



Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Фізико-технічний інститут

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1**

З дисципліни «Криптографія»

«Експериментальна оцінка ентропії на символ джерела відкритого  
тексту»

Виконали:

студенти 3 курсу ФТІ

групи ФБ-73

Дем'яненко Д.

Проноза А.

Перевірив:

Чорний О.

## Мета роботи:

Засвоєння понять ентропії на символ джерела та його надлишковості, вивчення та порівняння різних моделей джерела відкритого тексту для наближеного визначення ентропії, набуття практичних навичок щодо оцінки ентропії на символ джерела.

## Порядок виконання роботи:

0. Уважно прочитати методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму.
1. Написати програми для підрахунку частот букв і частот біграх`м в тексті, а також підрахунку  $H_1$  та  $H_2$  за безпосереднім означенням. Підрахувати частоти букв та біграм, а також значення  $H_1$  та  $H_2$  на довільно обраному тексті російською мовою достатньої довжини (щонайменше 1Мб), де імовірності замінити відповідними частотами. Також одержати значення  $H_1$  та  $H_2$  на тому ж тексті, в якому вилучено всі пробіли.
2. За допомогою програми CoolPinkProgram оцінити значення  $H^{(10)}$ ,  $H^{(20)}$ ,  $H^{(30)}$ .
3. Використовуючи отримані значення ентропії, оцінити надлишковість російської мови в різних моделях джерела.

## Хід роботи:

- 1)Прочитали методичні вказівки до виконання лабораторної роботи.
- 2) За допомогою програми CoolPinkProgram оцінили значення  $H^{(10)}$ ,  $H^{(20)}$ ,  $H^{(30)}$  і запустили відповідні скріншоти на github (пункт 2).
- 3)Створили додаток у IntelliJ IDEA для виконання завдання 1: написати програму для підрахунку частот букв і частот біграм в тексті, а також підрахунку  $H_1$  та  $H_2$  за безпосереднім означенням.
- 4)Запустили код на github
- 5) Використовуючи отримані значення ентропії, оцінили надлишковість російської мови в різних моделях джерела.

| Ентропія                           |                          |
|------------------------------------|--------------------------|
| Для 1 символу з пробілом           | $H_1=4.384479655591922$  |
| Для 1 символу без пробілу          | $H_1=4.462782106749086$  |
| Для біграми з пробілом з кроком 2  | $H_2=3.9815947603632704$ |
| Для біграми без пробілу з кроком 2 | $H_2= 4.145346121275769$ |
| Для біграми з пробілом з кроком 1  | $H_2=3.9815564729306763$ |
| Для біграми без пробілу з кроком 1 | $H_2= 4.145375747460906$ |
| Ідеальна ентропія з пробілом       | $H_0=21.090792787932422$ |
| Ідеальна ентропія без пробілу      | $H_0=20.84044448553777$  |

| Надлишковість російської мови      |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| Для символів з пробілами           | R=0.792114042384381   |
| Для символів без пробілів          | R=0.7858595525711539  |
| Для біграм з пробілами з кроком 2  | R=0.8112164487889033  |
| Для біграм без пробілів з кроком 2 | R=0.8010912807472781  |
| Для біграм з пробілами з кроком 1  | R= 0.8112182641513213 |
| Для біграм без пробілу з кроком 1  | R= 0.8010898591756241 |

| Частоти літер |             |             |
|---------------|-------------|-------------|
|               | З пробілом  | Без пробілу |
| О             | 0,159306574 |             |
| О             | 0,093166256 | 0,110820726 |
| Е             | 0,071908723 | 0,085535013 |
| А             | 0,069836969 | 0,083070673 |
| Т             | 0,053201592 | 0,063282988 |
| Н             | 0,053071744 | 0,063128534 |
| И             | 0,052689810 | 0,062674227 |
| С             | 0,045863812 | 0,054554741 |
| Л             | 0,041706871 | 0,049610084 |
| Р             | 0,038422153 | 0,045702931 |
| В             | 0,037241428 | 0,044298465 |
| М             | 0,028416212 | 0,033800921 |
| К             | 0,028182932 | 0,033523436 |
| Д             | 0,027149518 | 0,032294195 |
| У             | 0,023826293 | 0,028341239 |
| П             | 0,021819463 | 0,025954126 |
| Я             | 0,017310588 | 0,020590845 |
| Ь             | 0,017146263 | 0,020395381 |
| Ы             | 0,015892106 | 0,018903569 |
| Г             | 0,015790914 | 0,018783201 |
| Б             | 0,014485713 | 0,017230672 |
| З             | 0,014226016 | 0,016921764 |
| Ч             | 0,012566642 | 0,014947949 |
| Й             | 0,008880738 | 0,010563587 |
| Ж             | 0,008871783 | 0,010552935 |
| Ш             | 0,006717642 | 0,007990596 |
| Х             | 0,005439306 | 0,006470024 |
| Ю             | 0,005008568 | 0,005957663 |
| Э             | 0,003522027 | 0,004189431 |
| Ц             | 0,003069796 | 0,003651505 |
| Ф             | 0,002652938 | 0,003155654 |
| Щ             | 0,002608610 | 0,003102927 |

## Частота біграм з пробілом і кроком 2

|   | 0       | а       | б       | в       | г       | д       | е       | ж       | з       | и       | й       | к       | л       | м       | н       | о       |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0 | 0,00000 | 0,00215 | 0,00636 | 0,01705 | 0,00445 | 0,00802 | 0,00393 | 0,00197 | 0,00411 | 0,00826 | 0,00000 | 0,00887 | 0,00237 | 0,00807 | 0,01358 | 0,01078 |
| а | 0,01503 | 0,00002 | 0,00074 | 0,00260 | 0,00075 | 0,00225 | 0,00144 | 0,00110 | 0,00433 | 0,00014 | 0,00077 | 0,00441 | 0,00892 | 0,00319 | 0,00527 | 0,00008 |
| б | 0,00021 | 0,00111 | 0,00021 | 0,00006 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00225 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00074 | 0,00000 | 0,00013 | 0,00081 | 0,00005 | 0,00025 | 0,00204 |
| в | 0,00526 | 0,00608 | 0,00001 | 0,00005 | 0,00001 | 0,00026 | 0,00519 | 0,00000 | 0,00060 | 0,00334 | 0,00000 | 0,00011 | 0,00070 | 0,00015 | 0,00073 | 0,00614 |
| г | 0,00065 | 0,00096 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00114 | 0,00022 | 0,00014 | 0,00000 | 0,00053 | 0,00000 | 0,00008 | 0,00162 | 0,00001 | 0,00027 | 0,00803 |
| д | 0,00085 | 0,00554 | 0,00005 | 0,00101 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00506 | 0,00010 | 0,00005 | 0,00234 | 0,00000 | 0,00021 | 0,00064 | 0,00018 | 0,00182 | 0,00387 |
| е | 0,01771 | 0,00024 | 0,00104 | 0,00114 | 0,00036 | 0,00312 | 0,00118 | 0,00073 | 0,00115 | 0,00012 | 0,00173 | 0,00166 | 0,00597 | 0,00407 | 0,00729 | 0,00024 |
| ж | 0,00025 | 0,00150 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00086 | 0,00353 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00134 | 0,00000 | 0,00007 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00082 | 0,00004 |
| з | 0,00141 | 0,00561 | 0,00017 | 0,00078 | 0,00038 | 0,00062 | 0,00036 | 0,00009 | 0,00004 | 0,00033 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00020 | 0,00027 | 0,00172 | 0,00056 |
| и | 0,01532 | 0,00062 | 0,00058 | 0,00185 | 0,00036 | 0,00154 | 0,00196 | 0,00039 | 0,00190 | 0,00055 | 0,00091 | 0,00183 | 0,00555 | 0,00284 | 0,00373 | 0,00021 |
| й | 0,00675 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00023 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00005 | 0,00003 | 0,00005 | 0,00042 | 0,00005 |
| к | 0,00449 | 0,00777 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00043 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00213 | 0,00000 | 0,00005 | 0,00069 | 0,00001 | 0,00053 | 0,00765 |
| л | 0,00821 | 0,00537 | 0,00005 | 0,00005 | 0,00011 | 0,00005 | 0,00386 | 0,00046 | 0,00001 | 0,00656 | 0,00000 | 0,00019 | 0,00017 | 0,00007 | 0,00043 | 0,00511 |
| м | 0,00779 | 0,00241 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00400 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00264 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00017 | 0,00010 | 0,00173 | 0,00508 |
| н | 0,00447 | 0,00995 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00055 | 0,00042 | 0,00892 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00664 | 0,00000 | 0,00041 | 0,00001 | 0,00006 | 0,00213 | 0,00844 |
| о | 0,02005 | 0,00003 | 0,00325 | 0,00584 | 0,00445 | 0,00467 | 0,00215 | 0,00192 | 0,00122 | 0,00092 | 0,00370 | 0,00201 | 0,00527 | 0,00528 | 0,00638 | 0,00015 |
| п | 0,00005 | 0,00144 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00172 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00099 | 0,00000 | 0,00005 | 0,00058 | 0,00000 | 0,00011 | 0,00876 |
| р | 0,00189 | 0,00783 | 0,00006 | 0,00036 | 0,00012 | 0,00041 | 0,00580 | 0,00029 | 0,00004 | 0,00508 | 0,00000 | 0,00026 | 0,00011 | 0,00025 | 0,00090 | 0,00692 |
| с | 0,00334 | 0,00145 | 0,00004 | 0,00158 | 0,00002 | 0,00029 | 0,00349 | 0,00004 | 0,00000 | 0,00164 | 0,00000 | 0,00435 | 0,00315 | 0,00070 | 0,00083 | 0,00229 |
| т | 0,00540 | 0,00520 | 0,00002 | 0,00253 | 0,00001 | 0,00012 | 0,00666 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00339 | 0,00000 | 0,00052 | 0,00026 | 0,00003 | 0,00110 | 0,01365 |
| у | 0,00655 | 0,00035 | 0,00058 | 0,00073 | 0,00106 | 0,00205 | 0,00023 | 0,00134 | 0,00041 | 0,00012 | 0,00009 | 0,00077 | 0,00147 | 0,00112 | 0,00023 | 0,00003 |
| ф | 0,00056 | 0,00031 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00018 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00023 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00005 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00061 |
| х | 0,00270 | 0,00034 | 0,00000 | 0,00017 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00012 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00008 | 0,00002 | 0,00009 | 0,00170 |
| ц | 0,00058 | 0,00077 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00067 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00027 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00022 |
| ч | 0,00022 | 0,00227 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00336 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00125 | 0,00000 | 0,00016 | 0,00003 | 0,00000 | 0,00064 | 0,00013 |
| ш | 0,00013 | 0,00116 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00215 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00141 | 0,00000 | 0,00036 | 0,00040 | 0,00001 | 0,00025 | 0,00019 |
| щ | 0,00002 | 0,00044 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00130 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00071 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00007 | 0,00000 |
| ы | 0,00554 | 0,00000 | 0,00027 | 0,00069 | 0,00006 | 0,00009 | 0,00095 | 0,00001 | 0,00006 | 0,00002 | 0,00173 | 0,00016 | 0,00163 | 0,00101 | 0,00034 | 0,00001 |
| ь | 0,00096 | 0,00001 | 0,00056 | 0,00006 | 0,00007 | 0,00009 | 0,00064 | 0,00000 | 0,00012 | 0,00014 | 0,00000 | 0,00011 | 0,00000 | 0,00035 | 0,00098 | 0,00006 |
| э | 0,00010 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00017 | 0,00000 | 0,00007 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00010 | 0,00007 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00000 |
| ю | 0,00273 | 0,00000 | 0,00036 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00031 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00006 | 0,00005 | 0,00007 | 0,00001 |
| я | 0,01085 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00036 | 0,00008 | 0,00041 | 0,00015 | 0,00012 | 0,00018 | 0,00010 | 0,00002 | 0,00020 | 0,00075 | 0,00033 | 0,00062 | 0,00001 |



|  | п       | р       | с       | т       | у       | ф       | х       | ц       | ч       | ш       | щ       | ь       | б       | з       | и       | ф       |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  | 0,01497 | 0,00320 | 0,01567 | 0,00655 | 0,00439 | 0,00097 | 0,00103 | 0,00029 | 0,00555 | 0,00064 | 0,00005 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00314 | 0,00009 | 0,00301 |
|  | 0,00078 | 0,00322 | 0,00400 | 0,00435 | 0,00006 | 0,00086 | 0,00069 | 0,00006 | 0,00069 | 0,00119 | 0,00025 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00103 | 0,00162 |
|  | 0,00000 | 0,00103 | 0,00013 | 0,00000 | 0,00121 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00013 | 0,00354 | 0,00013 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00039 |
|  | 0,00021 | 0,00071 | 0,00227 | 0,00025 | 0,00062 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00002 | 0,00007 | 0,00062 | 0,00001 | 0,00335 | 0,00017 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00025 |
|  | 0,00000 | 0,00140 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00049 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
|  | 0,00012 | 0,00136 | 0,00029 | 0,00010 | 0,00154 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00040 | 0,00002 | 0,00005 | 0,00000 | 0,00047 | 0,00062 | 0,00003 | 0,00002 | 0,00028 |
|  | 0,00076 | 0,00614 | 0,00513 | 0,00540 | 0,00010 | 0,00002 | 0,00047 | 0,00044 | 0,00109 | 0,00069 | 0,00066 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00016 | 0,00017 |
|  | 0,00000 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00000 | 0,00024 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00000 |
|  | 0,00001 | 0,00031 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00037 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00036 | 0,00016 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00029 |
|  | 0,00026 | 0,00062 | 0,00279 | 0,00435 | 0,00006 | 0,00005 | 0,00122 | 0,00069 | 0,00082 | 0,00042 | 0,00023 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00026 | 0,00109 |
|  | 0,00002 | 0,00000 | 0,00040 | 0,00049 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00005 | 0,00009 | 0,00009 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
|  | 0,00000 | 0,00204 | 0,00022 | 0,00054 | 0,00131 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
|  | 0,00005 | 0,00000 | 0,00132 | 0,00005 | 0,00147 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00012 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00072 | 0,00467 | 0,00000 | 0,00097 | 0,00154 |
|  | 0,00014 | 0,00011 | 0,00017 | 0,00003 | 0,00240 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00004 | 0,00000 | 0,00007 | 0,00091 | 0,00013 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00036 |
|  | 0,00000 | 0,00003 | 0,00036 | 0,00179 | 0,00278 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00056 | 0,00013 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00300 | 0,00093 | 0,00000 | 0,00016 | 0,00180 |
|  | 0,00097 | 0,00675 | 0,00657 | 0,00716 | 0,00004 | 0,00009 | 0,00040 | 0,00008 | 0,00156 | 0,00113 | 0,00022 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00026 | 0,00064 |
|  | 0,00006 | 0,00665 | 0,00001 | 0,00011 | 0,00064 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00025 | 0,00007 | 0,00007 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00033 |
|  | 0,00009 | 0,00045 | 0,00059 | 0,00084 | 0,00249 | 0,00002 | 0,00007 | 0,00007 | 0,00007 | 0,00017 | 0,00003 | 0,00162 | 0,00068 | 0,00010 | 0,00014 | 0,00078 |
|  | 0,00227 | 0,00020 | 0,00081 | 0,01063 | 0,00091 | 0,00001 | 0,00019 | 0,00004 | 0,00056 | 0,00008 | 0,00000 | 0,00038 | 0,00266 | 0,00001 | 0,00013 | 0,00366 |
|  | 0,00007 | 0,00248 | 0,00114 | 0,00010 | 0,00134 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00018 | 0,00014 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00132 | 0,00612 | 0,00000 | 0,00016 | 0,00042 |
|  | 0,00070 | 0,00039 | 0,00130 | 0,00132 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00028 | 0,00001 | 0,00096 | 0,00058 | 0,00021 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00089 | 0,00005 |
|  | 0,00000 | 0,00059 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00011 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
|  | 0,00000 | 0,00011 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00007 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
|  | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00026 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00013 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
|  | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00355 | 0,00048 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00008 | 0,00010 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00023 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
|  | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00003 | 0,00031 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00031 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
|  | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00008 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00003 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
|  | 0,00015 | 0,00029 | 0,00071 | 0,00071 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00070 | 0,00000 | 0,00014 | 0,00045 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
|  | 0,00003 | 0,00001 | 0,00104 | 0,00018 | 0,00001 | 0,00053 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00005 | 0,00037 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00045 | 0,00043 |
|  | 0,00005 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00276 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
|  | 0,00002 | 0,00013 | 0,00023 | 0,00042 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00009 | 0,00001 | 0,00036 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00003 | 0,00000 |
|  | 0,00005 | 0,00004 | 0,00048 | 0,00146 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00015 | 0,00010 | 0,00027 | 0,00001 | 0,00020 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00017 | 0,00008 |

Частота біграм без пробілу і кроком 2

|   | а       | б       | в       | г       | д       | е       | ж       | з       | и       | й       | к       | л       | м       | н       | о       | п       |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| а | 0,00024 | 0,00155 | 0,00478 | 0,00146 | 0,00374 | 0,00226 | 0,00155 | 0,00563 | 0,00113 | 0,00089 | 0,00644 | 0,01063 | 0,00467 | 0,00779 | 0,00131 | 0,00250 |
| б | 0,00132 | 0,00027 | 0,00008 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00272 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00087 | 0,00000 | 0,00018 | 0,00098 | 0,00006 | 0,00033 | 0,00241 | 0,00001 |
| в | 0,00737 | 0,00019 | 0,00037 | 0,00029 | 0,00062 | 0,00633 | 0,00004 | 0,00084 | 0,00432 | 0,00000 | 0,00068 | 0,00096 | 0,00045 | 0,00127 | 0,00773 | 0,00093 |
| г | 0,00115 | 0,00006 | 0,00008 | 0,00002 | 0,00137 | 0,00032 | 0,00019 | 0,00003 | 0,00066 | 0,00000 | 0,00016 | 0,00196 | 0,00008 | 0,00039 | 0,00953 | 0,00007 |
| д | 0,00665 | 0,00009 | 0,00129 | 0,00004 | 0,00008 | 0,00601 | 0,00012 | 0,00009 | 0,00285 | 0,00000 | 0,00028 | 0,00078 | 0,00025 | 0,00228 | 0,00458 | 0,00022 |
| е | 0,00045 | 0,00217 | 0,00356 | 0,00451 | 0,00466 | 0,00176 | 0,00112 | 0,00209 | 0,00111 | 0,00209 | 0,00292 | 0,00742 | 0,00611 | 0,01025 | 0,00153 | 0,00290 |
| ж | 0,00174 | 0,00005 | 0,00004 | 0,00002 | 0,00114 | 0,00425 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00164 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00095 | 0,00006 | 0,00002 |
| з | 0,00664 | 0,00022 | 0,00116 | 0,00049 | 0,00082 | 0,00047 | 0,00014 | 0,00008 | 0,00042 | 0,00000 | 0,00022 | 0,00030 | 0,00040 | 0,00221 | 0,00080 | 0,00017 |
| и | 0,00062 | 0,00162 | 0,00420 | 0,00086 | 0,00269 | 0,00277 | 0,00063 | 0,00269 | 0,00152 | 0,00116 | 0,00323 | 0,00690 | 0,00414 | 0,00591 | 0,00156 | 0,00215 |
| й | 0,00017 | 0,00029 | 0,00075 | 0,00029 | 0,00086 | 0,00010 | 0,00017 | 0,00017 | 0,00051 | 0,00000 | 0,00062 | 0,00016 | 0,00048 | 0,00104 | 0,00057 | 0,00075 |
| к | 0,00933 | 0,00025 | 0,00075 | 0,00018 | 0,00024 | 0,00060 | 0,00015 | 0,00010 | 0,00283 | 0,00000 | 0,00040 | 0,00090 | 0,00025 | 0,00107 | 0,00957 | 0,00036 |
| л | 0,00661 | 0,00049 | 0,00104 | 0,00054 | 0,00058 | 0,00519 | 0,00059 | 0,00024 | 0,00831 | 0,00000 | 0,00087 | 0,00031 | 0,00085 | 0,00117 | 0,00678 | 0,00065 |
| м | 0,00305 | 0,00034 | 0,00091 | 0,00032 | 0,00055 | 0,00500 | 0,00013 | 0,00023 | 0,00385 | 0,00000 | 0,00066 | 0,00034 | 0,00050 | 0,00275 | 0,00672 | 0,00103 |
| н | 0,01096 | 0,00032 | 0,00058 | 0,00073 | 0,00088 | 0,01089 | 0,00008 | 0,00018 | 0,00811 | 0,00000 | 0,00068 | 0,00006 | 0,00027 | 0,00311 | 0,01030 | 0,00068 |
| о | 0,00024 | 0,00489 | 0,00995 | 0,00607 | 0,00661 | 0,00316 | 0,00266 | 0,00200 | 0,00211 | 0,00420 | 0,00350 | 0,00666 | 0,00741 | 0,00953 | 0,00205 | 0,00346 |
| п | 0,00166 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00207 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00118 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00071 | 0,00000 | 0,00014 | 0,01051 | 0,00010 |
| р | 0,00924 | 0,00016 | 0,00066 | 0,00018 | 0,00062 | 0,00697 | 0,00032 | 0,00010 | 0,00606 | 0,00000 | 0,00045 | 0,00013 | 0,00035 | 0,00129 | 0,00837 | 0,00040 |
| с | 0,00187 | 0,00018 | 0,00220 | 0,00017 | 0,00050 | 0,00425 | 0,00016 | 0,00009 | 0,00211 | 0,00000 | 0,00521 | 0,00385 | 0,00100 | 0,00149 | 0,00284 | 0,00310 |
| т | 0,00631 | 0,00034 | 0,00385 | 0,00019 | 0,00046 | 0,00809 | 0,00008 | 0,00013 | 0,00508 | 0,00000 | 0,00097 | 0,00041 | 0,00182 | 0,00183 | 0,01679 | 0,00067 |
| у | 0,00058 | 0,00092 | 0,00164 | 0,00140 | 0,00275 | 0,00044 | 0,00166 | 0,00062 | 0,00069 | 0,00010 | 0,00146 | 0,00180 | 0,00182 | 0,00108 | 0,00048 | 0,00147 |
| ф | 0,00034 | 0,00001 | 0,00008 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00021 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00031 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00005 | 0,00008 | 0,00007 | 0,00077 | 0,00006 |
| х | 0,00045 | 0,00012 | 0,00044 | 0,00010 | 0,00019 | 0,00007 | 0,00003 | 0,00007 | 0,00034 | 0,00000 | 0,00019 | 0,00021 | 0,00017 | 0,00030 | 0,00222 | 0,00040 |
| ц | 0,00098 | 0,00003 | 0,00014 | 0,00001 | 0,00004 | 0,00085 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00037 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00007 | 0,00032 | 0,00010 |
| ч | 0,00274 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00395 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00149 | 0,00000 | 0,00021 | 0,00006 | 0,00000 | 0,00083 | 0,00015 | 0,00002 |
| ш | 0,00134 | 0,00002 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00255 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00163 | 0,00000 | 0,00038 | 0,00050 | 0,00001 | 0,00029 | 0,00024 | 0,00003 |
| щ | 0,00057 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00154 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00079 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00007 | 0,00001 | 0,00000 |
| ы | 0,00008 | 0,00056 | 0,00151 | 0,00023 | 0,00042 | 0,00129 | 0,00010 | 0,00032 | 0,00043 | 0,00205 | 0,00043 | 0,00207 | 0,00158 | 0,00107 | 0,00046 | 0,00090 |
| ь | 0,00015 | 0,00096 | 0,00152 | 0,00029 | 0,00067 | 0,00120 | 0,00010 | 0,00047 | 0,00086 | 0,00000 | 0,00194 | 0,00020 | 0,00107 | 0,00205 | 0,00078 | 0,00102 |
| э | 0,00000 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00021 | 0,00000 | 0,00007 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00013 | 0,00009 | 0,00005 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00008 |
| ю | 0,00005 | 0,00052 | 0,00044 | 0,00010 | 0,00054 | 0,00011 | 0,00008 | 0,00009 | 0,00023 | 0,00001 | 0,00024 | 0,00012 | 0,00020 | 0,00032 | 0,00021 | 0,00026 |
| я | 0,00015 | 0,00056 | 0,00205 | 0,00040 | 0,00113 | 0,00049 | 0,00029 | 0,00061 | 0,00077 | 0,00003 | 0,00098 | 0,00107 | 0,00090 | 0,00224 | 0,00078 | 0,00127 |



| P       | C       | T       | Y       | φ       | X       | U       | Y       | W       | W       | H       | B       | 3       | 0       | R       |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0,00426 | 0,00645 | 0,00596 | 0,00052 | 0,00119 | 0,00093 | 0,00010 | 0,00127 | 0,00151 | 0,00027 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00055 | 0,00122 | 0,00230 |
| 0,00128 | 0,00016 | 0,00001 | 0,00148 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00017 | 0,00414 | 0,00015 | 0,00011 | 0,00001 | 0,00043 |
| 0,00102 | 0,00347 | 0,00083 | 0,00083 | 0,00003 | 0,00005 | 0,00003 | 0,00025 | 0,00081 | 0,00001 | 0,00392 | 0,00018 | 0,00030 | 0,00000 | 0,00034 |
| 0,00174 | 0,00009 | 0,00003 | 0,00059 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00001 |
| 0,00161 | 0,00047 | 0,00016 | 0,00182 | 0,00001 | 0,00005 | 0,00046 | 0,00008 | 0,00007 | 0,00000 | 0,00058 | 0,00076 | 0,00006 | 0,00002 | 0,00038 |
| 0,00777 | 0,00859 | 0,00706 | 0,00082 | 0,00010 | 0,00072 | 0,00054 | 0,00198 | 0,00088 | 0,00079 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00041 | 0,00020 | 0,00054 |
| 0,00001 | 0,00006 | 0,00001 | 0,00030 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00003 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00007 | 0,00001 | 0,00001 |
| 0,00041 | 0,00018 | 0,00012 | 0,00049 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00005 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00043 | 0,00018 | 0,00005 | 0,00000 | 0,00039 |
| 0,00108 | 0,00511 | 0,00592 | 0,00059 | 0,00018 | 0,00160 | 0,00082 | 0,00147 | 0,00062 | 0,00026 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00036 | 0,00031 | 0,00177 |
| 0,00033 | 0,00123 | 0,00084 | 0,00021 | 0,00007 | 0,00006 | 0,00010 | 0,00043 | 0,00017 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00010 | 0,00001 | 0,00011 |
| 0,00253 | 0,00078 | 0,00087 | 0,00169 | 0,00004 | 0,00005 | 0,00002 | 0,00019 | 0,00004 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00011 | 0,00001 | 0,00011 |
| 0,00016 | 0,00236 | 0,00034 | 0,00196 | 0,00015 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00056 | 0,00009 | 0,00001 | 0,00085 | 0,00568 | 0,00013 | 0,00113 | 0,00186 |
| 0,00028 | 0,00124 | 0,00033 | 0,00309 | 0,00005 | 0,00006 | 0,00003 | 0,00043 | 0,00004 | 0,00007 | 0,00109 | 0,00018 | 0,00015 | 0,00001 | 0,00062 |
| 0,00015 | 0,00098 | 0,00236 | 0,00360 | 0,00004 | 0,00005 | 0,00068 | 0,00028 | 0,00002 | 0,00011 | 0,00346 | 0,00107 | 0,00005 | 0,00020 | 0,00215 |
| 0,00842 | 0,01023 | 0,00942 | 0,00072 | 0,00027 | 0,00060 | 0,00013 | 0,00275 | 0,00147 | 0,00027 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00057 | 0,00033 | 0,00141 |
| 0,00801 | 0,00002 | 0,00011 | 0,00078 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00028 | 0,00007 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00035 |
| 0,00057 | 0,00093 | 0,00106 | 0,00302 | 0,00002 | 0,00011 | 0,00009 | 0,00011 | 0,00020 | 0,00004 | 0,00192 | 0,00083 | 0,00014 | 0,00019 | 0,00102 |
| 0,00029 | 0,00120 | 0,01287 | 0,00127 | 0,00003 | 0,00024 | 0,00004 | 0,00078 | 0,00010 | 0,00001 | 0,00042 | 0,00318 | 0,00010 | 0,00015 | 0,00463 |
| 0,00311 | 0,00200 | 0,00042 | 0,00181 | 0,00006 | 0,00003 | 0,00019 | 0,00047 | 0,00004 | 0,00004 | 0,00161 | 0,00727 | 0,00013 | 0,00019 | 0,00062 |
| 0,00059 | 0,00218 | 0,00187 | 0,00016 | 0,00004 | 0,00037 | 0,00002 | 0,00161 | 0,00073 | 0,00026 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00015 | 0,00109 | 0,00019 |
| 0,00073 | 0,00011 | 0,00002 | 0,00015 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00002 |
| 0,00022 | 0,00040 | 0,00014 | 0,00017 | 0,00003 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00008 | 0,00003 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00005 |
| 0,00001 | 0,00007 | 0,00003 | 0,00035 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00003 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00016 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00001 |
| 0,00003 | 0,00002 | 0,00426 | 0,00061 | 0,00009 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00012 | 0,00010 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00030 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00001 | 0,00003 | 0,00004 | 0,00035 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00039 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00047 | 0,00150 | 0,00108 | 0,00024 | 0,00003 | 0,00100 | 0,00001 | 0,00030 | 0,00056 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00011 | 0,00000 | 0,00012 |
| 0,00020 | 0,00254 | 0,00064 | 0,00031 | 0,00067 | 0,00007 | 0,00008 | 0,00063 | 0,00051 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00027 | 0,00051 | 0,00073 |
| 0,00004 | 0,00005 | 0,00327 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00022 | 0,00057 | 0,00062 | 0,00007 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00002 | 0,00028 | 0,00003 | 0,00047 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00003 | 0,00009 |
| 0,00031 | 0,00178 | 0,00235 | 0,00043 | 0,00004 | 0,00029 | 0,00012 | 0,00064 | 0,00004 | 0,00026 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00020 | 0,00025 |

|   | 0       | a       | b       | B       | r       | A       | e       | Ж       | з       | и       | и       | к       | л       | м       | н        | о       |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
| 0 | 0,00000 | 0,00221 | 0,00640 | 0,01699 | 0,00432 | 0,00807 | 0,00391 | 0,00198 | 0,00408 | 0,00830 | 0,00000 | 0,00887 | 0,00236 | 0,00807 | 0,01350  | 0,01068 |
| a | 0,01506 | 0,00002 | 0,00074 | 0,00260 | 0,00076 | 0,00224 | 0,00145 | 0,00113 | 0,00435 | 0,00013 | 0,00077 | 0,00440 | 0,00882 | 0,00319 | 0,00519  | 0,00008 |
| b | 0,00020 | 0,00112 | 0,00021 | 0,00007 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00226 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00071 | 0,00000 | 0,00013 | 0,00082 | 0,00005 | 0,00025  | 0,00204 |
| B | 0,00528 | 0,00614 | 0,00001 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00025 | 0,00513 | 0,00000 | 0,00062 | 0,00338 | 0,00000 | 0,00011 | 0,00069 | 0,00015 | 0,00073  | 0,00616 |
| r | 0,00064 | 0,00098 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00113 | 0,00025 | 0,00015 | 0,00000 | 0,00053 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00166 | 0,00001 | 0,00027  | 0,00806 |
| A | 0,00088 | 0,00557 | 0,00004 | 0,00101 | 0,00001 | 0,00004 | 0,00500 | 0,00010 | 0,00004 | 0,00236 | 0,00000 | 0,00021 | 0,00065 | 0,00019 | 0,00181  | 0,00388 |
| e | 0,01768 | 0,00022 | 0,00107 | 0,00117 | 0,00336 | 0,00306 | 0,00115 | 0,00073 | 0,00115 | 0,00012 | 0,00172 | 0,00164 | 0,00593 | 0,00411 | 0,00723  | 0,00023 |
| ж | 0,00024 | 0,00145 | 0,00003 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00088 | 0,00357 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00136 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00080  | 0,00004 |
| з | 0,00137 | 0,00559 | 0,00017 | 0,00082 | 0,00038 | 0,00060 | 0,00038 | 0,00009 | 0,00005 | 0,00033 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00020 | 0,00026 | 0,00174  | 0,00057 |
| и | 0,01530 | 0,00032 | 0,00061 | 0,00182 | 0,00037 | 0,00153 | 0,00192 | 0,00039 | 0,00187 | 0,00056 | 0,00094 | 0,00184 | 0,00557 | 0,00288 | 0,00372  | 0,00021 |
| й | 0,00684 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00024 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00005 | 0,00003 | 0,00005 | 0,00043  | 0,00005 |
| к | 0,00446 | 0,00782 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00044 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00211 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00070 | 0,00001 | 0,00051  | 0,00780 |
| л | 0,00822 | 0,00527 | 0,00005 | 0,00005 | 0,00011 | 0,00004 | 0,00397 | 0,00047 | 0,00001 | 0,00659 | 0,00000 | 0,00018 | 0,00017 | 0,00006 | 0,00040  | 0,00507 |
| м | 0,00774 | 0,00237 | 0,00002 | 0,00003 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00400 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00268 | 0,00000 | 0,00011 | 0,00016 | 0,00010 | 0,000173 | 0,00504 |
| н | 0,00444 | 0,00913 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00053 | 0,00046 | 0,00897 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00661 | 0,00000 | 0,00042 | 0,00001 | 0,00006 | 0,00220  | 0,00846 |
| о | 0,02018 | 0,00002 | 0,00324 | 0,00592 | 0,00447 | 0,00464 | 0,00212 | 0,00190 | 0,00120 | 0,00090 | 0,00360 | 0,00203 | 0,00526 | 0,00525 | 0,00636  | 0,00016 |
| п | 0,00005 | 0,00139 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00171 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00099 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00059 | 0,00000 | 0,00011  | 0,00879 |
| р | 0,00194 | 0,00782 | 0,00007 | 0,00034 | 0,00011 | 0,00042 | 0,00583 | 0,00027 | 0,00003 | 0,00506 | 0,00000 | 0,00025 | 0,00010 | 0,00025 | 0,00088  | 0,00690 |
| с | 0,00337 | 0,00152 | 0,00003 | 0,00155 | 0,00002 | 0,00029 | 0,00347 | 0,00004 | 0,00000 | 0,00164 | 0,00000 | 0,00425 | 0,00315 | 0,00074 | 0,00082  | 0,00225 |
| т | 0,00548 | 0,00516 | 0,00002 | 0,00259 | 0,00001 | 0,00013 | 0,00669 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00400 | 0,00000 | 0,00051 | 0,00025 |         |          |         |

|   | 0       | а       | б       | в       | г       | д       | е       | ж       | з       | и       | н       | к       | л       | м       | и       | о       |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0 | 0,00000 | 0,00221 | 0,00640 | 0,01699 | 0,00432 | 0,00807 | 0,00391 | 0,00198 | 0,00408 | 0,00830 | 0,00000 | 0,00887 | 0,00236 | 0,00807 | 0,01350 | 0,01068 |
| а | 0,01506 | 0,00002 | 0,00074 | 0,00260 | 0,00076 | 0,00224 | 0,00145 | 0,00113 | 0,00435 | 0,00013 | 0,00077 | 0,00440 | 0,00882 | 0,00319 | 0,00519 | 0,00008 |
| б | 0,00020 | 0,00112 | 0,00021 | 0,00007 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00226 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00071 | 0,00000 | 0,00013 | 0,00082 | 0,00005 | 0,00025 | 0,00204 |
| в | 0,00528 | 0,00614 | 0,00001 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00025 | 0,00513 | 0,00000 | 0,00062 | 0,00338 | 0,00000 | 0,00011 | 0,00069 | 0,00015 | 0,00073 | 0,00616 |
| г | 0,00064 | 0,00098 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00113 | 0,00025 | 0,00015 | 0,00000 | 0,00053 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00166 | 0,00001 | 0,00027 | 0,00806 |
| д | 0,00088 | 0,00557 | 0,00004 | 0,00101 | 0,00001 | 0,00004 | 0,00500 | 0,00010 | 0,00004 | 0,00236 | 0,00000 | 0,00021 | 0,00065 | 0,00019 | 0,00181 | 0,00388 |
| е | 0,01768 | 0,00022 | 0,00107 | 0,00117 | 0,00336 | 0,00306 | 0,00115 | 0,00073 | 0,00115 | 0,00012 | 0,00172 | 0,00164 | 0,00593 | 0,00411 | 0,00723 | 0,00023 |
| ж | 0,00024 | 0,00145 | 0,00003 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00088 | 0,00357 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00136 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00080 | 0,00004 |
| з | 0,00137 | 0,00559 | 0,00017 | 0,00082 | 0,00038 | 0,00060 | 0,00038 | 0,00009 | 0,00005 | 0,00033 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00020 | 0,00026 | 0,00174 | 0,00057 |
| и | 0,01530 | 0,00032 | 0,00061 | 0,00182 | 0,00037 | 0,00153 | 0,00192 | 0,00039 | 0,00187 | 0,00056 | 0,00094 | 0,00184 | 0,00557 | 0,00288 | 0,00372 | 0,00021 |
| й | 0,00684 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00024 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00005 | 0,00003 | 0,00005 | 0,00043 | 0,00005 |
| к | 0,00446 | 0,00782 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00044 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00211 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00070 | 0,00001 | 0,00051 | 0,00780 |
| л | 0,00822 | 0,00527 | 0,00005 | 0,00005 | 0,00011 | 0,00004 | 0,00397 | 0,00047 | 0,00001 | 0,00659 | 0,00000 | 0,00018 | 0,00017 | 0,00006 | 0,00040 | 0,00507 |
| м | 0,00774 | 0,00237 | 0,00002 | 0,00003 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00400 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00268 | 0,00000 | 0,00011 | 0,00016 | 0,00010 | 0,00173 | 0,00504 |
| н | 0,00444 | 0,00913 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00053 | 0,00046 | 0,00897 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00661 | 0,00000 | 0,00042 | 0,00001 | 0,00006 | 0,00220 | 0,00846 |
| о | 0,02018 | 0,00002 | 0,00324 | 0,00592 | 0,00447 | 0,00464 | 0,00212 | 0,00190 | 0,00120 | 0,00090 | 0,00360 | 0,00203 | 0,00526 | 0,00525 | 0,00636 | 0,00016 |
| п | 0,00005 | 0,00139 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00171 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00099 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00059 | 0,00000 | 0,00011 | 0,00879 |
| р | 0,00194 | 0,00782 | 0,00007 | 0,00034 | 0,00011 | 0,00042 | 0,00583 | 0,00027 | 0,00003 | 0,00506 | 0,00000 | 0,00025 | 0,00010 | 0,00025 | 0,00088 | 0,00690 |
| с | 0,00337 | 0,00152 | 0,00003 | 0,00155 | 0,00002 | 0,00029 | 0,00347 | 0,00004 | 0,00000 | 0,00164 | 0,00000 | 0,00425 | 0,00315 | 0,00074 | 0,00082 | 0,00225 |
| т | 0,00548 | 0,00516 | 0,00002 | 0,00259 | 0,00001 | 0,00013 | 0,00669 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00400 | 0,00000 | 0,00051 | 0,00025 | 0,00003 | 0,00108 | 0,01370 |
| у | 0,00659 | 0,00038 | 0,00059 | 0,00070 | 0,00103 | 0,00201 | 0,00024 | 0,00132 | 0,00040 | 0,00011 | 0,00009 | 0,00080 | 0,00144 | 0,00112 | 0,00024 | 0,00003 |
| ф | 0,00054 | 0,00030 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00018 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00023 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00063 |
| х | 0,00261 | 0,00033 | 0,00000 | 0,00016 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00013 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00008 | 0,00003 | 0,00009 | 0,00170 |
| ц | 0,00060 | 0,00079 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00069 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00028 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00021 |
| ч | 0,00021 | 0,00229 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00332 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00124 | 0,00000 | 0,00017 | 0,00003 | 0,00000 | 0,00066 | 0,00012 |
| ш | 0,00013 | 0,00113 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00218 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00138 | 0,00000 | 0,00034 | 0,00042 | 0,00001 | 0,00025 | 0,00019 |
| щ | 0,00002 | 0,00045 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00126 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00069 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00000 |
| ъ | 0,00560 | 0,00001 | 0,00026 | 0,00071 | 0,00006 | 0,00010 | 0,00093 | 0,00001 | 0,00006 | 0,00002 | 0,00172 | 0,00015 | 0,00166 | 0,00105 | 0,00035 | 0,00001 |
| ы | 0,00995 | 0,00001 | 0,00052 | 0,00006 | 0,00008 | 0,00008 | 0,00065 | 0,00000 | 0,00012 | 0,00013 | 0,00000 | 0,00108 | 0,00000 | 0,00035 | 0,00055 | 0,00006 |
| э | 0,00010 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00017 | 0,00000 | 0,00007 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00010 | 0,00007 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00000 |
| ю | 0,00269 | 0,00000 | 0,00036 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00032 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00006 | 0,00005 | 0,00007 | 0,00001 |
| я | 0,01088 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00037 | 0,00009 | 0,00043 | 0,00015 | 0,00013 | 0,00018 | 0,00009 | 0,00003 | 0,00021 | 0,00075 | 0,00032 | 0,00061 | 0,00001 |



| П       | Р       | С       | Т       | У       | Ф       | Х       | Ц       | Ч       | Ш       | Щ       | Ъ       | Ь       | Э       | Ю       | Я       |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0,01498 | 0,00329 | 0,01565 | 0,00655 | 0,00443 | 0,00098 | 0,00102 | 0,00027 | 0,00548 | 0,00065 | 0,00005 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00311 | 0,00009 | 0,00303 |
| 0,00075 | 0,00327 | 0,00401 | 0,00436 | 0,00006 | 0,00090 | 0,00069 | 0,00006 | 0,00070 | 0,00117 | 0,00025 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00101 | 0,00159 |
| 0,00000 | 0,00106 | 0,00013 | 0,00000 | 0,00122 | 0,00000 | 0,00005 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00015 | 0,00347 | 0,00014 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00037 |
| 0,00022 | 0,00070 | 0,00227 | 0,00026 | 0,00062 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00001 | 0,00006 | 0,00064 | 0,00001 | 0,00333 | 0,00016 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00024 |
| 0,00000 | 0,00145 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00050 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00003 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00012 | 0,00133 | 0,00030 | 0,00010 | 0,00152 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00039 | 0,00003 | 0,00006 | 0,00000 | 0,00047 | 0,00065 | 0,00004 | 0,00002 | 0,00029 |
| 0,00076 | 0,00617 | 0,00523 | 0,00537 | 0,00011 | 0,00002 | 0,00048 | 0,00042 | 0,00109 | 0,00069 | 0,00068 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00016 | 0,00017 |
| 0,00000 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00000 | 0,00024 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00005 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00000 |
| 0,00001 | 0,00030 | 0,00004 | 0,00002 | 0,00037 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00037 | 0,00016 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00030 |
| 0,00025 | 0,00062 | 0,00281 | 0,00425 | 0,00006 | 0,00005 | 0,00126 | 0,00069 | 0,00083 | 0,00043 | 0,00021 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00026 | 0,00109 |
| 0,00001 | 0,00000 | 0,00038 | 0,00049 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00005 | 0,00011 | 0,00010 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00000 | 0,00205 | 0,00022 | 0,00051 | 0,00132 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 |
| 0,00005 | 0,00000 | 0,00136 | 0,00005 | 0,00147 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00012 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00069 | 0,00480 | 0,00000 | 0,00095 | 0,00152 |
| 0,00014 | 0,00012 | 0,00017 | 0,00003 | 0,00237 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00004 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00092 | 0,00014 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00038 |
| 0,00001 | 0,00003 | 0,00038 | 0,00185 | 0,00280 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00057 | 0,00014 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00296 | 0,00091 | 0,00000 | 0,00016 | 0,00178 |
| 0,00096 | 0,00667 | 0,00657 | 0,00715 | 0,00005 | 0,00009 | 0,00039 | 0,00008 | 0,00156 | 0,00114 | 0,00023 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00028 | 0,00063 |
| 0,00007 | 0,00666 | 0,00001 | 0,00010 | 0,00063 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00024 | 0,00006 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00033 |
| 0,00009 | 0,00045 | 0,00056 | 0,00084 | 0,00249 | 0,00001 | 0,00008 | 0,00007 | 0,00006 | 0,00017 | 0,00003 | 0,00160 | 0,00069 | 0,00010 | 0,00015 | 0,00077 |
| 0,00229 | 0,00019 | 0,00078 | 0,01062 | 0,00091 | 0,00001 | 0,00019 | 0,00004 | 0,00056 | 0,00007 | 0,00000 | 0,00036 | 0,00267 | 0,00000 | 0,00013 | 0,00387 |
| 0,00008 | 0,00246 | 0,00115 | 0,00011 | 0,00135 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00016 | 0,00014 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00133 | 0,00613 | 0,00000 | 0,00015 | 0,00042 |
| 0,00071 | 0,00040 | 0,00131 | 0,00129 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00028 | 0,00001 | 0,00095 | 0,00059 | 0,00022 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00004 | 0,00092 | 0,00004 |
| 0,00000 | 0,00059 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00010 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00000 | 0,00011 | 0,00004 | 0,00003 | 0,00007 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00025 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00014 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00359 | 0,00049 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00009 | 0,00010 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00024 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00003 | 0,00029 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00032 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00008 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00003 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00014 | 0,00027 | 0,00071 | 0,00072 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00075 | 0,00000 | 0,00014 | 0,00045 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00003 | 0,00001 | 0,00102 | 0,00017 | 0,00000 | 0,00052 | 0,00000 | 0,00005 | 0,00005 | 0,00037 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00044 | 0,00041 |
| 0,00005 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00281 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 |
| 0,00002 | 0,00013 | 0,00024 | 0,00040 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00009 | 0,00001 | 0,00036 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00003 | 0,00000 |
| 0,00005 | 0,00005 | 0,00047 | 0,00148 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00015 | 0,00009 | 0,00026 | 0,00001 | 0,00021 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00017 | 0,00008 |

Частота біграм без пробілу з кроком 1

| а         | б       | в       | г       | д       | е       | ж       | з       | и       | й       | к       | л       | м       | н       | о       | п       |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| а 0,00024 | 0,00155 | 0,00489 | 0,00147 | 0,00375 | 0,00220 | 0,00149 | 0,00560 | 0,00112 | 0,00091 | 0,00640 | 0,01076 | 0,00472 | 0,00777 | 0,00131 | 0,00249 |
| б 0,00133 | 0,00025 | 0,00009 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00269 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00087 | 0,00000 | 0,00016 | 0,00098 | 0,00006 | 0,00030 | 0,00245 | 0,00001 |
| в 0,00738 | 0,00018 | 0,00039 | 0,00027 | 0,00062 | 0,00626 | 0,00004 | 0,00085 | 0,00423 | 0,00000 | 0,00065 | 0,00093 | 0,00045 | 0,00125 | 0,00771 | 0,00095 |
| г 0,00117 | 0,00005 | 0,00009 | 0,00002 | 0,00139 | 0,00032 | 0,00018 | 0,00003 | 0,00067 | 0,00000 | 0,00015 | 0,00198 | 0,00008 | 0,00038 | 0,00964 | 0,00007 |
| д 0,00664 | 0,00009 | 0,00130 | 0,00004 | 0,00008 | 0,00598 | 0,00013 | 0,00009 | 0,00290 | 0,00000 | 0,00030 | 0,00078 | 0,00026 | 0,00229 | 0,00467 | 0,00023 |
| е 0,00044 | 0,00219 | 0,00358 | 0,00450 | 0,00465 | 0,00181 | 0,00116 | 0,00209 | 0,00115 | 0,00205 | 0,00288 | 0,00740 | 0,00620 | 0,01023 | 0,00160 | 0,00294 |
| ж 0,00174 | 0,00005 | 0,00003 | 0,00002 | 0,00106 | 0,00425 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00164 | 0,00000 | 0,00008 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00099 | 0,00007 | 0,00003 |
| з 0,00667 | 0,00024 | 0,00114 | 0,00052 | 0,00082 | 0,00048 | 0,00013 | 0,00008 | 0,00044 | 0,00000 | 0,00021 | 0,00030 | 0,00039 | 0,00221 | 0,00078 | 0,00017 |
| и 0,00062 | 0,00161 | 0,00430 | 0,00086 | 0,00268 | 0,00275 | 0,00062 | 0,00266 | 0,00156 | 0,00112 | 0,00317 | 0,00689 | 0,00419 | 0,00594 | 0,00159 | 0,00218 |
| й 0,00016 | 0,00030 | 0,00075 | 0,00030 | 0,00084 | 0,00011 | 0,00016 | 0,00018 | 0,00050 | 0,00000 | 0,00061 | 0,00017 | 0,00049 | 0,00103 | 0,00054 | 0,00076 |
| к 0,00937 | 0,00027 | 0,00075 | 0,00017 | 0,00025 | 0,00063 | 0,00014 | 0,00011 | 0,00278 | 0,00000 | 0,00040 | 0,00091 | 0,00025 | 0,00110 | 0,00960 | 0,00038 |
| л 0,00665 | 0,00048 | 0,00103 | 0,00055 | 0,00059 | 0,00522 | 0,00061 | 0,00022 | 0,00827 | 0,00000 | 0,00084 | 0,00030 | 0,00086 | 0,00119 | 0,00682 | 0,00069 |
| м 0,00296 | 0,00034 | 0,00091 | 0,00031 | 0,00053 | 0,00491 | 0,00013 | 0,00023 | 0,00381 | 0,00000 | 0,00064 | 0,00034 | 0,00049 | 0,00278 | 0,00672 | 0,00105 |
| н 0,01095 | 0,00030 | 0,00058 | 0,00073 | 0,00087 | 0,01077 | 0,00008 | 0,00017 | 0,00819 | 0,00000 | 0,00070 | 0,00006 | 0,00030 | 0,00310 | 0,01039 | 0,00068 |
| о 0,00026 | 0,00495 | 0,00984 | 0,00586 | 0,00662 | 0,00312 | 0,00267 | 0,00207 | 0,00211 | 0,00429 | 0,00352 | 0,00661 | 0,00735 | 0,00951 | 0,00201 | 0,00343 |
| п 0,00166 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00204 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00119 | 0,00000 | 0,00006 | 0,00070 | 0,00000 | 0,00013 | 0,01046 | 0,00009 |
| р 0,00934 | 0,00017 | 0,00067 | 0,00017 | 0,00061 | 0,00697 | 0,00033 | 0,00010 | 0,00616 | 0,00000 | 0,00044 | 0,00014 | 0,00036 | 0,00126 | 0,00836 | 0,00041 |
| с 0,00186 | 0,00018 | 0,00227 | 0,00017 | 0,00050 | 0,00422 | 0,00015 | 0,00010 | 0,00210 | 0,00000 | 0,00528 | 0,00381 | 0,00103 | 0,00145 | 0,00291 | 0,00311 |
| т 0,00624 | 0,00034 | 0,00384 | 0,00019 | 0,00045 | 0,00813 | 0,00009 | 0,00013 | 0,00508 | 0,00000 | 0,00096 | 0,00040 | 0,00035 | 0,00186 | 0,01666 | 0,00063 |
| у 0,00058 | 0,00091 | 0,00165 | 0,00142 | 0,00275 | 0,00042 | 0,00170 | 0,00063 | 0,00069 | 0,00010 | 0,00144 | 0,00180 | 0,00183 | 0,00109 | 0,00049 | 0,00147 |
| ф 0,00036 | 0,00002 | 0,00008 | 0,00001 | 0,00004 | 0,00022 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00030 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00005 | 0,00008 | 0,00007 | 0,00079 | 0,00006 |
| х 0,00044 | 0,00012 | 0,00045 | 0,00009 | 0,00019 | 0,00006 | 0,00003 | 0,00007 | 0,00032 | 0,00000 | 0,00018 | 0,00021 | 0,00016 | 0,00030 | 0,00223 | 0,00040 |
| ц 0,00095 | 0,00003 | 0,00016 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00084 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00038 | 0,00000 | 0,00005 | 0,00001 | 0,00003 | 0,00007 | 0,00032 | 0,00009 |
| ч 0,00273 | 0,00000 | 0,00002 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00395 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00148 | 0,00000 | 0,00021 | 0,00006 | 0,00000 | 0,00079 | 0,00016 | 0,00002 |
| ш 0,00135 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00259 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00165 | 0,00000 | 0,00041 | 0,00050 | 0,00001 | 0,00030 | 0,00025 | 0,00003 |
| щ 0,00054 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00150 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00082 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00008 | 0,00001 | 0,00000 |
| ы 0,00008 | 0,00057 | 0,00149 | 0,00022 | 0,00044 | 0,00131 | 0,00010 | 0,00030 | 0,00042 | 0,00205 | 0,00044 | 0,00204 | 0,00159 | 0,00106 | 0,00046 | 0,00090 |
| ь 0,00015 | 0,00097 | 0,00151 | 0,00031 | 0,00066 | 0,00119 | 0,00010 | 0,00044 | 0,00083 | 0,00000 | 0,00196 | 0,00022 | 0,00107 | 0,00206 | 0,00081 | 0,00103 |
| э 0,00000 | 0,00000 | 0,00001 | 0,00002 | 0,00021 | 0,00000 | 0,00008 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00001 | 0,00012 | 0,00008 | 0,00005 | 0,00002 | 0,00001 | 0,00008 |
| ю 0,00005 | 0,00051 | 0,00042 | 0,00011 | 0,00052 | 0,00012 | 0,00007 | 0,00008 | 0,00021 | 0,00001 | 0,00025 | 0,00012 | 0,00021 | 0,00032 | 0,00020 | 0,00027 |
| я 0,00016 | 0,00054 | 0,00202 | 0,00041 | 0,00111 | 0,00048 | 0,00030 | 0,00061 | 0,00080 | 0,00003 | 0,00098 | 0,00105 | 0,00090 | 0,00221 | 0,00079 | 0,00128 |







## Умовна ентропія джерела для 10 символів:

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:  
выполнить\_обещание\_фактически\_выглядит\_так\_что\_обе\_стороны\_имели\_в\_виду\_како

Использованные буквы:  
н, в, п, р, м, ч, э, х, е, а, л, ф, й, у, ц, г, ю, б, ь, т, и, с, я, ы.

Порядок n-граммы:  
5 символов  
**10 символов**  
15 символов  
20 символов  
25 символов  
30 символов  
35 символов  
40 символов  
45 символов  
50 символов

Введенный символ: **о**

Символ по счету: **25**

Номер эксперимента: **50**

Неравенство для энтропии:  
 **$2,82934823920036 < H < 3,48029487968022$**

Двоичная таблица угаданных символов:

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 00100000000000000000000000000000 | ▲ |
| 00000000000000000100000000000000 | ■ |
| 01000000000000000000000000000000 | ▼ |
| 10000000000000000000000000000000 |   |
| 10000000000000000000000000000000 |   |

Поле ввода символов:  
**о**

Продолжить Другой

Вероятности:

|                |
|----------------|
| $q[1] = 0,36$  |
| $q[2] = 0,1$   |
| $q[3] = 0,06$  |
| $q[4] = 0,02$  |
| $q[5] = 0,06$  |
| $q[6] = 0,02$  |
| $q[7] = 0,02$  |
| $q[8] = 0,02$  |
| $q[9] = 0$     |
| $q[10] = 0$    |
| $q[11] = 0$    |
| $q[12] = 0,02$ |
| $q[13] = 0,02$ |
| $q[14] = 0,02$ |
| $q[15] = 0,04$ |
| $q[16] = 0,02$ |
| $q[17] = 0,02$ |
| $q[18] = 0,02$ |
| $q[19] = 0$    |
| $q[20] = 0$    |
| $q[21] = 0$    |
| $q[22] = 0,02$ |
| $q[23] = 0,02$ |
| $q[24] = 0$    |
| $q[25] = 0,08$ |
| $q[26] = 0,04$ |
| $q[27] = 0,02$ |
| $q[28] = 0$    |
| $q[29] = 0$    |
| $q[30] = 0$    |
| $q[31] = 0$    |
| $q[32] = 0$    |

Строка состояния:  
Вы угадали. Для продолжения опыта нажмите "Продолжить", или "Другой" для выбора другого порядка

Надлишковість російської мови 10 символів

$$0,3039412 \leq R \leq 0,4341304$$

## Умовна ентропія джерела для 20 символів:

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:  
момент\_вы\_увидите\_как\_этот\_же\_человек\_сам\_возвращается\_к\_отвергнутым\_им\_при

Использованные буквы:

Порядок n-граммы:  
5 символов  
10 символов  
15 символов  
**20 символов**  
25 символов  
30 символов  
35 символов  
40 символов  
45 символов  
50 символов

Введенный символ: **а**

Символ по счету: **1**

Номер эксперимента: **50**

Неравенство для энтропии:  
 **$1,98456415689467 < H < 2,71380065575603$**

Двоичная таблица угаданных символов:

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 01000000000000000000000000000000   | ▲ |
| 0000000000000000000000000100000000 | ■ |
| 10000000000000000000000000000000   | ▼ |
| 01000000000000000000000000000000   |   |
| 10000000000000000000000000000000   |   |

Поле ввода символов:  
**а**

Продолжить Другой

Вероятности:

|                |
|----------------|
| $q[1] = 0,5$   |
| $q[2] = 0,14$  |
| $q[3] = 0,04$  |
| $q[4] = 0$     |
| $q[5] = 0,06$  |
| $q[6] = 0,04$  |
| $q[7] = 0$     |
| $q[8] = 0$     |
| $q[9] = 0$     |
| $q[10] = 0,02$ |
| $q[11] = 0,02$ |
| $q[12] = 0$    |
| $q[13] = 0,04$ |
| $q[14] = 0,02$ |
| $q[15] = 0$    |
| $q[16] = 0$    |
| $q[17] = 0$    |
| $q[18] = 0$    |
| $q[19] = 0$    |
| $q[20] = 0,02$ |
| $q[21] = 0,02$ |
| $q[22] = 0$    |
| $q[23] = 0$    |
| $q[24] = 0,02$ |
| $q[25] = 0$    |
| $q[26] = 0$    |
| $q[27] = 0,02$ |
| $q[28] = 0,02$ |
| $q[29] = 0,02$ |
| $q[30] = 0$    |
| $q[31] = 0$    |
| $q[32] = 0$    |

Строка состояния:  
Вы угадали. Для продолжения опыта нажмите "Продолжить", или "Другой" для выбора другого порядка

Надлишковість російської мови 20 символів

$$0,45724 \leq R \leq 0,6030872$$

## Умовна ентропія джерела для 30 символів:

Лабораторная работа №1

Произвольная часть текста:  
век\_постоянно\_каждую\_секунду\_находится\_под\_действием\_нескольких\_различных\_з

Использованные буквы:  
и, м, с, р,

Порядок n-граммы:  
5 символов  
10 символов  
15 символов  
20 символов  
25 символов  
30 символов  
35 символов  
40 символов  
45 символов  
50 символов

Введенный символ: н

Символ по счету: 5

Номер эксперимента: 50

Неравенство для энтропии:  
 $1,61067194755006 < H < 2,34093396247092$

Двоичная таблица угаданных символов:  
0000000000000000010000000000000000  
1000000000000000000000000000000000  
0000000000000000010000000000000000  
1000000000000000000000000000000000  
1000000000000000000000000000000000

Вероятности:  
q[1] = 0,58  
q[2] = 0,12  
q[3] = 0,02  
q[4] = 0,04  
q[5] = 0,04  
q[6] = 0  
q[7] = 0,02  
q[8] = 0  
q[9] = 0  
q[10] = 0  
q[11] = 0,02  
q[12] = 0  
q[13] = 0,02  
q[14] = 0,02  
q[15] = 0,02  
q[16] = 0,02  
q[17] = 0,06  
q[18] = 0  
q[19] = 0,02  
q[20] = 0  
q[21] = 0  
q[22] = 0  
q[23] = 0  
q[24] = 0  
q[25] = 0  
q[26] = 0  
q[27] = 0  
q[28] = 0  
q[29] = 0  
q[30] = 0  
q[31] = 0  
q[32] = 0

Поле ввода символов:  
н

Продолжить Другой

Строка состояния:  
Вы угадали. Для продолжения опыта нажмите "Продолжить", или "Другой" для выбора другого порядка

Надлишковість російської мови 30 символів

$$0,5318134 \leq R \leq 0,6778658$$

## Код

```
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
import java.text.DecimalFormat;
import java.util.*;

private static Map<String, Integer>
alphabetForBigrammWithoutSpaceSingleStep = new TreeMap<>();

private static StringBuffer getFileContent(){
    StringBuffer fileData = new StringBuffer();
    try(FileReader reader = new FileReader("graf-monte-kristo.txt")){
        int c;
        while((c=reader.read())!=-1){
            if(((c >= 1072) && (c<=1097))||((c >= 1099)&&(c <= 1103))||((c
            == 32)||((c >= 1040) && (c<=1065))||((c >= 1067)&&(c <= 1071))) {
                if (((c >= 1040) && (c<=1065))||((c >= 1067)&&(c <= 1071)))
                    c += 32;
                if (c == ' '){
                    c = '0';
                    if (fileData.charAt(fileData.length() - 1) == '0')
                        continue;
                }
                fileData.append((char) c);
            }
        }
    }
}
```

```

    }
} catch(IOException ex){
    System.out.println(ex.getMessage());
}

return fileData;
}

private static void initAlphabet(StringBuffer fileData, Map<Character,
Integer> alphabet){
    for (int i=0; i<fileData.length(); i++){
        char symbol = fileData.charAt(i);

        int temp = alphabet.getDefault(symbol, 0);

        temp++;

        alphabet.put(symbol, temp);
    }
}

private static void initAlphabetForBigram(StringBuffer fileData,
Map<String, Integer> alphabet, int step){
    for (int i=0; i<fileData.length()-3; i+=step){
        String bigram = fileData.substring(i, i+2);

        int temp = alphabet.getDefault(bigram, 0);

        temp++;

        alphabet.put(bigram, temp);
    }
}

private static void deleteSpaceFromBuffer(StringBuffer fileData,
StringBuffer fileDataWithouSpace){
    for (int i=0; i<fileData.length(); i++){
        if (fileData.charAt(i) != '0')
            fileDataWithouSpace.append(fileData.charAt(i));
    }
}

private static void printMap(String desc, Map map){
    System.out.println();
    System.out.println(desc);
    System.out.println(map);
}

```

```

private static void printAlphabetMap(String desc, Map<Character,
Integer> map, int total){
    System.out.println();
    System.out.println(desc);

    Map<Character, String> mapFrequency = new TreeMap<>();

    for (Map.Entry<Character, Integer> entry : map.entrySet())
        mapFrequency.put(entry.getKey(), new
DecimalFormat("#0.00000").format((double) entry.getValue()/total));

    System.out.println(mapFrequency);

    List list = new ArrayList(mapFrequency.entrySet());

    list.sort((Comparator<Map.Entry<Character, String>>) (a, b) ->
b.getValue().compareTo(a.getValue()));

    System.out.println("letter frquency sorted by value: " + list);
}

private static void initArray(String[][] array, String[] alpha, Map<String,
Integer> alphabet){
    for(int column = 1; column<array.length; column++){
        array[0][column] = alpha[column-1];
    }

    for(int row = 1; row <array.length; row++){
        array[row][0] = alpha[row-1];
    }

    array[0][0] = "  ";

    for (int row =1; row<array.length; row++){
        for (int column =1; column<array.length; column++){
            String key = array[row][0] + array[0][column];

            String result;

            if (alphabet.get(key) != null)
                result = Integer.toString(alphabet.get(key));
            else
                result = Integer.toString(0);

            array[row][column] = result;
        }
    }
}

private static void showArray(String[][] array, int total){
    System.out.println();
    System.out.print("  ");

    for (int i = 0; i < array.length; i++) {

```



```

        for (int j = 0; j < array.length; j++) {

            if (i >= 1 && j >= 1) {

                String formattedDouble = new
                DecimalFormat("#0.00").format(0.1321231);

                System.out.print(new
                DecimalFormat("#0.00000").format(((double) Integer.parseInt(array[i][j]) /
                total) + "    ");

            }

            else

                System.out.print(array[i][j] + "    ");

        }

        System.out.println();

    }

}

private static int countAmountBigram(StringBuffer fileData, int step){

    int result = 0;

    for (int i=0; i<fileData.length()-3; i+=step){

        result++;

    }

    return result;

}

public static void main(String[] args) {

    StringBuffer fileData;

    fileData = getFileContent();

    initAlphabet(fileData, alphabet);

    int total = fileData.length();

    System.out.println("total: " + total);

    printMap("Alphabet:", alphabet);

    printAlphabetMap("Alphabet frequency:", alphabet, total);

    initAlphabetForBigram(fileData, alphabetForBigramm, 2);

    initAlphabetForBigram(fileData, alphabetForBigrammSingleStep, 1);

    printMap("Bigram: ", alphabetForBigramm);

    StringBuffer fileDataWithoutSpace = new StringBuffer();

    deleteSpaceFromBuffer(fileData, fileDataWithoutSpace);

    initAlphabet(fileDataWithoutSpace, alphabetWithoutSpace);

```

```

    int totalWithoutSpace = fileDataWithoutSpace.length();

    System.out.println("total without spaces: " + totalWithoutSpace);

    int totalForBigramDoubleStep = countAmountBigram(fileData, 2);

    System.out.println("total for bigram double step: " +
    totalForBigramDoubleStep);

    int totalForBigramSingleStep = countAmountBigram(fileData, 1);

    System.out.println(" total for bigram single step: " +
    totalForBigramSingleStep);

    int totalForBigramWithoutSpacesDoubleStep =
    countAmountBigram(fileDataWithoutSpace,2);

    System.out.println("total for bigram without spaces double step: " +
    totalForBigramWithoutSpacesDoubleStep);

    int totalForBigramWithoutSpacesSingleStep =
    countAmountBigram(fileDataWithoutSpace, 1);

    System.out.println("total for bigram without spaces single step: " +
    totalForBigramWithoutSpacesSingleStep);

    printMap("Alphabet without space:", alphabetWithoutSpace);

    printAlphabetMap("Alphabet without space frequency:",
    alphabetWithoutSpace, totalWithoutSpace);

    initAlphabetForBigram(fileDataWithoutSpace,
    alphabetForBigrammWithoutSpace, 2);

    initAlphabetForBigram(fileDataWithoutSpace,
    alphabetForBigrammWithoutSpaceSingleStep, 1);

    printMap("Bigram without space:",
    alphabetForBigrammWithoutSpace);

    String[][] array = new String[33][33];

    String[] alpha
    ={"0","a","б","в","г","д","е","ж","з","и","й","к","л","м","н","о","п","р","с",
    "т","у","ф","х","ц","ч","ш","щ","ы","ь","э","ю","я"};

    initArray(array, alpha, alphabetForBigramm);

    String[][] arrayWithoutSpaces = new String[32][32];

    String[] alphWithoutSpaces
    ={"a","б","в","г","д","е","ж","з","и","й","к","л","м","н","о","п","р","с","т",
    "у","ф","х","ц","ч","ш","щ","ы","ь","э","ю","я"};

    initArray(arrayWithoutSpaces, alphWithoutSpaces,
    alphabetForBigrammWithoutSpace);

```

```

System.out.println();

System.out.println("Array for bigram with spaces for step = 2 : ");
showArray(array, totalForBigramDoubleStep);

System.out.println();

System.out.println("Array for bigram without spaces for step = 2: ");

showArray(arrayWithoutSpaces,
totalForBigramWithoutSpacesDoubleStep);

System.out.println();

String[][] arraySingleStep = new String[33][33];

String[][] arrayWithoutSpacesSingleStep = new String[32][32];

initArray(arraySingleStep, alpha, alphabetForBigramSingleStep);

initArray(arrayWithoutSpacesSingleStep, alphWithoutSpaces,
alphabetForBigramWithoutSpaceSingleStep);

System.out.println();

System.out.println("Array for bigram with spaces for step =1 : ");
showArray(arraySingleStep, totalForBigramSingleStep);

System.out.println();

System.out.println("Array for bigram without spaces for step =1: ");

showArray(arrayWithoutSpacesSingleStep,
totalForBigramWithoutSpacesSingleStep);

System.out.println();

double entropyAlphabet =
calculateAndShowEntropyAlphabet(alphabet, total, "entropyAlphabet: ");

double entropyAlphabetWithoutSpace =
calculateAndShowEntropyAlphabet(alphabetWithoutSpace,
totalWithoutSpace, "entropyAlphabetWithoutSpace: ");

double entropyAlphabetForBigram =
calculateAndShowEntropyAlphabetForBigram(alphabetForBigram,
totalForBigramDoubleStep, "entropyAlphabetForBigram: ");

double entropyAlphabetForBigramWithoutSpace =
calculateAndShowEntropyAlphabetForBigram(alphabetForBigramWithoutSpace,
totalForBigramWithoutSpacesDoubleStep,
"entropyAlphabetForBigramWithoutSpace: ");

double entropyAlphabetForBigramSingleStep =
calculateAndShowEntropyAlphabetForBigramSingleStep(alphabetForBigramSingleStep,
totalForBigramSingleStep, "entropyAlphabetForBigramSingleStep: ");

```

```

double entropyAlphabetForBigramWithoutSpaceSingleStep =
calculateAndShowEntropyAlphabetBigram(alphabetForBigramWithoutSpaceSingleStep,
totalForBigramWithoutSpacesSingleStep,
"entropyAlphabetForBigramWithoutSpaceSingleStep: ");

System.out.println("-----Task_3-----");

System.out.println();

double entropyIdeal= Math.log(total)/Math.log(2);

printDouble("entropyIdeal: ", entropyIdeal);

double entropyIdealWithoutSpaces =
Math.log(totalWithoutSpace)/Math.log(2);

printDouble("entropyIdealWithoutSpaces: ",
entropyIdealWithoutSpaces);

double rForAlphabet = 1 - (entropyAlphabet/entropyIdeal);

printDouble("R for alphabet for text with spaces:", rForAlphabet);

double rForAlphabetWithoutSpaces = 1 -
(entropyAlphabetWithoutSpace/entropyIdealWithoutSpaces);

printDouble("R for alphabet for text without spaces:",
rForAlphabetWithoutSpaces);

double rForAlphabetForBigram = 1 -
(entropyAlphabetForBigram/entropyIdeal);

printDouble("R for alphabet for bigram for text with spaces:",
rForAlphabetForBigram);

double rForAlphabetForBigramWithoutSpaces = 1 -
(entropyAlphabetForBigramWithoutSpace/entropyIdealWithoutSpaces);

printDouble("R for alphabet for bigram for text without spaces:",
rForAlphabetForBigramWithoutSpaces);

double rForAlphabetForBigramSingleStep = 1 -
(entropyAlphabetForBigramSingleStep/entropyIdeal);

printDouble("R for alphabet for bigram single step for text with
spaces:", rForAlphabetForBigramSingleStep);

double rForAlphabetForBigramWithoutSpacesSingleStep = 1 -
(entropyAlphabetForBigramWithoutSpaceSingleStep/entropyIdealWithout
Spaces);

printDouble("R for alphabet for bigram single step for text without
spaces:", rForAlphabetForBigramWithoutSpacesSingleStep);

}

private static void printDouble(String desc, double statement){

System.out.println(desc + statement);

System.out.println();

```

```

    }

    private static double
    calculateAndShowEntropyAlphabet(Map<Character, Integer> alphabet, int
    total, String desc){

        double entropyAlphabet = 0;

        for (char c : alphabet.keySet()){

            double probability = (double)alphabet.get(c)/total;

            entropyAlphabet +=
            probability*(Math.log(probability)/Math.log(2));

        }

        entropyAlphabet = Math.abs(entropyAlphabet);

        System.out.println(desc + entropyAlphabet);

        System.out.println();

        return entropyAlphabet;

    }

    private static double
    calculateAndShowEntropyAlphabetBigram(Map<String, Integer> alphabet,
    int total, String desc){

        double entropyAlphabet = 0;

        for (String s : alphabet.keySet()){

            double probability = (double)alphabet.get(s)/total;

            entropyAlphabet +=
            probability*(Math.log(probability)/Math.log(2));

        }

        entropyAlphabet = Math.abs(entropyAlphabet);

        entropyAlphabet /= 2;

        System.out.println(desc + entropyAlphabet);

        System.out.println();

        return entropyAlphabet;

    }

    private static double
    calculateAndShowEntropyAlphabetBigram(Map<String, Integer> alphabet,
    int total, String desc){

```

## Проблеми:

Головною проблемою було виведення кількості біграм в тексті у вигляді таблиці, оскільки для цього було використано масив величиною +1 від літер алфавіту для того, щоб створити шапку таблиці. Було проблематично співставити ключ значення біграми з відповідною ячейкою масиву.

## Висновок:

Засвоїли поняття ентропії на символ джерела та його надлишковості, вивчили та порівняли різні моделі джерела відкритого тексту для наближеного визначення ентропії, набули практичних навичок щодо оцінки ентропії на символ джерела.