

ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА JAVA

1. Алгоритм Евклида
2. Решето Эратосфена
3. Длинные числа

Целочисленные алгоритмы

Тема 1. Алгоритм Евклида

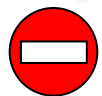
Вычисление НОД

НОД = наибольший общий делитель двух натуральных чисел – это наибольшее число, на которое оба исходных числа делятся без остатка.

Перебор:

```
k = a; // или k = b;
while ( a % k != 0 ||
        b % k != 0 )
    k --;
printf ("НОД(%d,%d)=%d", a, b,
k);
```

ИЛИ



много операций для больших чисел

Алгоритм Евклида

$$\begin{aligned}\text{НОД}(a, b) &= \text{НОД}(a-b, b) \\ &= \text{НОД}(a, b-a)\end{aligned}$$



Евклид
(365-300 до. н. э.)

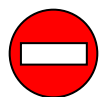
Заменяем большее из двух чисел **разностью** большего и меньшего до тех пор, пока они не станут равны. Это и есть НОД.



НОД вычисляется через НОД. Как это называется?

Пример:

$$\begin{aligned}\text{НОД}(14, 21) &= \text{НОД}(14, 21-14) = \text{НОД}(14, \\ &7) \qquad \qquad \qquad = \text{НОД}(7, 7) = 7\end{aligned}$$



много шагов при большой разнице чисел:

$$\begin{aligned}\text{НОД}(1998, 2) &= \text{НОД}(1996, 2) = \dots = \\ &2\end{aligned}$$

Модифицированный алгоритм Евклида

$$\begin{aligned}\text{НОД}(a, b) &= \text{НОД}(a \% b, b) \\ &= \text{НОД}(a, b \% a)\end{aligned}$$

Заменяем большее из двух чисел **остатком от деления** большего на меньшее до тех пор, пока меньшее не станет равно нулю. Тогда большее — это НОД.

Пример:

$$\text{НОД}(14, 21) = \text{НОД}(14, 7) = \text{НОД}(0, 7) =$$

Еще ⁷ один вариант:

$$\text{НОД}(2 \cdot a, 2 \cdot b) = 2 \cdot \text{НОД}(a, b)$$

$$\text{НОД}(2 \cdot a, b) = \text{НОД}(a, b) \quad // \text{ при нечетном } b$$

Реализация алгоритма Евклида

Рекурсивный вариант:

```
static int gcd(int a,int b)
{
    if (a==b) return a;
    if (a < b)
        return gcd ( a, b-a );
    else return gcd ( a-b, b );
}
```

```
static int gcd(int a,int b)
{
    if (a*b==0) return a+b;
    if (a < b)
        return gcd ( a, b%a );
    else return gcd ( a%b, b );
}
```

Без рекурсии:

```
static int gcd(int a, int b)
{
    while ( a != b )
        if ( a > b ) a -= b;
        else      b -= a;
    return a;
}
```

```
static int gcd(int a, int b)
{
    while ( a*b != 0 )
        if ( a > b ) a = a % b;
        else      b = b % a;
    return a + b;
}
```



Почему return a+b?

Задания

«4»: Составить программу для вычисления НОД и заполнить таблицу:

N	64168	358853	6365133	17905514	549868978
M	82678	691042	11494962	23108855	298294835
НОД(N,M)					

«5»: То же самое, но сравнить для каждой пары число шагов обычного и модифицированного алгоритмов (добавить в таблицу еще две строчки).

Целочисленные алгоритмы

Тема 2. Решето Эратосфена

Поиск простых чисел

Простые числа – это числа, которые делятся только на себя и на 1.

Применение:

- 1) криптография;
- 2) генераторы псевдослучайных чисел.

Наибольшее известное (26 декабря 2017):

$2^{77\,232\,917} - 1$ (содержит 23 249 425 цифр).

Задача. Найти все простые числа в интервале от 1 до заданного N .

Простое решение:

```
for ( i = 1; i <= N; i++ ) {
    isPrime = true;
    for ( k = 2; k*k <= i; k++ )
        if ( i % k == 0 ) {
            isPrime = false;
            break;
        }
    if ( isPrime )
        printf("%d\n", i);
}
```



Как уменьшить число шагов внутреннего цикла?

$$k \leq \sqrt{i}$$



$$k*k \leq i$$



Как оценить число операций?

$O(N^2)$

растет не быстрее N^2

Решето Эратосфена



Алгоритм:

- 1) начать с $k = 2$;
- 2) «выколоть» все числа через k , начиная с $2 \cdot k$;
- 3) перейти к следующему «невыколотому» k ;
- 4) если $k \cdot k \leq N$, то перейти к шагу 2;
- 5) напечатать все числа, оставшиеся «невыколотыми».



Эратосфен Киренский
(Eratosthenes, Ερατοσθένης)
(ок. 275-194 до н.э.)

Новая версия – [решето Аткина](#) .

⊕ высокая скорость, количество операций

$$O((N \cdot \log N) \cdot \log \log N)$$

⊖ нужно хранить в памяти все числа от 1 до N

Реализация

Массив $A[N+1]$, где

$A[i]=\text{true}$, если число i не «выколото»,

$A[i]=\text{false}$, если число i «выколото».

```
// сначала все числа не выколоты
for ( i = 1; i <= N; i ++ )
    A[i] = true;
// основной цикл
for ( k = 2; k*k <= N; k ++ )
    if ( A[k] )
        for ( i = k+k; i <= N; i += k ) A[i] = false;
// выводим оставшиеся числа
for ( i = 1; i <= N; i ++ )
    if ( A[i] )
        printf ( "%d\n", i );
```

Задания

«4»: Реализовать «решето Эратосфена», число N вводить с клавиатуры.

«5»: То же самое, но сравнить число шагов алгоритма для различных значений N . Построить график в *Excel*, сравнить сложность с линейной.

Заполнить таблицу:

N	1000	5000	10000	20000	50000
Количество простых чисел					
Число шагов внутреннего цикла					

Целочисленные алгоритмы

Тема 3. Длинные числа

Что такое длинные числа?

Задача. Вычислить (точно)

$$100! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot 99 \cdot 100$$

Проблема:

это число содержит более 100 цифр...



Сколько нулей в конце этого числа?



Какая последняя ненулевая цифра?

Решение:

хранить цифры в виде массива, по группам (например, 6 цифр в ячейке).



Сколько ячеек нужно?

$$201 / 6 \approx 34 \text{ ячейки}$$

$$100! < \underbrace{100^{100}}_{201 \text{ цифра}}$$

Хранение длинных чисел

$$\begin{aligned}
 &1234 \ 568901 \ 734567 = \\
 &= 1234 \cdot 1000000^2 + \\
 &568901 \cdot 1000000^1 + \\
 &734567 \cdot 1000000^0
 \end{aligned}$$



На что это похоже?

Хранить число по группам из 6 цифр – это значит представить его в системе счисления с основанием $d = 1000000$.

Алгоритм:

```

{A} = 1;
for ( k = 2; k <= 100; k ++ )
    { A} = {A} * k;
... // вывести {A}

```

{A} – длинное число,
хранящееся как массив

умножение длинного
числа на «короткое»

Умножение длинного числа на короткое

Diagram illustrating the multiplication of a long number (1234567) by a short number (3) using the digit-by-digit method with carry propagation.

The long number is represented by digits a_2 (1), a_1 (2), and a_0 (3). The short number is k (3).

The result is shown as 3703701 , with digits c_2 (3), c_1 (7), and c_0 (0).

The calculation steps are shown below:

Step 1: $734567 \cdot 3 = 203701$ (with carry r_1 from the previous step, which is 0). The result is 203701 .

Step 2: $568901 \cdot 3 + 2 = 1706705$ (with carry r_2 from the previous step, which is 2). The result is 1706705 .

Step 3: $1234 \cdot 3 + 1 = 3703$ (with carry r_3 from the previous step, which is 1). The result is 3703 .

The final result is 3703701 .

Formulas for calculating the digits c_i and carries r_i are provided in the yellow box:

$$c_0 = (a_0 \cdot k + 0) \% d$$

$$r_1 = (a_0 \cdot k + 0) / d$$

$$c_1 = (a_1 \cdot k + r_1) \% d$$

$$r_2 = (a_1 \cdot k + r_1) / d$$

$$c_2 = (a_2 \cdot k + r_2) \% d$$

$$r_3 = (a_2 \cdot k + r_2) / d$$

$$\dots$$

Вычисление 100!

```

int d = 1000000;           // основание системы
int s, r;                  // произведение, остаток
int[] A = new int[40];
A[0] = 1;                  // A[0]=1, остальные A[i]=0
int i, k, len = 1;        // len - длина числа
for ( k = 2; k <= 100; k ++ ) {
    i = 0;
    r = 0;
    while ( i < len || r > 0 ) {
        s = A[i]*k + r;
        A[i] = s % d;      // остается в этом разряде
        r = s / d;        // перенос
        i ++;
    }
    len = i;              // новая длина числа
}

```

пока не кончились
цифры числа {A} или
есть перенос



Где результат?



Можно ли брать другое d?

Как вывести длинное число?

«Первая мысль»:

```
for ( i = len-1; i >= 0; i -- )  
    printf ( "%d", A[i] );
```



Что плохо?

Проблема:

как не потерять первые нули при выводе чисел, длина которых менее 6 знаков?

123 → 000123

Решение:

- 1) составить свой метод;
- 2) использовать формат "%06d"!

```
for ( i = len-1; i >= 0; i -- )  
    if ( i == len-1 ) printf ( "%d", A[i] );  
    else                printf ( "%06d", A[i] );
```