РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. Г. ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)**

Кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

Лабораторная работа №2.1

по дисциплине: Дискретная математика
тема: «Алгоритмы порождения комбинаторных объектов»

Выполнил: ст. группы ПВ-211
Чувилко Илья Романович

Проверили:
Рязанов Юрий Дмитриевич

Белгород 2022 г.

Цель занятия: изучить основные комбинаторные объекты, алгоритмы их порождения, программно реализовать и оценить временную сложность алгоритмов.

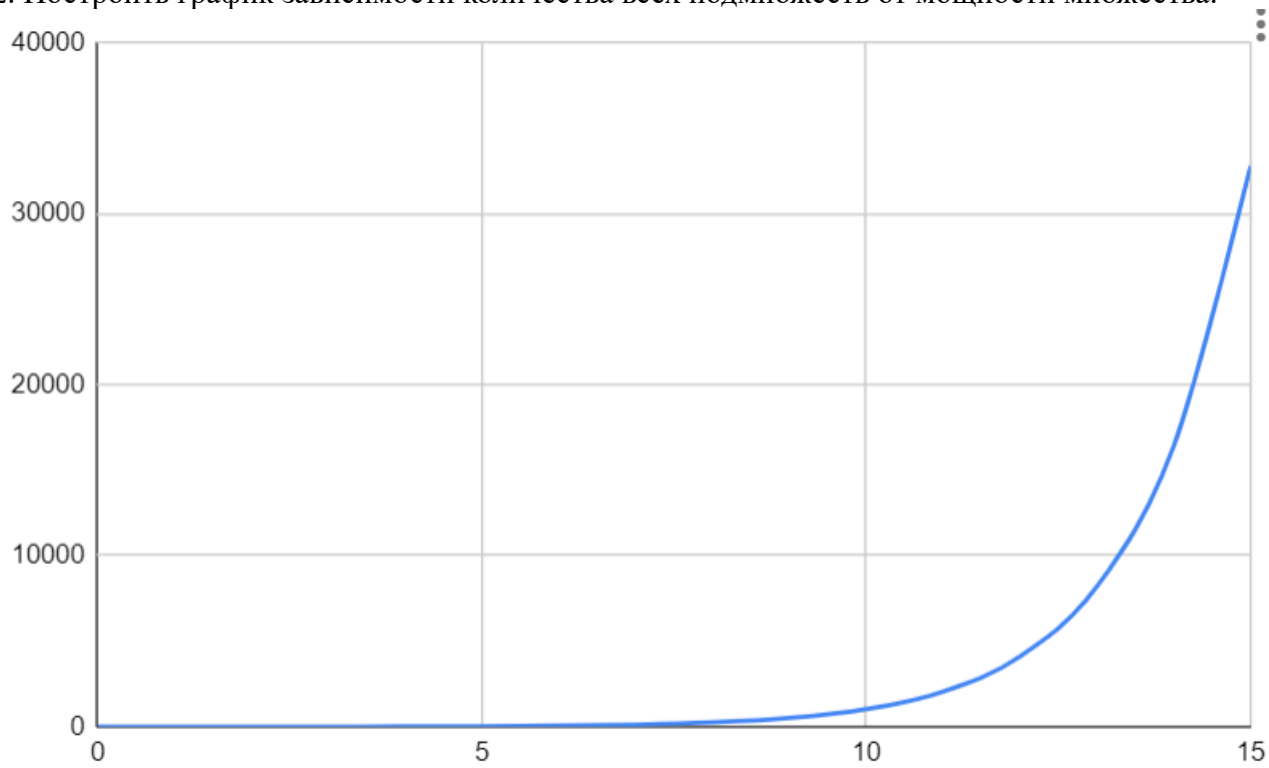
Задания

1. Реализовать алгоритм порождения подмножеств.

```
#include <iostream>
#include "vector"

#define TIME_TEST(testCode, time) { \
    clock_t start_time = clock(); \
    testCode \
clock_t end_time = clock();\
clock_t sort_time = end_time - start_time; \
time = (double) sort_time / CLOCKS_PER_SEC;\
}

using namespace std;

void _getSubArray(int i, const vector<int> &set, vector<int> arrayCur,
                  vector<vector<int>> &subArrays) {
    for (int x = 0; x <= 1; x++) {
        if (i == set.size()) {
            subArrays.push_back(arrayCur);
            return;
        } else {
            if (x)
                arrayCur.push_back(set[i]);
            _getSubArray(i + 1, set, arrayCur, subArrays);
        }
    }
}

void getSubArray(const vector<int> &set, vector<vector<int>> &subArrays) {
    vector<int> arrayCur;
    _getSubArray(0, set, arrayCur, subArrays);
}


int main() {
    int maxSize = 5;

    vector<int> set(maxSize);
    for (int i = 0; i < maxSize; i++) {
        set[i] = i + 1;
    }

    vector<vector<int>> subArrays;
    getSubArray(set, subArrays);

    for (auto v : subArrays) {
        for (auto v1 : v)
            cout << v1 << " ";
        cout << "\n";
    }
```

```
}
```

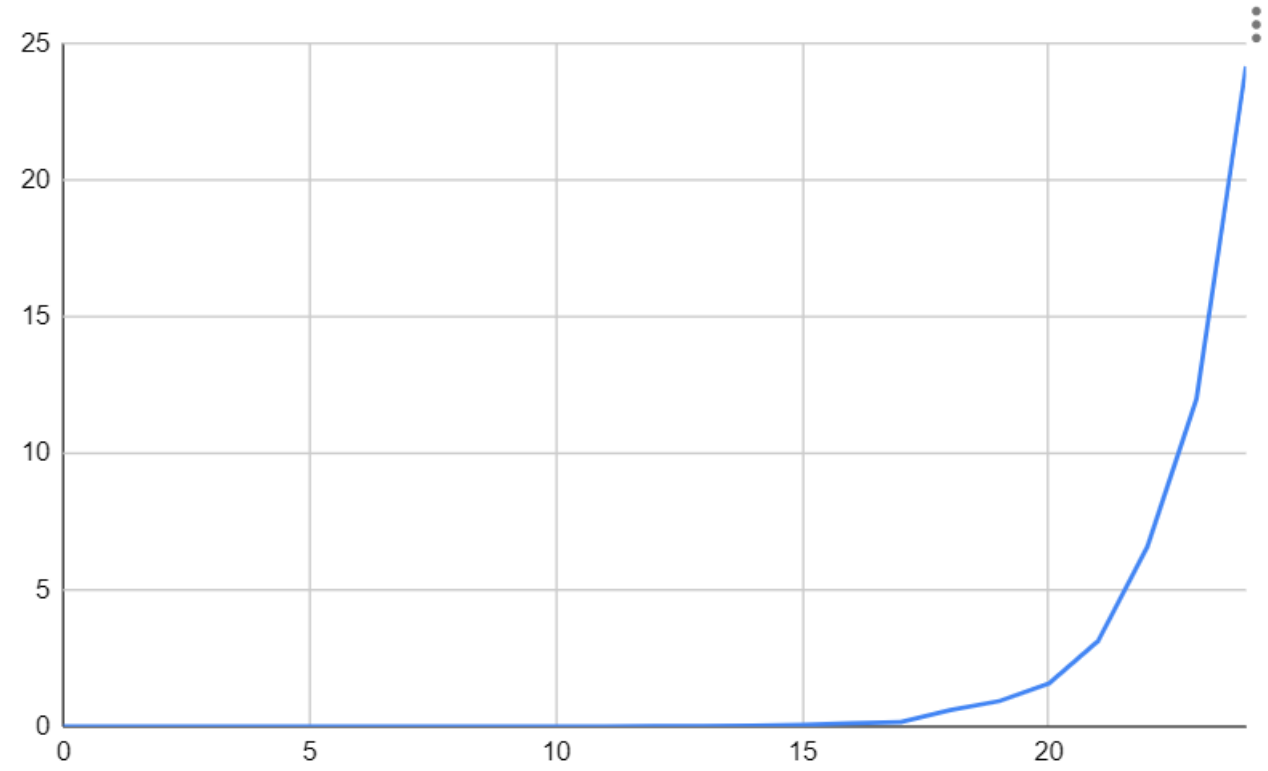
2. Построить график зависимости количества всех подмножеств от мощности множества.



3. Построить графики зависимости времени выполнения алгоритмов п.1 на вашей ЭВМ от мощности множества.

```
#include <iostream>
#include "vector"

#define TIME_TEST(testCode, time) { \
    clock_t start_time = clock(); \
    testCode \
clock_t end_time = clock();\
clock_t sort_time = end_time - start_time; \
time = (double) sort_time / CLOCKS_PER_SEC;\
}

using namespace std;

void _getSubArray(int i, const vector<int> &set, vector<int> arrayCur,
                  vector<vector<int>> &subArrays) {
    for (int x = 0; x <= 1; x++) {
        if (i == set.size()) {
            subArrays.push_back(arrayCur);
            return;
        } else {
            if (x)
                arrayCur.push_back(set[i]);
            _getSubArray(i + 1, set, arrayCur, subArrays);
        }
    }
}

void getSubArray(const vector<int> &set, vector<vector<int>> &subArrays) {
```

```
    vector<int> arrayCur;
    _getSubArray(0, set, arrayCur, subArrays);
}


int main() {
    int experimentSize = 20;

    vector<double> time(experimentSize);
    for (int maxSize = 1; maxSize <= experimentSize; maxSize++) {
        TIME_TEST({
                        vector<int> set(maxSize);
                        for (int i = 0; i < maxSize; i++) {
                            set[i] = i + 1;
                        }

                        vector<vector<int>> subArrays;
                        getSubArray(set, subArrays);
                    }, time[maxSize])
    }

    for (int i = 0; i < experimentSize; i++) {
        cout << i << " " << time[i] << "\n";
    }
}
```



4. Определить максимальную мощность множества, для которого можно получить все подмножества не более чем за час, сутки, месяц, год на вашей ЭВМ.

2^{20} / 1.54 = 1 048 576 / 1.54 = 680 893 - Множеств генерируется за одну секунду
2^n /680 893 = 3 600 → $\log_2$ 3600 * 680 893 = n → **31 за час.**
$\log_2$3600 * 24 * 680 893 = **35 за сутки.**
$\log_2$3600 * 24 * 30 * 680 893= **40 за месяц.**
$\log_2$3600 * 24 * 365 * 680 893= **44 за год.**

5. Определить максимальную мощность множества, для которого можно получить все подмножества не более чем за час, сутки, месяц, год на ЭВМ, в 10 и в 100 раз быстрее вашей.
В 10 раз быстрее:
2^n / 6 808 930 = 3600 → $\log_2$ 3600 * 6 808 930 = **34 за час.**
$\log_2$3600 * 24 * 6 808 930 = **39 за сутки.**
$\log_2$3600 * 24 * 30 * 6 808 930 = **44 за месяц.**
$\log_2$3600 * 24 * 365 * 6 808 930 = **47 за год.**

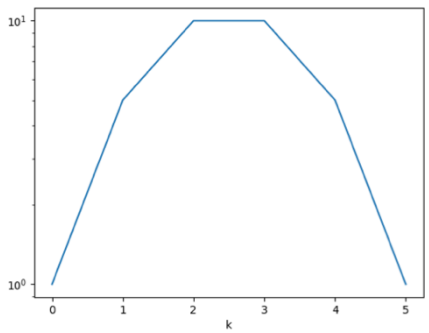
В 100 раз быстрее:
2^n / 68 089 030 = 3600 → $\log_2$ 3600 * 68 089 300 = **37 за час.**
$\log_2$3600 * 24 * 68 089 300 = **42 за сутки.**
$\log_2$3600 * 24 * 30 * 68 089 300 = **47 за месяц.**
$\log_2$3600 * 24 * 365 * 68 089 300 = **50 за год.**

6. Реализовать алгоритм порождения сочетаний.

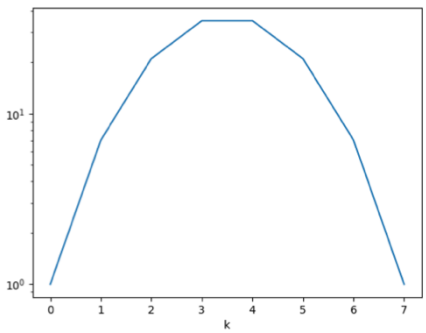
```
#include <iostream>
#include "vector"

using namespace std;

void _generateCombinations(int n, int k, int i, int b,
                           vector<int> inputSet,
                           vector<int> generatingSet,
                           vector<vector<int>> &combinations) {
    for (int x = b; x <= n - k + i; x++) {
        vector<int> copyGeneratingSet = generatingSet;
        copyGeneratingSet.push_back(inputSet[x]);

        if (i == k) {
            combinations.push_back(generatingSet);
            return;
        } else
            _generateCombinations(n, k, i + 1, x + 1, inputSet,
                                  copyGeneratingSet, combinations);
    }
}

void generateCombinations(int n, int k, vector<int> inputSet,
                          vector<vector<int>>
                          &combinations) {
    vector<int> generatingSet;
    _generateCombinations(n, k, 0, 0, inputSet, generatingSet, combinations);
}

int main() {
```

```
    int k = 3;
    int n = 10;

    vector<vector<int>> combinations;
    vector<int> set(n);
    for (int i = 0; i < n; i++) {
        set[i] = i + 1;
    }

    generateCombinations(n, k, set, combinations);

    for (auto v: combinations) {
        for (auto v1: v)
            cout << v1 << " ";
        cout << "\n";
    }

}
```

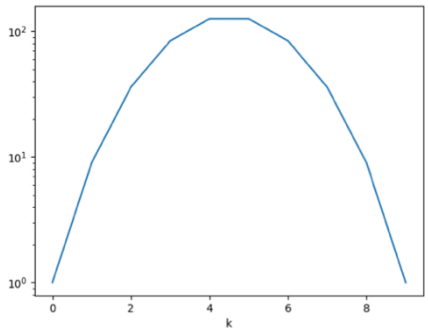
7. Построить графики зависимости количества всех сочетаний из n по k от k при n = (5, 7, 9).



$n = 5$



$n = 7$



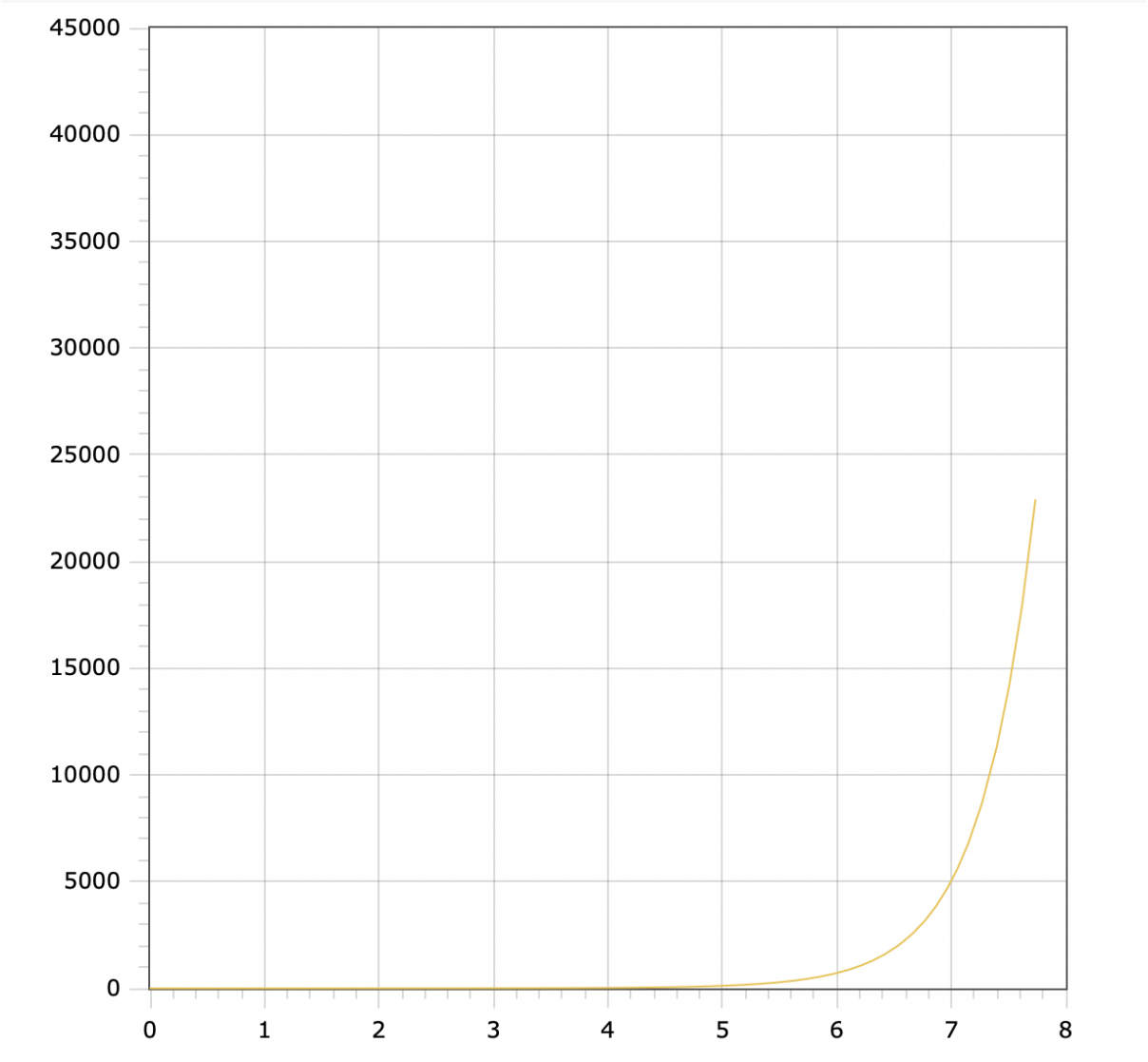
$n = 9$

8. Реализовать алгоритм порождения перестановок.

```
#include <iostream>
#include <utility>
#include "vector"

using namespace std;

void _getPermutations(vector<int> setAvailable, vector<int> setChosen,
                      vector<vector<int>> &permutations) {
    if (!setAvailable.empty()) {
```

```
        for (int j = 0; j < setAvailable.size(); j++) {
            vector<int> setAvailableCopy = setAvailable;
            vector<int> setChosenCopy = setChosen;

            setChosenCopy.push_back(setAvailableCopy[j]);
            setAvailableCopy.erase(setAvailableCopy.begin() + j);

            _getPermutations(setAvailableCopy, setChosenCopy,
                             permutations);
        }
    } else
        permutations.push_back(setChosen);
}

void getPermutations(vector<int> initialSet,
                     vector<vector<int>> &permutations) {
    vector<int> setChosen;
    _getPermutations(initialSet, setChosen, permutations);
}

int main() {
    int setSize = 5;

    vector<int> initialSet(setSize);
    for (int i = 0; i < setSize; i++) {
        initialSet[i] = i + 1;
    }

    vector<vector<int>> permutations;
    getPermutations(initialSet, permutations);

    for (auto i : permutations) {
        for(auto j: i)
            cout << j << " ";
        cout << '\n';
    }
}
```

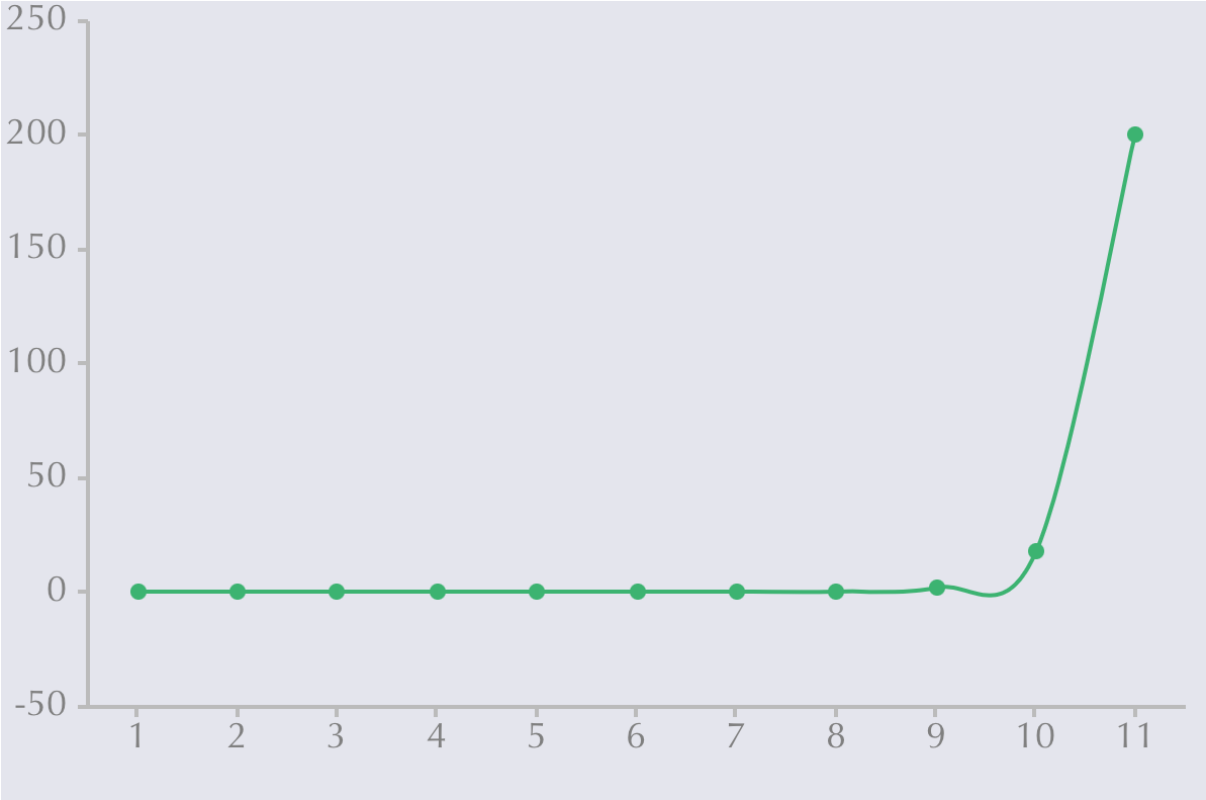
9. Построить график зависимости количества всех перестановок от мощности множества.



10. Построить графики зависимости времени выполнения алгоритма п.8 на вашей ЭВМ от мощности множества.

```
#include <iostream>
#include <utility>
#include "vector"

#define TIME_TEST(testCode, time) { \
    clock_t start_time = clock(); \
    testCode \
clock_t end_time = clock();\
clock_t sort_time = end_time - start_time; \
time = (double) sort_time / CLOCKS_PER_SEC;\
}


using namespace std;

void _getPermutations(vector<int> setAvailable, vector<int> setChosen,
                      vector<vector<int>> &permutations) {
    if (!setAvailable.empty()) {
        for (int j = 0; j < setAvailable.size(); j++) {
            vector<int> setAvailableCopy = setAvailable;
            vector<int> setChosenCopy = setChosen;
```

```
            setChosenCopy.push_back(setAvailableCopy[j]);
            setAvailableCopy.erase(setAvailableCopy.begin() + j);

            _getPermutations(setAvailableCopy, setChosenCopy,
                             permutations);
        }
    } else
        permutations.push_back(setChosen);
}

void getPermutations(vector<int> initialSet,
                     vector<vector<int>> &permutations) {
    vector<int> setChosen;
    _getPermutations(initialSet, setChosen, permutations);
}

int main() {
    int experimentSize = 11;

    vector<double> time(experimentSize);
    for (int setSize = 1; setSize <= experimentSize; setSize++) {
        TIME_TEST({
                      vector<int> initialSet(setSize);
                      for (int i = 0; i < setSize; i++) {
                          initialSet[i] = i + 1;
                      }

                      vector<vector<int>> permutations;
                      getPermutations(initialSet, permutations);
                  }, time[setSize]);
    }

    for (int i = 0; i < experimentSize; i++) {
        cout << i << " " << time[i] << "\n";
    }
}
```



11. Определить максимальную мощность множества, для которого можно получить все перестановки не более чем за час, сутки, месяц, год на вашей ЭВМ.

Полученные показатели были аппроксимированы функцией n!/0.000829

Тогда на моей ЭВМ:

- за час будет получено 10 перестановок
- за день будет получено 11 перестановок
- за месяц так же 11 перестановок
- и 12 перестановок за год

12. Определить максимальную мощность множества, для которого можно получить все перестановки не более чем за час, сутки, месяц, год на ЭВМ, в 10 и в 100 раз быстрее вашей.

Если ЭВМ в 10 раз мощнее:

- за час будет получено 11 перестановок
- за день будет получено 12 перестановок
- за месяц так же 12 перестановок
- и 13 перестановок за год

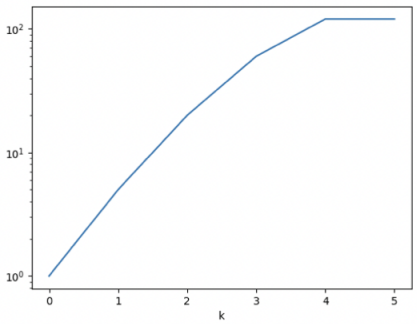
Если ЭВМ в 10 раз мощнее:

- за час будет получено 11 перестановок
- за день будет получено 13 перестановок
- за месяц так же 14 перестановок
- и 15 перестановок за год

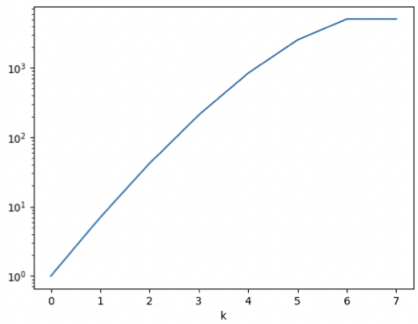
13. Реализовать алгоритм порождения размещений.

```
#include <iostream>
#include <utility>
#include "vector"

using namespace std;

void _getPlacements(int k, vector<int> setAvailable, vector<int> setChosen,
                    vector<vector<int>> &permutations) {
    if (setChosen.size() < k) {
        for (int j = 0; j < setAvailable.size(); j++) {
            vector<int> setAvailableCopy = setAvailable;
            vector<int> setChosenCopy = setChosen;

            setChosenCopy.push_back(setAvailableCopy[j]);
            setAvailableCopy.erase(setAvailableCopy.begin() + j);

            _getPlacements(k, setAvailableCopy, setChosenCopy,
                           permutations);
        }
    } else
        permutations.push_back(setChosen);
}

void getPlacements(int k, vector<int> initialSet,
                   vector<vector<int>> &permutations) {
    vector<int> setChosen;
    _getPlacements(k, initialSet, setChosen, permutations);
}

int main() {
    int setSize = 5;
    int k = 3;

    vector<int> initialSet(setSize);
    for (int i = 0; i < setSize; i++) {
        initialSet[i] = i + 1;
    }

    vector<vector<int>> permutations;
    getPlacements(k, initialSet, permutations);

    for (auto i : permutations) {
        for(auto j: i)
            cout << j << " ";
        cout << '\n';
    }
}
```

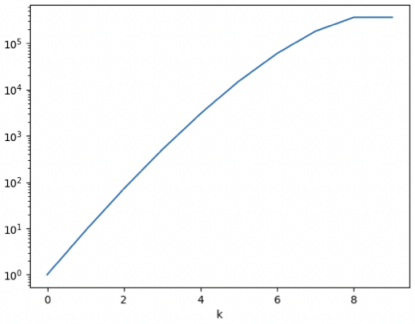
14. Построить графики зависимости количества всех размещений из n по k от k при n = (5, 7,


10^2
10^1
10^0
0
1
2
3
4
5
k

$n = 5$


10^3
10^2
10^1
10^0
0
1
2
3
4
5
6
7
k

$n = 7$


10^5
10^4
10^3
10^2
10^1
10^0
0
2
4
6
8
k

$n = 9$

9).