1. Celem laboratoriów było numeryczne potwierdzenie słuszności CTG, zapoznanie się z implementacją rozkładu jednorodnego i Bernouliego oraz poznanie metody Monte Carlo.

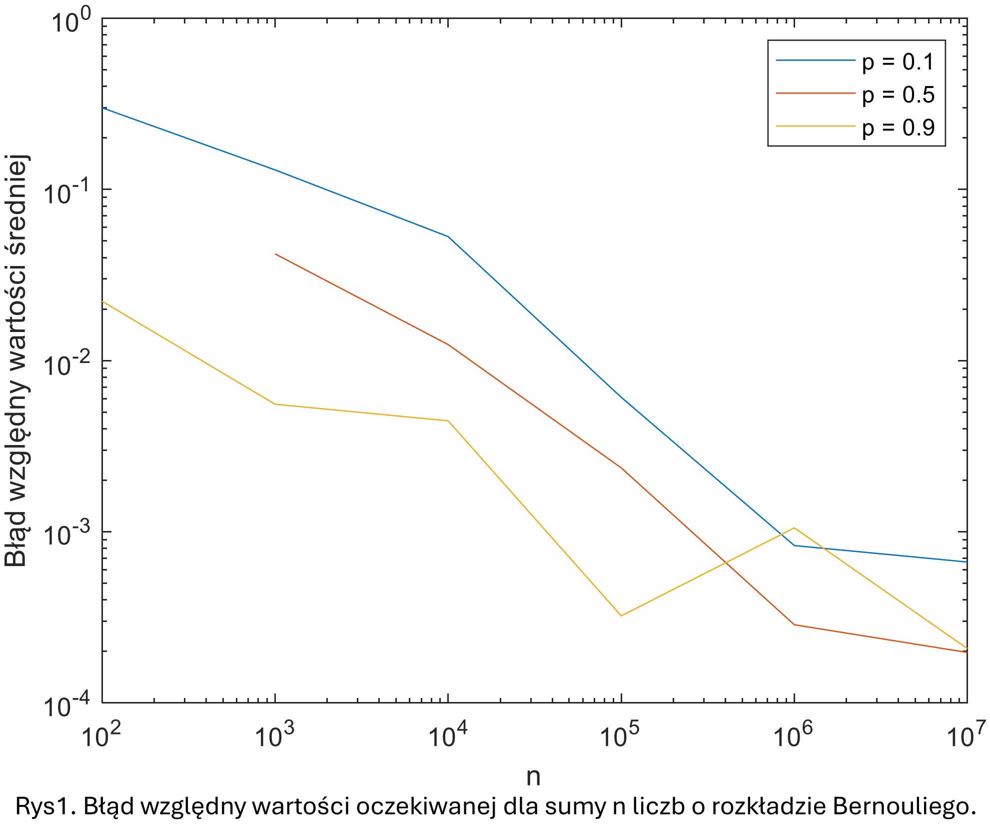
2. Zadanie do wykonania

```
#include <iostream>
#include <cstdio>
#include <cstdlib>
#include <cmath>
#include <fstream>

using namespace std;

// Rozklad Bernouliego

double randNorm() {
// znormalizowany rozkład jednorodny
   return rand() / (double)RAND_MAX;
}


int rozBern(double p) {
// rozklad Bernouliego
   int X = 0;
   double U = randNorm();
      if (U <= p)
         X = 1;
   return X;
}

int main(int argc, char **argv)
{
   double N = pow(10,7);
   double p = 0.1;
   double k = 2;
   double limit = pow(10, k);
   int X = 0;
   double sumX = 0; double sumX2 = 0;
   double xMean, xMean2, err_X, var_num, var_teo, err_var;

   ofstream myFile("DaneP01.csv");


   for (int i = 0; i <= N; i++) {
      // rozklad Bernouliego
      X = rozBern(p);
      sumX = sumX + X;
      // sumX2 takie samo jak sumX gdyz X^2 = X dla x{0,1}
      sumX2 = sumX;

      if (i == limit) {
         k++;
         limit = pow(10, k);
         xMean = sumX / i;
         xMean2 = sumX2 / i;
```

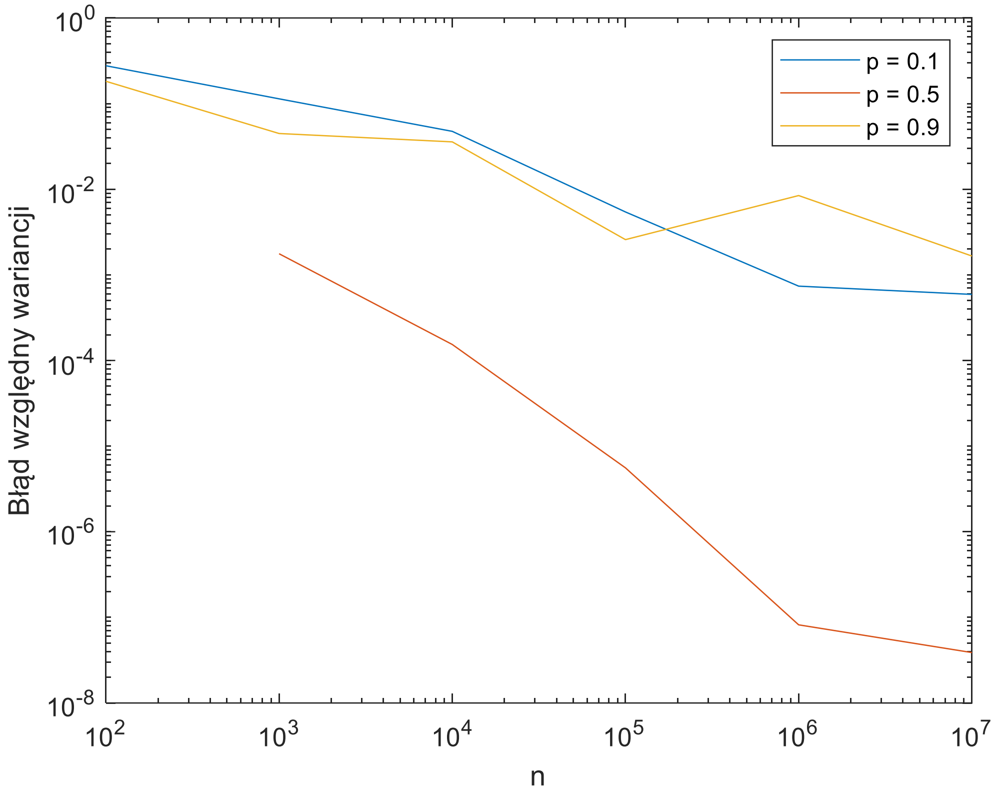
```
        err_X = abs((xMean-p) / p);
        var_num = (xMean2 - xMean*xMean) / i;
        var_teo = (p - p*p) / i;
        err_var = abs((var_num - var_teo) / var_teo);

        myFile << i <<"\t" << xMean <<"\t" << var_num <<"\t" << p <<"\t" << var_teo <<"\t" << err_X
<<"\t" << err_var <<"\n";

        //printf("\n\nxMean: %lf   xMean2: %lf   err_X: %lf   \n",xMean, xMean2, err_X);
        //printf("var_num: %lf   var_teo: %lf   err_var: %lf\n", var_num, var_teo, err_var);

      }
    }
  myFile.close();
  return 0;
}
```

Powyższy skrypt posłużył mi do wygenerowania danych dla wszystkich wartości parametru p, zmieniając w nim jedynie wartość zmiennej p oraz nazwę pliku, do którego zostaną zapisane dane.

3. Wyniki



Rys1. Błąd względny wartości oczekiwanej dla sumy n liczb o rozkładzie Bernouliego.



Rys2. Błąd względny wariancji dla sumy n liczb o rozkładzie Bernouliego.

Z powyższych wykresów wynika, że przy coraz większej ilości losowych liczb, błąd między wartością analityczną, a numeryczną dąży do zera. Co potwierdziło słuszność CTG. Ciekawym przypadkiem jest brak pierwszego punktu w obydwu wykresach dla rozkładu z parametrem p = 0,5. Dla n = 100 ilość wylosowanych ,,jedynek" była równa 50, co idealnie odpowiada wartości oczekiwanej dla p = 0.5. Wobec tego niemożliwym było naniesienie takiego punktu na skalę logarytmiczną. Dodatkowo widoczna także jest większa prędkość z jaką błąd względny wariancji dąży do zera względem błędu wartości oczekiwanej. Dzieję się tak, ze względu na wystąpienie kwadratu wartości we wzorze na wariancję dla rozkładu Bernouliego.