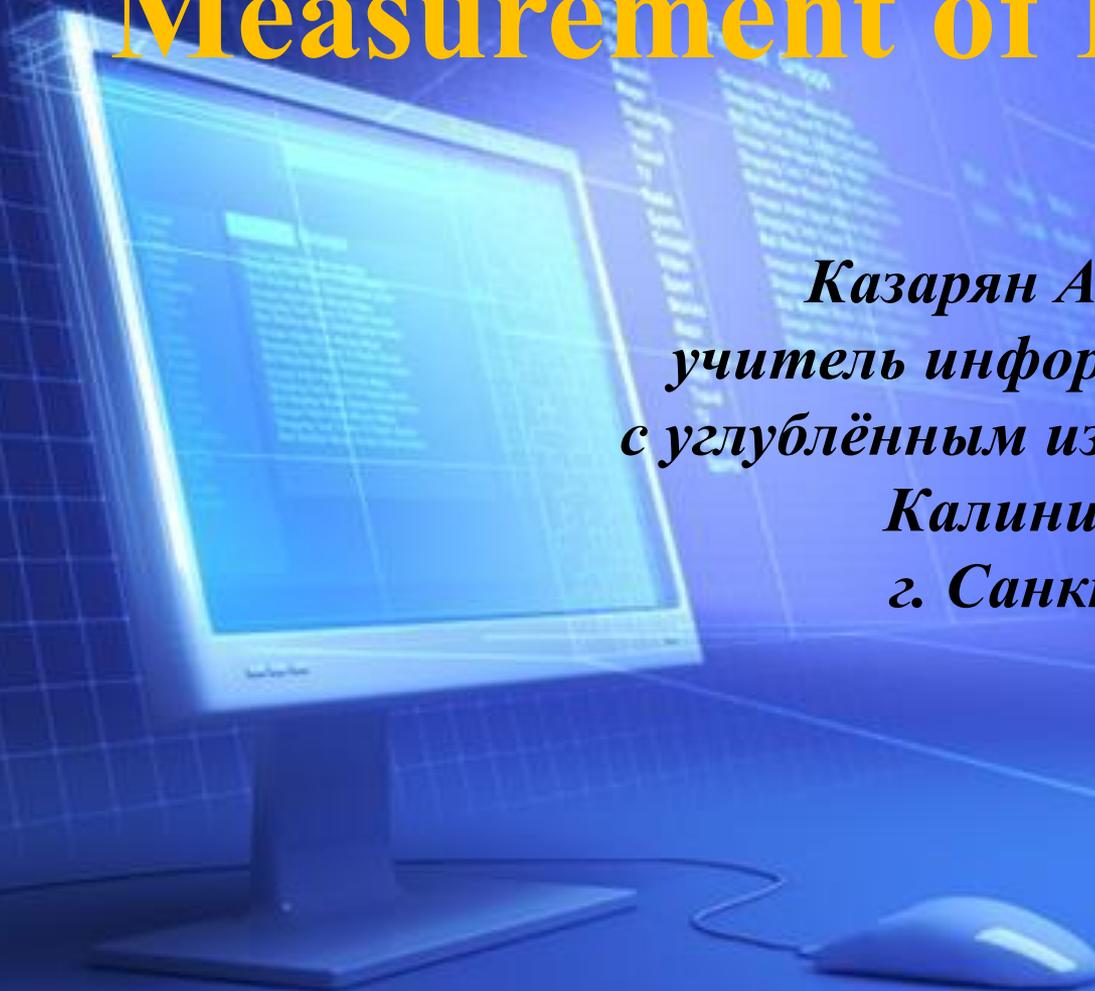


# **Измерение количества информации**

## **Measurement of Information**

*Казарян Анаит Рафиковна  
учитель информатики школы №156  
с углублённым изучением информатики  
Калининского района  
г. Санкт-Петербурга*



*Кто владеет информацией, тот владеет миром.*

**Френсис Бэкон**

*Who owns the information, owns the world.*

*Francis Bacon*



**Что такое информация?**

**What is information?**

- ❑ **Информация** – знания, получаемые из разных источников.
- ❑ **Information** is certain knowledge about something or someone.

# Как можно измерить информацию?

## Can we measure information?

- Расстояние измеряют в миллиметрах, сантиметрах, метрах, дециметрах...
- Массу измеряют в граммах, килограммах, тоннах...

**Basic postulate of information theory:**  
information can be treated like a measurable physical quantity, such as density or mass.

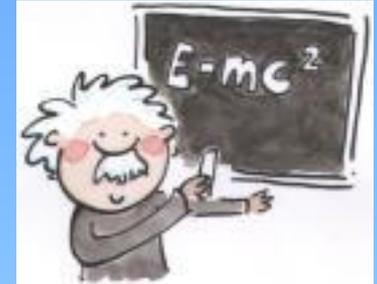
**Вывод:** *Для измерения информации должна быть введена своя эталонная единица.*

# Как можно измерить информацию?

## Can we measure information?

### Пример 1:

- In winter is cold.
- In winter is cold and snowy.



**Предложение 2 даёт более полезную информацию.**

### Пример 2:

- Tomorrow will be cold and snowy.
- Tomorrow will be warm and sunny.

**Непонятно, какое из предложений даёт больше информации.**

# Подходы к измерению информации



**содержательный**  
**(semantic)**

*Количество информации в тексте связывается с содержанием текста, учитывая вероятности его символов.*



**алфавитный**  
**(alphabetical)**

*Количество информации в тексте определяется независимо от его содержания, воспринимая текст как последовательность символов.*

# Алфавитный подход

## Alphabetical approach

- ❑ Впервые информацию измерил американский инженер **Ральф Хартли** в 1928 году.
- ❑ First attempt to quantify information was made by **Ralph Hartley (1928)**.



# Алфавитный подход

## Alphabetical approach

- Вычислим количество символов в предложениях примера 1:
  1. In winter is cold. (18 символов)
  2. In winter is cold and snowy. (28 символов)
- **Вывод:** Предложение 2 содержит больше информации!
  
- *Вопрос: Сколько информации содержится в каждом предложении примера 1?*

# Формула Хартли

- Каждый символ сообщения имеет определённый *информационный вес* – несёт *фиксированное количество информации*.
- Все символы одного алфавита имеют один и тот же вес, зависящий от мощности (количества символов) алфавита:  $N=2^i$ .
- Информационный объём  $I$  сообщения равен произведению количества  $K$  символов в сообщении на информационный вес  $i$  символа алфавита:

$$I = K \times i$$

$K$

Количество символов  
в сообщении

$i$

Информационный вес  
символа алфавита

# Формула Хартли

пример 1

Английский алфавит содержит 26 букв. Для записи текста нужны пробел, точка, запятая, вопросительный знак, восклицательный знак, тире. Получается расширенный алфавит мощностью в 32 символа.

**Пример:** Сообщение, записанное буквами 32-символьного алфавита, содержит 18 символов. Какое количество информации оно несёт?

**Решение:**

$$\begin{array}{l|l} N = 32 & I = K \times i, \\ \underline{K = 18} & N = 2^i \\ I - ? & \end{array}$$

$$32 = 2^i, i = 5, I = 18 \times 5 = 90 \text{ (битов)}$$

**Ответ:** 90 битов ( $28 \times 5 = 140$  (битов) для сообщения из 28 символов).



# Содержательный подход

## Semantic (probabilistic) approach

- Вычислим количество символов в предложениях примера 2:

пример 2

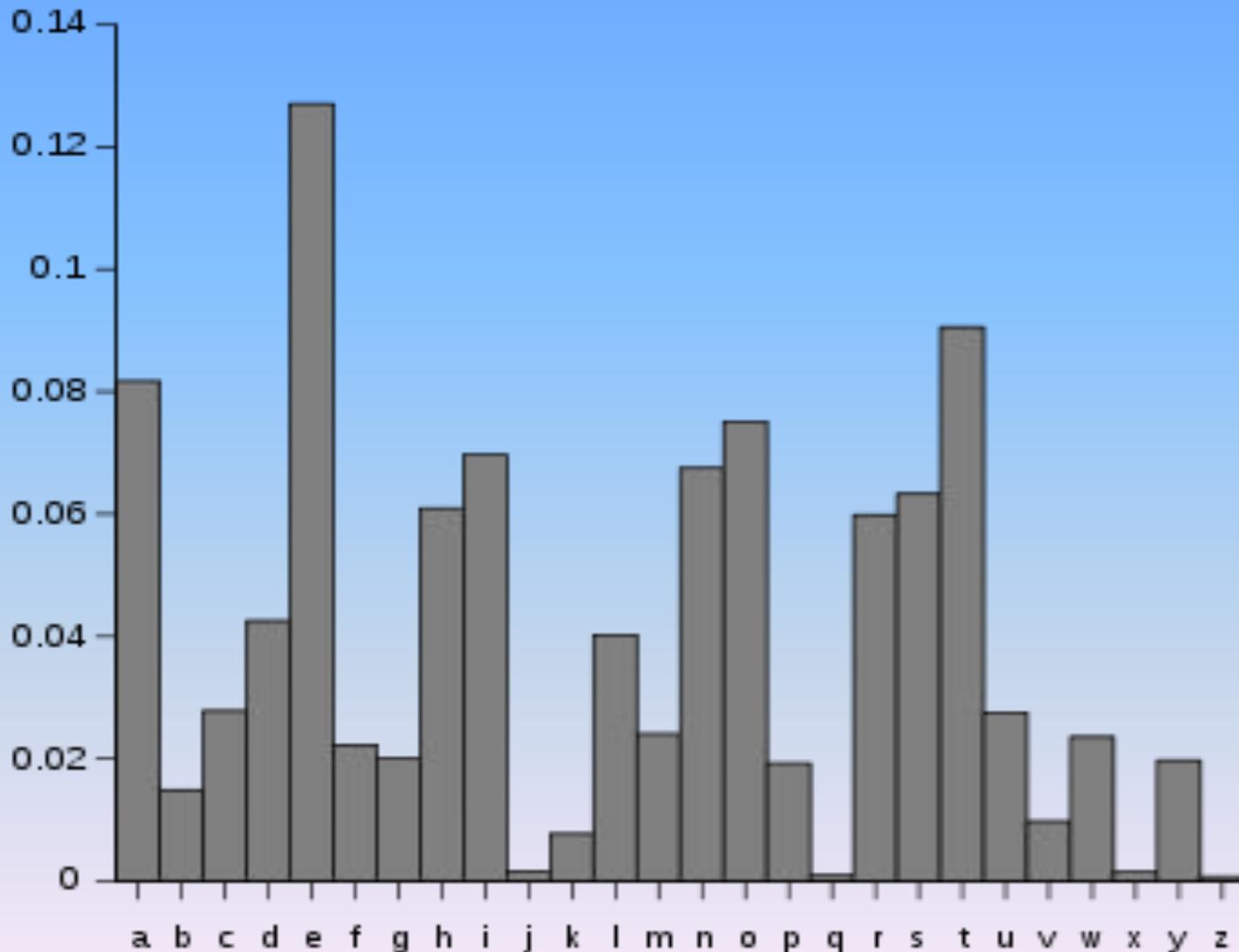
1. Tomorrow will be cold and snowy. (32 символа)
2. Tomorrow will be warm and sunny. (32 символа)

- *Вывод: по формуле Хартли предложения содержат  $32 \times 5 = 160$  бит информации.*

- Но сообщение о том, что будет тепло и солнечно, более вероятно летом, а сообщение о холоде и снеге – зимой.

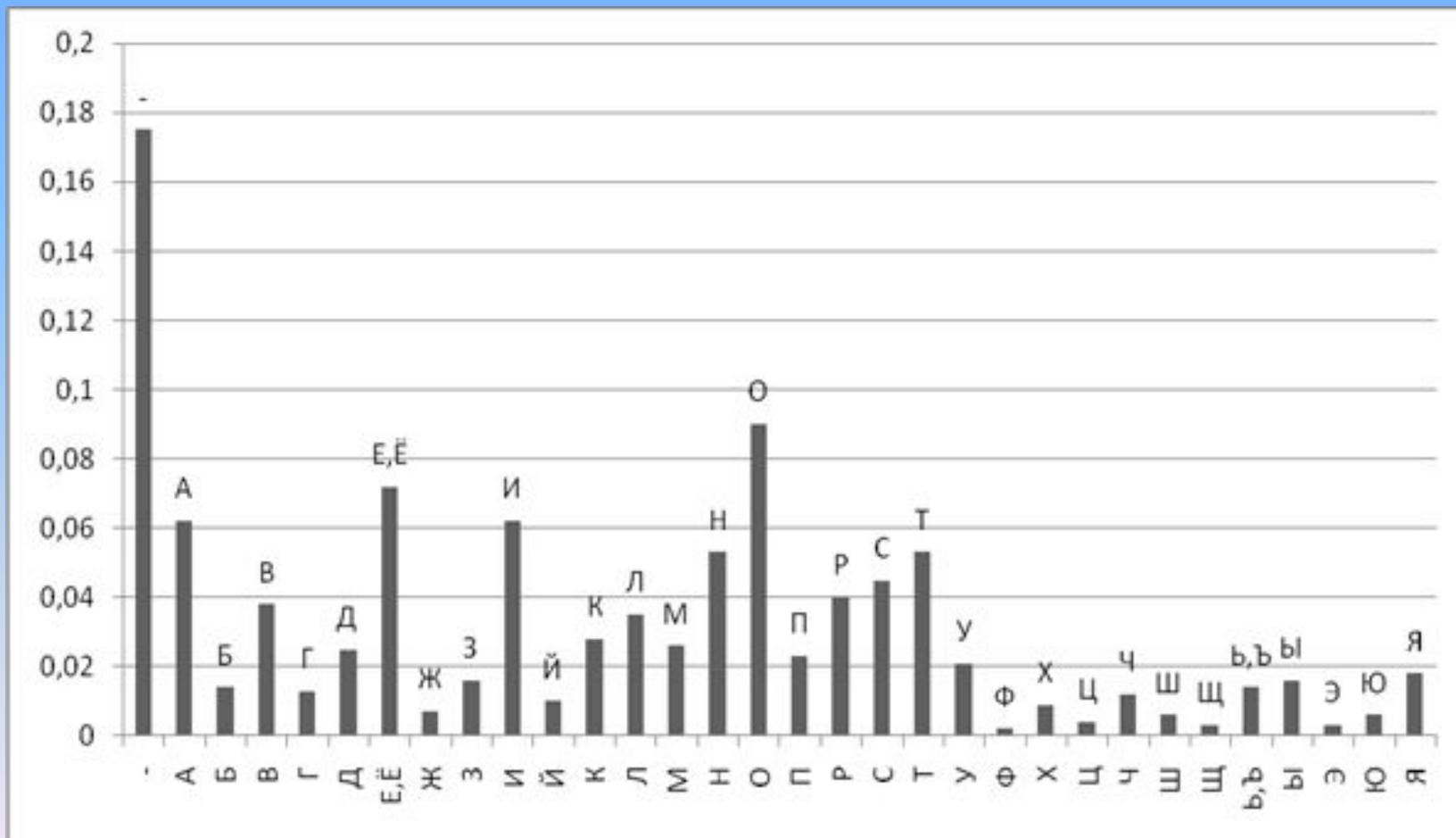
# Частота букв английского языка

## The frequency of English letters



# Частота букв русского языка

## The frequency of Russian letters



# Формула Шеннона

- Информационный вес символа алфавита вычисляется по формуле:

$$I(p) = \log(1/p)$$

$p$

Частота появления  
символа

$\log$

Функция, обратная  
к степени

- Среднее количество информации в сообщении (*информационная энтропия*) равно

$$H = p_1 \cdot I(p_1) + p_2 \cdot I(p_2) + \dots + p_S \cdot I(p_N),$$

$N$  - мощность (количество символов) алфавита.

<b>буква</b>	<b>частота %</b>	<b>вес, бит</b>	<b>буква</b>	<b>частота %</b>	<b>вес, бит</b>	<b>буква</b>	<b>частота %</b>	<b>вес, бит</b>
<b>A</b>	<b>0.081</b>	<b>3.62</b>	<b>K</b>	<b>0.004</b>	<b>7.97</b>	<b>U</b>	<b>0.024</b>	<b>5.38</b>
<b>B</b>	<b>0.014</b>	<b>6.16</b>	<b>L</b>	<b>0.034</b>	<b>4.88</b>	<b>V</b>	<b>0.009</b>	<b>6.80</b>
<b>C</b>	<b>0.027</b>	<b>5.21</b>	<b>M</b>	<b>0.025</b>	<b>5.32</b>	<b>W</b>	<b>0.015</b>	<b>6.06</b>
<b>D</b>	<b>0.039</b>	<b>4.68</b>	<b>N</b>	<b>0.072</b>	<b>3.80</b>	<b>X</b>	<b>0.002</b>	<b>8.97</b>
<b>E</b>	<b>0.13</b>	<b>2.94</b>	<b>O</b>	<b>0.079</b>	<b>3.66</b>	<b>Y</b>	<b>0.019</b>	<b>5.72</b>
<b>F</b>	<b>0.029</b>	<b>5.11</b>	<b>P</b>	<b>0.02</b>	<b>5.64</b>	<b>Z</b>	<b>0.001</b>	<b>9.97</b>
<b>G</b>	<b>0.02</b>	<b>5.64</b>	<b>Q</b>	<b>0.0015</b>	<b>9.38</b>			
<b>H</b>	<b>0.052</b>	<b>4.27</b>	<b>R</b>	<b>0.069</b>	<b>3.86</b>			
<b>I</b>	<b>0.065</b>	<b>3.94</b>	<b>S</b>	<b>0.061</b>	<b>4.04</b>			
<b>J</b>	<b>0.002</b>	<b>8.97</b>	<b>T</b>	<b>0.105</b>	<b>3.25</b>			

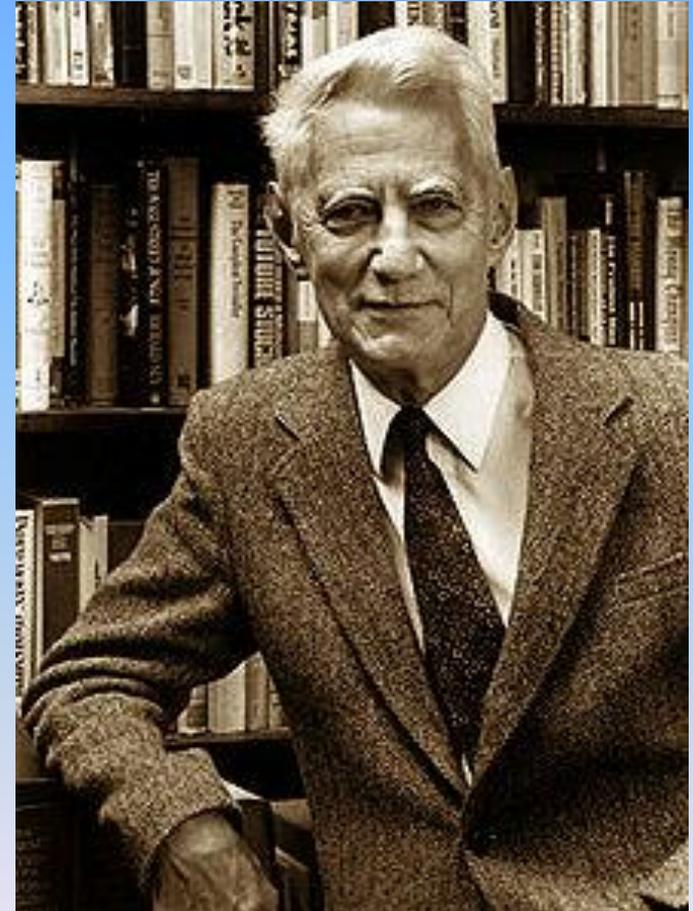
# Формула Шеннона

пример 2

## *Пример 2:*

количество информации в первом сообщении равно **3.753** бит,

количество информации во втором сообщении равно **3.856** бит.

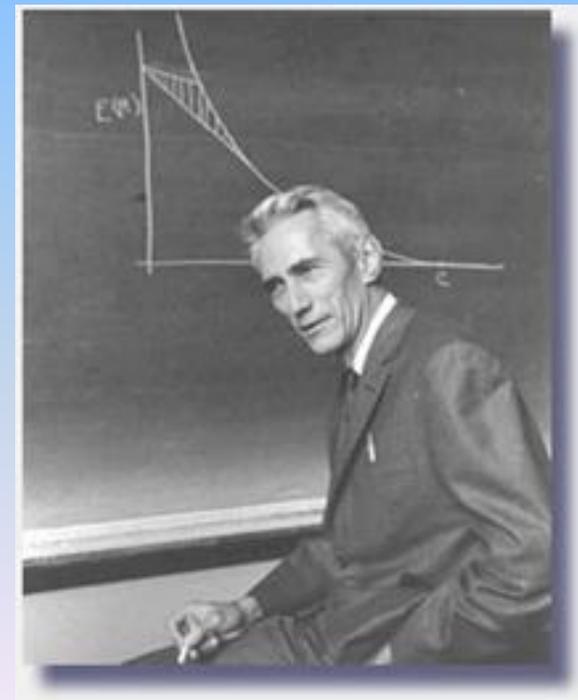


# Probabilistic approach: historical notes



- ❖ Американский инженер и математик **Клод Шеннон** в 1948 году в статье «Математическая теория связи» предложил формулу для измерения количества информации в случае *различных вероятностей событий*.

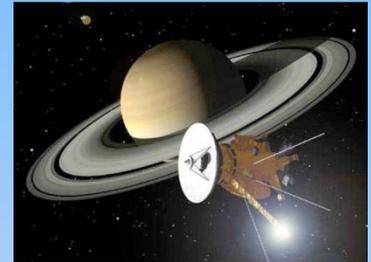
- ❖ **К. Шеннон** является основателем теории информации.
- ❖ **К. Шеннон** первым предложил использовать термин «бит» для обозначения наименьшей единицы измерения информации.



# Why is the Information Theory Important?

- Thanks in large measure to Shannon's insights, digital systems have come to dominate the world of communications and information processing.

- Modems
- satellite communications
- Data storage
- Deep space communications
- Wireless technology



# Задача

Информационное сообщение объёмом 720 битов состоит из 180 символов. Какова мощность алфавита, с помощью которого записано это сообщение?

**Решение:**

$I = 720$		$N = 2^i,$		$i = 720/180 = 4$ (бита);	
$K = 180$		$I = K \times i,$			$N = 2^4 = 16$ (СИМВОЛОВ)
<hr/> $N - ?$		$i = I/K$			

**Ответ:** 16 СИМВОЛОВ.

# Единицы измерения информации



## КОМПЬЮТЕРНЫЙ АЛФАВИТ

- *русские (РУС) буквы*
- *латинские (LAT) буквы*
- *цифры (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0)*
- *математические знаки (+, -, \*, /, ^, =)*
- *прочие символы («», №, %, <, >, :, ;, #, &)*

Алфавит содержит 256 символов.

$$256 = 2^8 \Rightarrow i=8$$

**1 байт** - информационный вес символа алфавита мощностью 256.

**1 байт = 8 битов**

**1 килобайт = 1 Кб = 1024 байта =  $2^{10}$  байтов**

**1 мегабайт = 1 Мб = 1024 Кб =  $2^{10}$  Кб =  $2^{20}$  байтов**

**1 гигабайт = 1 Гб = 1024 Мб =  $2^{10}$  Мб =  $2^{20}$  Кб =  $2^{30}$  байтов**

**1 терабайт = 1 Тб = 1024 Гб =  $2^{10}$  Гб =  $2^{20}$  Мб =  $2^{30}$  Кб =  $2^{40}$  байтов**

# Задача

Информационное сообщение объёмом 4 Кбайта состоит из 4096 символов. Каков информационный вес символа этого сообщения? Сколько символов содержит алфавит, с помощью которого записано это сообщение?

## Решени

$$I = 4 \text{ Кб,}$$

$$K = 4096;$$

$$i - ? \quad N - ?$$

$$N = 2^i, I = K \times i, \quad i = I/K$$

$$I = 4 \text{ (Кб)} = 4 \times 1024 \times 8 \text{ (битов)}$$

$$i = 4 \times 1024 \times 8 / 4096 = 8 \text{ (битов)}$$

$$N = 2^8 = 256 \text{ (символов)}$$

Ответ: информационный вес символа = 8,  
алфавит содержит 256 символов.

# Задача

Для записи текста использовался 64-символьный алфавит. Какой объём информации в байтах содержат 10 страниц текста, если на каждой странице расположено 32 строки по 64 символа в строке?

**Решение:**

$$N=64, i=6, K=10 * 32 * 64= 20\ 480 \text{ (символов)}$$

$$I= K * i / 8 = 20480 * 6 / 8 = 15360 \text{ (байтов)}$$

**Ответ: 15360 байтов.**

# Интерактивные упражнения

[Упражнение 1](#)

[Упражнение 2](#)

[Упражнение 3](#)

[Упражнение 4](#)

[Упражнение 5](#)

# Выводы

- *При алфавитном подходе* измерения информации предполагается, что все символы алфавита встречаются в сообщениях, записанных с помощью этого алфавита, одинаково часто. Однако в действительности символы алфавитов в сообщениях появляются с разной частотой.
- *При вероятностном подходе* измерения информации количество информации в сообщении о некотором событии зависит от вероятности этого события. Чем меньше вероятность некоторого события, тем больше информации содержит сообщение об этом событии. Среднее количество информации достигает максимального значения при равновероятных событиях.