Celem zadania jest wykonanie obliczeń numerycznych dla **zdefiniowanych funkcji** (tutaj wielomianów) w dziedzinie **rzeczywistej** (T=`double`) lub **zespolonej** (T=`complex<double>`).

Jeśli definiowana funkcja jest **wielomianem**, to można ją „**poskładać**" z funkcji **identycznościowej** (klasa **`X`**) oraz **stałej** (klasa **`Const`**) wykonując odpowiednie ich **iloczyny** (klasa **`Multiplies`**) oraz **dodawanie** (klasa **`Plus`**), czy **odejmowanie** (klasa **`Minus`**)
Klasa **`Polynomial`**, jak i wszystkie powyższe klasy tworzą **polimorficzną hierarchię**, dla których **`Function`** jest abstrakcyjną klasą **bazową**.

Etap 1

W pliku **`function.h`** dana jest abstrakcyjna klasa bazowa **`Function`**
Obejrzyj klasę (jest gotowa).

Zdefinuj (wszystko w **`function.h`**) **publiczne klasy pochodne**: **`Const`**, **`X`**, **`Plus`**, **`Minus`**, **`Multiplies`** oraz **`Polynomial`** realizujące odpowiednie działania narzucone w klasie bazowej, tj. **wartość funkcji** (metoda `value`) oraz **wartość** jej **pochodnej** (metoda `prim`).
Zaimplementuj klasy hierarchii realizujące obliczenia dla typu **`double`**.

- klasa **`Const`** obsługuje funkcje stałe, np. **`f(x)=4.5`**
  - konstruktor pobiera stałą, którą przechowuje w prywatnym polu klasy (typu **`double`**)
  - metody **`value`** oraz **`prim`** zwracają odpowiednio wartość funkcji oraz jej pochodnej
- klasa **`X`** obsługuje funkcję identycznościową **`f(x)=x`**
  - klasa **nie** posiada żadnych pól
  - metody **`value`** oraz **`prim`** zwracają odpowiednio wartość funkcji oraz jej pochodnej
- klasa **`Plus`** obsługuje **sumę** dwóch funkcji
  - konstruktor pobiera 2 wskaźniki klasy bazowej **`Function`**, które reprezentują dodawane 2 funkcje i wskaźniki te przechowuje w 2 prywatnych polach wskaźnikowych klasy (pola typu **`Function*`**)
  - met. **`value`** oblicza **wartość sumy** wykorzystując wywołania met. **`value`** dla jej składników
  - met. **`prim`** oblicza **wartość pochodnej sumy** wykorzystując wywołania met. **`prim`** dla jej składników
  - **destruktor** zwalniający pola wskaźnikowe klasy
- klasa **`Minus`** obsługuje **różnicę** dwóch funkcji;
  - *zaimplementuj w podobnej konwencji jak* **Plus**
- klasa **`Multiplies`** obsługuje **iloczyn** dwóch funkcji;
  - *zaimplementuj w podobnej konwencji jak* **Plus**

- Do hierarchii dołącz klasę **`Polynomial`**.
  - Klasa posiada prywatne pole wskaźnikowe typu **`Function*`** , konstruktor bezparametrowy tej klasy ustawia je na **`nullptr`**
  - **destruktor** zwalniający pola wskaźnikowe klasy
  - zaimplementuj metody **`value`** i **`prim`**
  - napisz **dwie metody** do generowania wielomianów:

  `generate1` , która (na podstawie algorytmu Hornera) „składa” wielomian za pomocą klas **`Const`**, **`X`**, **`Plus`**, **`Multiplies`**.

  Metoda przyjmuje: tablicę **współczynników** oraz jej rozmiar (*poprawne*).
  Metoda ustawia wskaźnik utworzonego wielomianu w prywatnym polu.
  Schemat Hornera: $W(x) = a_0 + x\left(a_1 + x\left(a_2 + \cdots + x\left(a_{n-2} + x(a_{n-1} + xa_n)\right)\cdots\right)\right)$

  `generate2` , która „składa” wielomian za pomocą klas **`Const`**, **`X`**, **`Minus`**, **`Multiplies`**.

  Metoda przyjmuje: tablicę **zer** wielomianu oraz jej rozmiar (*poprawne*).
  Metoda ustawia wskaźnik utworzonego wielomianu w prywatnym polu.
  $W(x) = (x - z_0)(x - z_1) \ldots (x - z_{n-1})$

Etap 2

Proszę utworzyć (przerobić) hierarchię klas **`function.h`** na klasy wzorcowe zależne od jednego parametru **`T`**, który będzie konkretyzowany dla typu **`double`** oraz **`complex<double>`**

UWAGA zakomentuj Etap1 w funkcji main

Etap 3

Zaimplementuj **wzorzec** funkcji **`zero`**, realizującej algorytm **metody Newtona** do rozwiązania równania **`f(x)=0`** .

Szablon funkcji **`zero`** zależy od jednego parametru **`T`**, który określa typ dla szablonu wielomianu (czyli **`double`** lub **`complex<double>`**)

Dokładność obliczeń `EPS=1e-6` oraz liczba iteracji `MAX_IT=50` są wewnętrznymi parametrami funkcji zainicjowane podanymi wartościami.
Funkcja **`zero`** zwraca znalezione rozwiązanie (jeśli algorytm był zbieżny).
Parametry funkcji reprezentują: przekazana funkcja (wej), punkt startowy (wej), oraz wykonaną liczbę iteracji (wyj).
Do obliczenia wartości bezwzględnej w algorytmie użyj funkcji **`abs`**.

Algorytm
Startujemy z x_0 (wejściowy **drugi** parametr funkcji). Kolejne przybliżenia są dane wzorem:

$$x_{k+1} = x_k - \frac{f(x_k)}{f'(x_k)}$$

Wykonaj obliczenia (maksymalnie ***MAX_IT***=50) do momentu, gdy

- $|f(x_k)| \le EPS$
- gdy **osiągnięto** założoną liczbę iteracji MAX_ITER **lub** $|f'(x_k)| < EPS$, generuj **wyjątek** (komunikat „Brak zbieznosci”)

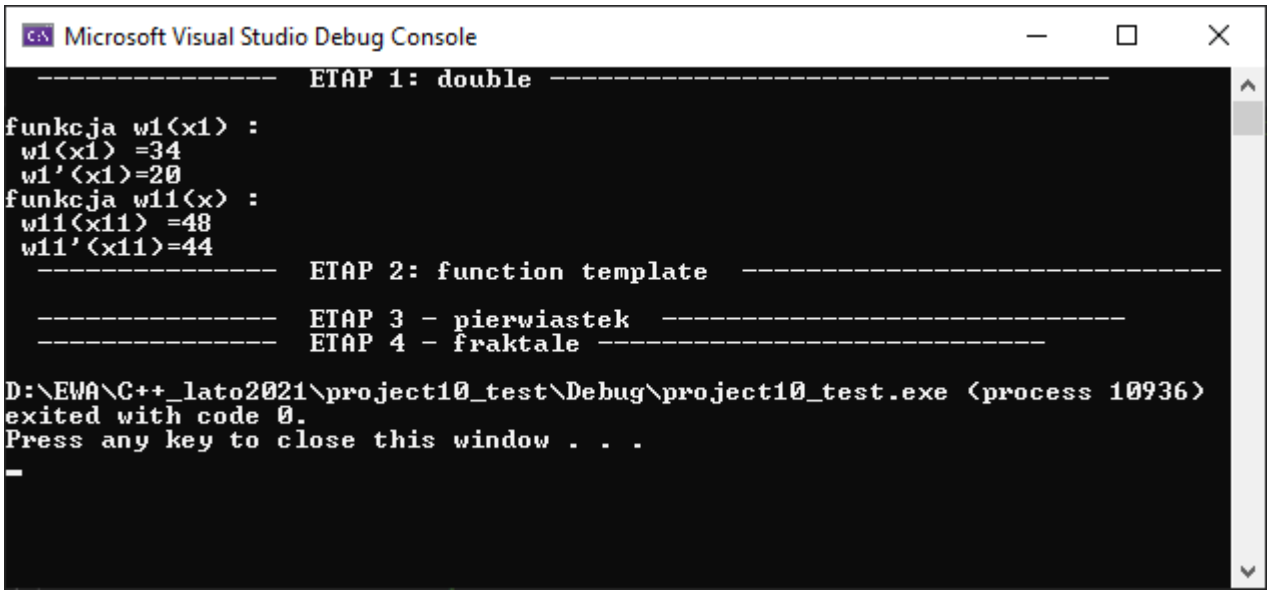
Etap 4

Dany jest **gotowy** wzorzec funkcji **`fractal`** zależny od parametru **`N`** (tzn. **`template <int N>`**), która wykonuje obliczenia w celu utworzenia fraktala Newtona (parametr definiuje rozmiar wewnętrznej tablicy).

Funkcja ta korzysta z szablonu tablicy 2-wymiarowej **`tab2d`**, który posiada 2 parametry:
`template <typename T, int N>`

Szkielet klasy **`tab2d`** jest **gotowy**. Dostarcza pewną podstawową funkcjonalność tablicy dwuwymiarowej. Tylko obejrzyj.

Proszę „przerobić” ją na wymaganą klasę szablonową.
W definicji klasy proszę pozostawić **tylko nagłówki** składowych i funkcji friend .




Microsoft Visual Studio Debug Console
---------- ETAP 1: double ----------
---------- ETAP 2: function template ----------
funkcja w1(x) :
w1(x1) =34
w1'(x1)=20
funkcja w11(x) :
w11(x11) =48
w11'(x11)=44
funkcja w2(x) :
w2(x1) = (90,-457)
w2'(x1)= (117,-30)
funkcja w22(x) :
w22(x11) = (-88,1331)
w22'(x11)= (-363,-8)
---------- ETAP 3 - pierwiastek ----------
pierwiastek z=-0.429504
liczba iteracji it=11
f(z)=-8.88178e-16
pierwiastek z1=(-0.561352,-0.0661584)
liczba iteracji it=5
f1(z1)=(1.11022e-16,2.22045e-16)
pierwiastek z2=(1,2)
liczba iteracji it=6
f2(z2)=(0,0)
---------- ETAP 4 - fraktale ----------
FRAKTAL NEWTONA:
SKALA :
FRAKTAL NEWTONA: