

# Системы счисления

---

# Введение

Г.В. Лейбинц говорил: «Кто хочет ограничиться настоящим, без знания прошлого, тот никогда его не поймет...».



# ГЛАВА I

## НЕПОЗИЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

---

Чтобы иметь дело с числами, необходимо прежде всего уметь называть и записывать их.

Способ наименования и записи чисел принято считать *системой счисления*.

# Египетская нумерация




Египтяне придумали свою систему счисления около 5 000 лет назад

В ней ключевые числа: 1, 10, 100 и т.д.- изображались значками-иероглифами.


Это одна из древнейших систем записи чисел, известная человеку




 1. Как и большинство людей для счета небольшого количества предметов Египтяне использовали палочки.


 Если палочек нужно изобразить несколько, то их изображали в два ряда, причем в нижнем должно быть столько же палочек сколько и в верхнем, или на одну больше.

 10. Такими путами египтяне связывали коров

 Если нужно изобразить несколько десятков, то иероглиф повторяли нужное количество раз. Тоже самое относится и к остальным иероглифам.

 100. Это мерная веревка, которой измеряли земельные участки после разлива Нила.

 1 000. Вы когда-нибудь видели цветущий лотос? Если нет, то вам никогда не понять, почему Египтяне присвоили такое значение изображению этого цветка.

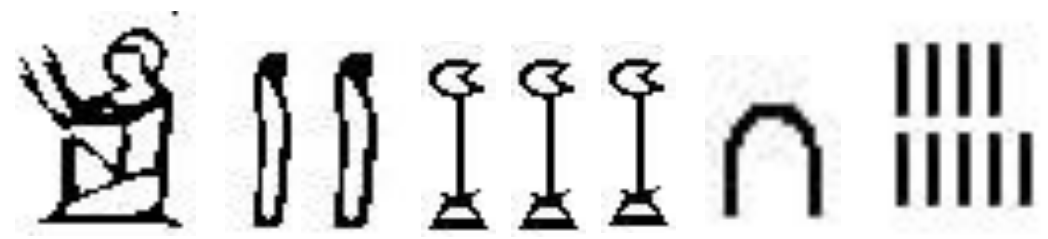
 10 000. "В больших числах будь внимателен!" - говорит поднятый вверх указательный палец.

 100 000. Это головастик. Обычный лягушачий головастик.

 1 000 000. Увидев такое число обычный человек очень удивится и возденет руки к небу. Это и изображает этот иероглиф

---

 -1205,

 -1023019.

# Алфавитная нумерация

---

В середине **V** в. до н. э. появилась запись чисел нового типа, так называемая **алфавитная нумерация**.

В этой системе записи числа обозначались при помощи букв алфавита., над которыми ставились черточки: первые девять букв обозначали числа от 1 до 9, следующие девять - числа 10, 20, 30, ..., 90, и следующие девять - числа 100, 200, ..., 900.

Таким образом, можно было обозначать любое число до 999.

# Славянская нумерация

ⱁ	ⱂ	ⱃ	ⱄ	ⱅ	ⱆ	ⱇ	ⱈ	ⱉ
аа	вѣди	глаголь	добро́	есть	зело́	земля́	и́же	фита́
1	2	3	4	5	6	7	8	9

ⱊ	ⱋ	ⱌ	ⱍ	ⱎ	ⱏ	ⱐ	ⱑ	ⱒ
и	ка́ко	лю́ди	мыслѣте	наш	кси	он	поко́й	чѣраь
10	20	30	40	50	60	70	80	90

ⱓ	ⱔ	ⱕ	ⱖ	ⱗ	ⱘ	ⱙ	ⱚ	ⱛ
рцы	сло́во	твёрдо	ук	фѣрт	хер	пси	с	цы
100	200	300	400	500	600	700	800	900





например это число

$$2 \cdot 10^6 + 5 \cdot 10^5 + 4 \cdot 10^4 + 10^3 = 2541000$$

# Римская система счисления

---

До нас дошла римская система записи чисел, которая в некоторых случаях применяется в нумерации (века, тома в собрании сочинений и др.). В римской системе в качестве цифр используются латинские буквы:

I	V	X	L	C	D	M
1	5	10	50	100	500	1000

Эта система непозиционная.

В ней цифры записываются слева направо.

# Римская система счисления

1. Если знак, изображающий меньшее число, стоит после знака, изображающего большее число, то производится сложение.

$$VI=5+1=6,$$

$$XV=10+5=15,$$

$$CLV=100+5+5=155,$$

$$MCCV=1000+100+100+5=1205.$$

2. Если знак, изображающий меньшее число, стоит перед знаком, изображающим большее число, то производится вычитание:

$$IV=5-1=4,$$

$$IX=10-1=9,$$

$$XL=50-10=40,$$

$$XC=100-10=90,$$

$$MCDXXIX=1000+(500-100)+10+10+(10-1)=1429.$$














---

# Происхождение позиционных систем счисления








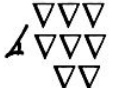



Около 1700 г. до н.э.

Глиняные таблички, найденные в Месопотамии с культурным центром - г.Вавилон.

Вавилоняне писали палочками на глиняных пластинках. Все числа они записывали при помощи двух знаков  – означавшего единицу и горизонтального клина  означавшего 10. Первые девять чисел натурального ряда у них записывались так:

								
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Числа второго десятка записывали в таком виде

										
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	



# Система счисления ацтеков и майя



У ацтеков и майя, населявших американский континент и создавших там высокую культуру, почти полностью уничтоженную испанскими завоевателями в XVI - XVII в., была принята двадцатеричная система счисления.

Та же система была принята у кельтов, населявших Западную Европу, начиная со II тысячелетия до нашей эры.

# Десятичная система

Эта система пришла к нам из Индии, где зародилась около V в н.э.

В десятичной системе счисления используется всего десять цифр – 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9.

Значение каждой цифры в позиционной системе счисления определяется не только ею самой, но также и местом (позицией), которое она занимает в записи числа.

$$135609 = 1 \cdot 10^5 + 3 \cdot 10^4 + 5 \cdot 10^3 + 6 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0 .$$



# Позиционные системы счисления

---

В позиционных системах значение применяемых символов (цифр) зависит от места, которое он занимает в записи числа. При этом сдвиг цифры на одно место влево влечет увеличение ее числового значения в  $g$ - раз, где  $g$ - некоторое натуральное число, больше единицы. Число  $g$  – называют основанием системы счисления.

Определение: Систематической записью натурального числа  $m$  по основанию  $g$  называют представление этого числа в виде суммы:

$$m = k_n \cdot g^n + k_{n-1} \cdot g^{n-1} + \dots + k_1 \cdot g + k_0,$$

$k_n, k_{n-1}, \dots, k_1, k_0$  – числа, принимающие значения от 0, 1, ...,  $g - 1$

При  $g > 10$  также используют необходимые цифры десятичной системы, а числа от десяти до  $g - 1$  обычно записывают в виде соответствующих чисел, заключенных в круглые скобки: (10), (11), ..., ( $g - 1$ ).



# Позиционные системы счисления

---

Система счисления - это совокупность правил для обозначения и наименования чисел.

Системы счисления делятся на позиционные и непозиционные.

Знаки, используемые при записи чисел, называются цифрами.

# Арифметические действия над систематическими числами

+	0	1	2	3	4
0	0	1	2	3	4
1	1	2	3	4	10
2	2	3	4	10	11
3	3	4	10	11	12
4	4	10	11	12	13

×	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4
2	0	2	4	11	13
3	0	3	11	14	22
4	0	4	13	22	31

**Для выполнения действий пользуются составленными таблицами сложения и умножения.**

Это таблицы сложения и умножения чисел в пятеричной системе

# Перевод целых чисел из одной позиционной системы в другую

Пусть дана  $g$ -ичная запись числа  $m$ .

$$m = k_n \cdot g^n + k_{n-1} \cdot g^{n-1} + \dots + k_1 \cdot g + k_0$$

Найти десятичную запись этого же числа.

Для решения этой задачи достаточно подставить в запись

$$m = k_n \cdot g^n + k_{n-1} \cdot g^{n-1} + \dots + k_1 \cdot g + k_0$$

вместо  $k_n k_{n-1} \dots k_0$  и  $g$  – десятичные записи этих чисел и выполнить действия. и  $g$  – десятичные записи этих чисел и выполнить действия.

Найти десятичную запись числа

- Найти десятичную запись числа

$$(10)6(11)_{12} = 10 \cdot 12^2 + 6 \cdot 12^1 + 11 \cdot 12^0 = 1523_{10}.$$

# Перевод целых чисел из одной позиционной системы в другую

Пример 1.

1) Найти десятичную запись числа  $4602_7$

$$4602_7 = 4 \cdot 7^3 + 6 \cdot 7^2 + 0 \cdot 7^1 + 2 \cdot 7^0 = 1668_{10}.$$

2) Найти десятичную запись числа  $(10)6(11)_{12}$ .

$$(10)6(11)_{12} = 10 \cdot 12^2 + 6 \cdot 12^1 + 11 \cdot 12^0 = 1523_{10}.$$

3) Найти десятичную запись числа  $4602_7$

$$4602_7 = 4 \cdot 7^3 + 6 \cdot 7^2 + 0 \cdot 7^1 + 2 \cdot 7^0 = 1668_{10}.$$

Число 58 перевести в двоичную систему счисления.

Выполним деление 58 на 2.

первый остаток от деления  $\rightarrow$

$$\begin{array}{r|l} 58 & 2 \\ \hline 29 & 1 \\ \hline 14 & 0 \\ \hline 7 & 1 \\ \hline 3 & 1 \\ \hline 1 & 1 \end{array}$$

последний остаток от деления  $\rightarrow$

частное  $\nearrow$

Таким образом  $58_{10} = 111010_2$

# Двоичная система счисления



Официальное рождение двоичной арифметики связано с именем Г.В. Лейбница, опубликовавшего в 1703 г. статью, в которой он рассмотрел правила выполнения арифметических действий над двоичными числами.

Двоичная система проста, так как для представления информации в ней используются всего два состояния или две цифры.

Представление информации в двоичной системе использовалось человеком с давних времен.

Так, жители островов Полинезии передавали необходимую информацию при помощи барабанов: чередование звонких и глухих ударов.

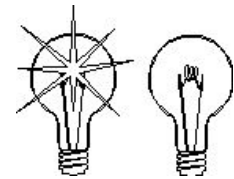
*Единица – вздор. Единица – ноль.”  
В. Маяковский*



Для электронных машин характерно наличие двух различных устойчивых состояний (есть ток- нет тока, намагничен – не намагничен).

Поэтому для изображения чисел в вычислительных машинах требуется такая система, в которой имеются лишь две различные цифры т.е. двоичная система счисления.

“**Единица**” условно обозначает включенное состояние,  
а “**нуль**” - выключенное состояние.



# Почему люди пользуются десятичной системой, а компьютеры — двоичной?

---

**Компьютеры используют двоичную систему потому, что она имеет ряд преимуществ перед другими системами:**

- для ее реализации нужны технические устройства с двумя устойчивыми состояниями (есть ток — нет тока, намагничен — не намагничен и т.п.), а не, например, с десятью, — как в десятичной
- представление информации посредством только двух состояний надежно и помехоустойчиво;
- двоичная арифметика намного проще десятичной.



# Решение задач в различных системах счисления

---

# «Необыкновенная девочка»

## А.Н.Стариков

---

Ей было тысяча сто лет,  
Она в сто первый класс ходила,  
В портфеле по сто книг носила –  
Все это правда, а не бред.  
Когда, пыля десятком ног,  
Она шагала по дороге,  
За ней всегда бежал щенок  
С одним хвостом, зато стоногий.  
Она ловила каждый звук  
Своими десятью ушами,  
И десять загорелых рук  
Портфель и поводок держали.  
И десять темно-синих глаз  
Рассматривали мир привычно...  
Но станет все сейчас обычным,  
Когда поймете мой рассказ



# Решение.

---

«Ей было тысяча сто лет»

$$1100 = 1 * 2^3 + 1 * 2^2 + 0 * 2 + 0 * 2^0 = 8 + 4 = 12 \text{ лет}$$

«Она в сто первый класс ходила»

$$101 = 1 * 2^2 + 0 * 2 + 1 * 2^0 = 4 + 1 = 5 \text{ класс}$$

«...пыля десятком ног»

$$10 = 1 * 2 + 0 * 2^0 = 2 \text{ ноги}$$


«С одним хвостом, зато стоногий»

$$1 = 1 * 2^0 = 1 \text{ хвост,}$$

$$100 = 1 * 2^2 + 0 * 2 + 0 * 2^0 = 4 \text{ ноги}$$

и т.д.

Ответ: двоичная с/с.



---

Ей было 12 лет,  
Она в 5 класс ходила,  
В портфеле по четыре книги носила.  
Все это правда, а не бред.  
Она ловила каждый звук  
Своими двумя ушами,  
И две загорелые руки  
Портфель и поводок держали.  
Когда, пыля двумя ногами,  
Она шагала по дороге,  
За ней всегда бежал щенок  
С одним хвостом, зато четырехногий.  
И двое темно-синих глаз  
Рассматривали мир привычно ...  
Но станет все совсем обычным,  
Когда поймете наш рассказ.

# Загадочная автобиография

---

В бумагах одного математика была найдена странная автобиография:

«Я окончил курс университета 44 лет отроду. Спустя год, 100- летним молодым человеком, я женился на 34-летней девушке. Незначительная разница в возрасте – всего 11 лет способствовала тому, что мы жили общими интересами и мечтами. Спустя немного времени у меня уже была маленькая семья из 10 детей. Жалованья я получал в месяц всего 200 руб., из которых  $1/10$  приходилось отдавать сестре, так, что мы жили на 130 руб. в месяц.»

Расшифруйте автобиографию.

*Решение:* Запись выполнена в пятеричной системе. Выполним перевод чисел в десятиричную систему:

$44 = 4 \cdot 5 + 4 = 24$ , аналогично  $100 = 1 \cdot 5^2 + 0 \cdot 5 + 0 = 25$ ,  $34 = 3 \cdot 5 + 4 = 19$ ,  $11 = 1 \cdot 5 + 1 = 6$ ,  $200 = 2 \cdot 5^2 + 0 \cdot 5 + 0 = 50$ ,  $10 = 5$ ,  $1/10 = 1/5$ ,  $130 = 1 \cdot 5^2 + 3 \cdot 5 + 0 = 40$ .



---

Записка имеет следующее содержание:

«Я окончил курс университета 24 лет отроду . Спустя год, 25-летним молодым человеком, я женился на 19-летней девушке. Незначительная разница в возрасте – всего 6 лет способствовала тому, что мы жили общими интересами и мечтами. Спустя немного времени у меня уже была маленькая семья из 5 детей. Жалованья я получал в месяц всего 50 руб., из которых  $\frac{1}{5}$  приходилось отдавать сестре, так , что мы жили на 40 руб. в месяц.»

# Задача

---

Один школьный учитель на наш вопрос -много ли у него в классе учеников, ответил: «У меня в классе 100 детей, из них 24 мальчика и 32 девочки».

Сначала его ответ нас удивил. Но потом мы поняли, что просто учитель пользовался не десятичной системой. Какую систему имел в виду учитель?

Решение:

Пусть  $x$ - основание системы счисления о которой идет речь.

Тогда слова учителя означают следующее: у него

$100_x = 1x^2 + 0x + 0 = x^2$  учеников, из них  $24_x = 2x + 4$  мальчика и  $32_x = 3x + 2$  девочки.

Таким образом,  $2x + 4 + 3x + 2 = x^2$ ,

## Решим уравнение

---

$$x^2 - 5x - 6 = 0,$$

$$x^2 - 2 \cdot x \cdot 2,5 + 2,5^2 - 6 - 2,5^2 = 0,$$

$$(x - 2,5)^2 - 6,25 - 6 = 0,$$

$$(x - 2,5)^2 - 12,25 = 0,$$

$$(x - 2,5)^2 - 3,5^2 = 0,$$

$$(x - 2,5 - 3,5) \cdot (x - 2,5 + 3,5) = 0,$$

$$(x - 6) \cdot (x + 1) = 0,$$

$$x - 6 = 0 \quad \text{или} \quad x + 1 = 0$$

$$x = 6, \quad x = -1.$$

Так как  $-1$  не может быть основанием системы счисления, то  $x=6$ . Итак, ответ учителя был дан в шестеричной системе; при этом было  $1 \ 36=36$  учеников. Из них  $2 \ 6+4=16$  мальчиков и  $3 \ 6+2=20$  девочек.