) + \\ + f(a+4h) + \dots + f(a+(2n-2)h) + 2f(a+(2n-1)h) + f(b)/2),$$

где $h = (b-a)/(2n)$.

6. Написать функцию, получающую в качестве аргументов указатель на функцию f , вещественные числа a , b и целое число n , и возвращающую приближенное значение $\int_a^b \frac{f(x)}{\sqrt{|x|}} dx$, которое находится по составной формуле трапеций с весом $1/\sqrt{|x|}$.

7. Написать функцию, получающую в качестве аргументов указатель на функцию f , вещественные числа a , b и целое число n , и возвращающую приближенное значение $\int_a^b \frac{f(x)}{\sqrt{|x|}} dx$, которое находится по составной формуле Симпсона с весом $1/\sqrt{|x|}$.

8. Написать функцию, получающую в качестве аргументов указатель на функцию f , вещественные числа a , b , ε и адрес вещественного числа r , и возвращающую в переменной r значение $\int_a^b f(x) dx$, вычисленное с заданной точностью ε по составной формуле трапеций с автоматическим выбором шага. Функция возвращает отрицательное значение, если она не смогла вычислить интеграл, и конечное значение n иначе.

9. Написать функцию, получающую в качестве аргументов указатель на функцию f , вещественные числа a , b , ε и адрес вещественного числа r , и возвращающую в переменной r значение $\int_a^b f(x) dx$, вычисленное с заданной точностью ε по составной формуле Симпсона с автоматическим выбором шага. Функция возвращает отрицательное значение, если она не смогла вычислить интеграл, и конечное значение n иначе.
10. Написать функцию, получающую в качестве аргументов указатель на функцию f , вещественные числа a , ε и адрес вещественного числа r , и возвращающую в переменной r значение $\int_a^{+\infty} f(x) dx = \lim_{b \rightarrow \infty} \int_a^b f(x) dx$, вычисленное с заданной точностью ε по составной формуле трапеций с автоматическим выбором шага. Функция возвращает отрицательное значение, если она не смогла вычислить интеграл, и конечное значение b иначе.
11. Написать функцию, получающую в качестве аргументов указатель на функцию f , вещественные числа a , ε и адрес вещественного числа r , и возвращающую в переменной r значение $\int_a^{+\infty} f(x) dx = \lim_{b \rightarrow \infty} \int_a^b f(x) dx$, вычисленное с заданной точностью ε по составной формуле Симпсона с автоматическим выбором шага. Функция возвращает отрицательное значение, если она не смогла вычислить интеграл, и конечное значение b иначе.
12. Написать функцию, получающую в качестве аргументов указатели на функции x , y , вещественные числа a , b , ε и адрес вещественного числа r , и возвращающую в переменной r значение длины кривой $(x(t), y(t))$ в пределах изменения t от a до b , вычисленное с заданной точностью ε . Длина кривой находится как предел сумм длин ломаных с вершинами $(x(a), y(a)), (x(a+h), y(a+h)), (x(a+2h), y(a+2h)), \dots, (x(a+(n-1)h), y(a+(n-1)h)), (x(b), y(b))$ при $n \rightarrow \infty$, где $h = (b-a)/n$. Функция возвращает отрицательное значение, если она не смогла вычислить длину кривой, и конечное значение n иначе.