

Lekcja

Temat: Szablony (templates): Szablony funkcji i klas, specjalizacje, szablony w STL.

1 Szablony (templates) w C++

Szablony pozwalają pisać **uniwersalny kod**, który działa dla różnych typów danych **bez powielania kodu**. Czyli "napisz raz, a zastosuj dla wielu typów"

2 Szablony funkcji

✓ Składnia ogólna:

```
template <typename T>
T maksimum(T a, T b) {
    return (a > b) ? a : b;
}
```

- **T** - to **zmienna typu**, którą kompilator zastąpi konkretnym typem w momencie użycia funkcji lub klasy. Dzięki temu możesz pisać **jedną funkcję lub klasę**, która działa dla wielu typów danych.
- **template <typename T>** - deklaruje szablon z typem T
- Funkcja **maksimum** działa teraz dla **int, double, float, itp.**

✓ Przykład użycia:

```
#include <iostream>
using namespace std;
```

```
template <typename T>
T maksimum(T a, T b) {
    return (a > b) ? a : b;
}
```

```
int main() {
    cout << maksimum(5, 10) << endl;      // int
    cout << maksimum(3.14, 2.71) << endl; // double
}
```

3 Szablony klas

Szablony działają też dla **klas** — pozwalają tworzyć klasy działające na różnych typach danych.

```
#include <iostream>
using namespace std;
template <typename T>
class Para {
    T pierwszy, drugi;
public:
    Para(T a, T b) : pierwszy(a), drugi(b) {}
    T suma() { return pierwszy + drugi; }
};

int main() {
    Para<int> p1(3, 7);
    cout << p1.suma() << endl; // 10

    Para<double> p2(2.5, 3.5);
    cout << p2.suma() << endl; // 6.0
}
```

4 Specjalizacje szablonów

Czasem chcemy, aby szablon działał **inaczej dla konkretnego typu**.

```
#include <iostream>
using namespace std;

// Szablon klasy ogólny
template <typename T>
class Para {
    T pierwszy, drugi;
public:
    Para(T a, T b) : pierwszy(a), drugi(b) {}
    T suma() { return pierwszy + drugi; }
    void pokaz() { cout << pierwszy << " " << drugi << endl; }
};

// Specjalizacja szablonu dla typu char
```

```

template <>
class Para<char> {
    char pierwszy, drugi;
public:
    Para(char a, char b) : pierwszy(a), drugi(b) {}
    void pokaz() {
        cout << "Specjalizacja dla char: " << pierwszy << " " << drugi << endl;
    }
};

int main() {
    // Użycie szablonu ogólnego dla int
    Para<int> p1(3, 7);
    cout << "Suma int: " << p1.suma() << endl;
    p1.pokaz();

    // Użycie szablonu ogólnego dla double
    Para<double> p2(2.5, 3.5);
    cout << "Suma double: " << p2.suma() << endl;
    p2.pokaz();

    // Użycie specjalizacji dla char
    Para<char> p3('A', 'B');
    p3.pokaz();

    return 0;
}

```

- To nazywamy **pełną specjalizacją**.
- Możemy też tworzyć **częściowe specjalizacje**, np. dla wskaźników.

5 Szablony w STL (Standard Template Library)

STL to **biblioteka standardowa w C++**, która w dużej mierze **opiera się na szablonach**.

Przykłady:

1. **vector** — dynamiczna tablica

```
#include <vector>
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    vector<int> v = {1, 2, 3};
    v.push_back(4);

    for (int x : v)
        cout << x << " ";
}
```

2. **map** — mapa klucz-wartość

```
#include <map>
#include <string>
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    map<string, int> wiek;
    wiek["Jan"] = 25;
    wiek["Anna"] = 30;

    for (auto &[k, v] : wiek)
        cout << k << " ma " << v << " lat" << endl;
}
```

3. **sort** w **<algorithm>** — szablon funkcji

```
#include <algorithm>
#include <vector>
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
```

```
vector<int> v = {3, 1, 4, 2};  
sort(v.begin(), v.end()); // sort działa dla każdego typu porównywalnego  
for (int x : v) cout << x << " ";  
}
```

W STL wszystko jest napisane przy użyciu **szablonów**, dlatego możesz używać `vector<int>`, `vector<double>`, `map<string,int>` itd., bez pisania osobnej klasy.

Lekcja

Temat: STL (Standard Template Library) w C++

STL (Standard Template Library) to jedna z najważniejszych części języka C++. Zawiera:

- **kontenery** — struktury danych (`vector`, `list`, `map`, `queue` itd.)
- **iteratory** — „wskaźniki” do elementów kontenerów
- **algorytmy** — sortowanie, wyszukiwanie, kopiowanie itd.

1 **vector — dynamiczna tablica**

`vector` to **dynamiczna tablica**, która sama zmienia rozmiar podczas dodawania/usuwania elementów.

❖ Zastosowania

- przechowywanie listy liczb
- zbiór danych od użytkownika
- tablica, której rozmiar nie jest znany

❖ Przykład

```
vector<int> liczby;
liczby.push_back(10);
liczby.push_back(20);
liczby.push_back(30);
```

❖ Iteracja po vectorze za pomocą iteratora

```
for (vector<int>::iterator it = liczby.begin(); it != liczby.end(); ++it) {
    cout << *it << " ";
}
```

Przykład:

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

int main() {
    std::vector<int> v;

    // --- DODAWANIE NA KOŃCU ---
    v.push_back(10);
    v.push_back(20);
    v.push_back(30);

    std::cout << "Po dodaniu na koncu (push_back): ";
    for (int x : v) std::cout << x << " ";
    std::cout << "\n";

    // --- USUWANIE Z KOŃCA ---
    v.pop_back();
    std::cout << "Po usunięciu z końca (pop_back): ";
    for (int x : v) std::cout << x << " ";
    std::cout << "\n";
```

```

// --- DODAWANIE NA POCZĄTKU ---
v.insert(v.begin(), 5);

std::cout << "Po dodaniu na poczatku (insert): ";
for (int x : v) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

// --- USUWANIE Z POCZĄTKU ---
v.erase(v.begin());

std::cout << "Po usunieciu z poczatku (erase): ";
for (int x : v) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

// --- DODAWANIE W DOWOLNE MIEJSCE ---
v.insert(v.begin() + 1, 99);

std::cout << "Po dodaniu w dowolne miejsce (index 1): ";
for (int x : v) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

// --- USUWANIE Z DOWOLNEGO MIEJSCA ---
v.erase(v.begin() + 1);

std::cout << "Po usunieciu z dowolnego miejsca (index 1): ";
for (int x : v) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

return 0;
}

```

list — lista dwukierunkowa

list to **lista dwukierunkowa (double linked list)**.

Wstawianie i usuwanie elementów jest **bardzo szybkie**, ale dostęp po indeksie jest wolny.

❖ Zastosowania

- kolejki z częstym dodawaniem i usuwaniem
- implementacja historii działań (przód/tył)
- struktur danych, gdzie ważny jest szybki insert w środku

❖ Przykład

```
list<string> slowa;
slowa.push_back("Ala");
slowa.push_back("ma");
slowa.push_back("kota");
```

❖ Iterator

```
for (list<string>::iterator it = l.begin(); it != l.end(); ++it) {
    cout << *it << " ";
}
```

Przykład

```
#include <iostream>
#include <list>

int main() {
    std::list<int> lst;

    // --- DODAWANIE NA KOŃCU ---
    lst.push_back(10);
    lst.push_back(20);
    lst.push_back(30);

    std::cout << "Po dodaniu na koncu (push_back): ";
    for (int x : lst) std::cout << x << " ";
    std::cout << "\n";

    // --- USUWANIE Z KOŃCA ---
    lst.pop_back();

    std::cout << "Po usunięciu z końca (pop_back): ";
    for (int x : lst) std::cout << x << " ";
    std::cout << "\n";
```

```
// --- DODAWANIE NA POCZĄTKU ---
lst.push_front(5);

std::cout << "Po dodaniu na poczatku (push_front): ";
for (int x : lst) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

// --- USUWANIE Z POCZĄTKU ---
lst.pop_front();

std::cout << "Po usunieciu z poczatku (pop_front): ";
for (int x : lst) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

// --- DODAWANIE W DOWOLNE MIEJSCE ---
auto it = lst.begin();
std::advance(it, 1);
lst.insert(it, 99);

std::cout << "Po dodaniu w dowolne miejsce (index 1): ";
for (int x : lst) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

// --- USUWANIE Z DOWOLNEGO MIEJSCA ---
it = lst.begin();
std::advance(it, 1);
lst.erase(it);

std::cout << "Po usunieciu z dowolnego miejsca (index 1): ";
for (int x : lst) std::cout << x << " ";
std::cout << "\n";

return 0;
}
```

💧 Budowa wewnętrzna

vector

- przechowuje elementy **w jednej ciągłej tablicy w pamięci**
- indeksowanie działa jak w tablicy: `v[0], v[1], ...`

list

- to **lista dwukierunkowa** – każdy element zawiera wskaźniki do poprzedniego i następnego
- elementy **są porozrzucane w pamięci**

💧 Prosty przykład porównawczy

vector

```
std::vector<int> v;  
v.push_back(10);  
v[0] = 5; // szybki dostęp
```

list

```
std::list<int> lst;  
lst.push_back(10);  
  
auto it = lst.begin();  
*it = 5; // można tylko przez iterator
```

3 map — klucz → wartość (słownik)

map przechowuje pary **klucz–wartość**
(Klucze są automatycznie sortowane!).

❖ Zastosowania

- słowniki (np. "PL" → "Polska")
- dane użytkowników (ID → nazwa)
- liczenie wystąpień słów

❖ Przykład

```
map<string, int> wiek;  
wiek["Adam"] = 25;  
wiek["Beata"] = 30;  
wiek["Czarek"] = 22;
```

❖ Iteratör

```
for (map<string, int>::iterator it = wiek.begin(); it != wiek.end(); ++it) {  
    cout << it->first << " ma " << it->second << " lat\n";  
}
```

Poniższy przykład zawiera:

- ✓ dodawanie elementów
- ✓ usuwanie elementu o najmniejszym kluczu (początek mapy)
- ✓ usuwanie elementu o największym kluczu (koniec mapy)
- ✓ usuwanie/dodawanie elementów według klucza (czyli "w dowolnym miejscu")

```
#include <iostream>  
#include <map>  
  
int main() {  
    std::map<int, std::string> mp;  
  
    // --- DODAWANIE ELEMENTÓW ---  
    mp.insert({2, "B"});  
    mp.insert({1, "A"});  
    mp.insert({3, "C"});  
  
    std::cout << "Po dodaniu elementow:\n";  
    for (auto &p : mp) {  
        std::cout << p.first << " -> " << p.second << "\n";  
    }  
  
    // --- USUWANIE NAJMNIEJSZEGO KLUCZA (początek) ---  
    mp.erase(mp.begin());  
  
    std::cout << "\nPo usunięciu najmniejszego klucza:\n";  
    for (auto &p : mp) {
```

```

        std::cout << p.first << " -> " << p.second << "\n";
    }

// --- USUWANIE NAJWIEKSZEGO KLUCZA (koniec) ---
auto it = mp.end();
it--; // ostatni element
mp.erase(it);

std::cout << "\nPo usunieciu najwiekszego klucza:\n";
for (auto &p : mp) {
    std::cout << p.first << " -> " << p.second << "\n";
}

// --- DODAWANIE "W DOWOLNE MIEJSCE" (przez klucz) ---
mp[10] = "X";
mp[5] = "Y"; // automatycznie trafi w odpowiednie miejsce

std::cout << "\nPo dodaniu elementow o kluczach 10 i 5:\n";
for (auto &p : mp) {
    std::cout << p.first << " -> " << p.second << "\n";
}

// --- USUWANIE ELEMENTU O DOWOLNYM KLUCZU ---
mp.erase(5);

std::cout << "\nPo usunieciu klucza 5:\n";
for (auto &p : mp) {
    std::cout << p.first << " -> " << p.second << "\n";
}

return 0;
}

```

💡 Kompletny przykład

Program demonstruje użycie:

- **vector**
- **list**

- **map**
- **iteratorów**

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <list>
#include <map>
using namespace std;

int main() {

    // --- VECTOR ---
    vector<int> v = {1, 2, 3, 4, 5};

    cout << "VECTOR: ";
    for (vector<int>::iterator it = v.begin(); it != v.end(); ++it) {
        cout << *it << " ";
    }
    cout << "\n";

    // --- LIST ---
    list<string> l;
    l.push_back("Ala");
    l.push_back("ma");
    l.push_back("kota");

    cout << "LIST: ";
    for (list<string>::iterator it = l.begin(); it != l.end(); ++it) {
        cout << *it << " ";
    }
    cout << "\n";

    // --- MAP ---
    map<string, int> wiek;
    wiek["Adam"] = 25;
    wiek["Beata"] = 30;
```

```
wiek["Czarek"] = 22;

cout << "MAP:\n";
for (map<string, int>::iterator it = wiek.begin(); it != wiek.end(); ++it) {
    cout << it->first << " ma " << it->second << " lat\n";
}

return 0;
}
```

👉 `v.begin()`

Zwraca iterator **na pierwszy element** wektora.

👉 `v.end()`

Zwraca **iterator wskazujący za ostatni element**.

To znaczy: nie na ostatni element, ale **tuż za nim** (tzw. *past-the-end iterator*).

👉 `it != v.end()`

Pętla działa dopóki `it` **nie osiągnie końca kontenera**.

Gdy iterator zrówna się z `end()`, kończymy iterację.

Lekcja

Temat: Usystematyzowanie materiału

Tabela: Dodawanie i usuwanie w vector, list i map

Legendy:

- ✗ — brak takiej możliwości
- ✓ — jest możliwe
- △ — możliwe, ale **nieoptymalne** (kosztowne operacje)

▀ 1. std::vector

Operacja	Możliwe?	Metoda / komentarz
Dodaj na początku	△	<code>insert(v.begin(), x)</code>
Dodaj na końcu	✓	<code>push_back(x)</code>
Dodaj w środku (na pozycji)	△	<code>insert(iterator, x)</code>
Usuń z początku	△	<code>erase(v.begin())</code>
Usuń z końca	✓	<code>pop_back()</code>
Usuń ze środka	△	<code>erase(iterator)</code>

❖ *Vector nie ma `push_front()` ani `pop_front()`.*

▀ 2. std::list (lista dwukierunkowa)

Operacja	Możliwe?	Metoda
Dodaj na początku	✓	<code>push_front(x)</code>
Dodaj na końcu	✓	<code>push_back(x)</code>
Dodaj w środku	✓	<code>insert(iterator, x)</code>
Usuń z początku	✓	<code>pop_front()</code>
Usuń z końca	✓	<code>pop_back()</code>
Usuń ze środka	✓	<code>erase(iterator)</code>

▀ 3. std::map (drzewo RB — uporządkowana mapa)

Operacja	Możliwe?	Metoda / komentarz
Dodaj na początku	✗	brak — mapa jest uporządkowana
Dodaj na końcu	✗	brak — porządek zależy od klucza
Dodaj element	✓	insert({key, val}), m[key] = val
Usuń element o kluczu	✓	erase(key)
Usuń przez iterator	✓	erase(iterator)
Usuń pierwszy element	✓	erase(m.begin())
Usuń ostatni element	✓	auto it = prev(m.end()); erase(it);

❖ W map nie ma pojęcia „początku” i „końca” w sensie kolejki — porządek jest sortowany po kluczu.

Lekcja

Temat: Iteratory. Metoda std::sort, std::find

Iterator to „wskaźnik” na element w kolekcji (np. vector, list, map).

Pozwala przechodzić po elementach oraz je odczytywać lub modyfikować, nie znając wewnętrznej struktury kontenera.

Możesz traktować iterator jak wskaźnik:

- `it = v.begin()` — iterator na pierwszy element

- `it = v.end()` — iterator na element *za ostatnim*
- `++it` — przejście do kolejnego
- `*it` — odczyt/zmiana wartości

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

int main() {

    std::vector<int> numbers = {10, 20, 30, 40};

    std::cout << "Iteracja po vectorze:" << std::endl;

    for (std::vector<int>::iterator it = numbers.begin(); it != numbers.end(); ++it) {
        std::cout << *it << " "; // odczytujemy element
    }

    std::cout << std::endl;
    return 0;
}
```

◊ 1. Metoda `std::sort` – sortowanie

`std::sort` sortuje zakres danych w kontenerach **posiadających dostęp przez indeksy** (np. `vector`, `array`, ale nie `list` i `map`). Nie sortuje map, ponieważ `std::map<int, string>` jest zawsze posortowana po kluczu rosnąco

❖ Wymaga:

```
#include <algorithm>
```

☑ Przykład:

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <array>
#include <algorithm>
```

```

int main() {
    // ===== VECTOR =====
    std::vector<int> vec = {5, 1, 9, 3, 7};

    std::sort(vec.begin(), vec.end());

    std::cout << "Vector posortowany rosnaco: ";
    for (int x : vec) std::cout << x << " ";
    std::cout << std::endl;

    // ===== ARRAY =====
    std::array<int, 5> arr = {20, 4, 15, 7, 2};

    std::sort(arr.begin(), arr.end());

    std::cout << "Array posortowany rosnaco: ";
    for (int x : arr) std::cout << x << " ";
    std::cout << std::endl;

    return 0;
}

```

◊ 3. Metoda `std::find` – wyszukiwanie elementu

`std::find` szuka wartości w przedziale **[begin, end)**.

Przykład `std::find` na `vector`, `array`, `list` i `string`

```

#include <iostream>
#include <vector>
#include <array>
#include <list>
#include <algorithm>
#include <string>

int main() {

    // ===== VECTOR =====

```

```

std::vector<int> vec = {10, 20, 30, 40};
auto it_vec = std::find(vec.begin(), vec.end(), 30);

if (it_vec != vec.end())
    std::cout << "Znaleziono w vectorze: " << *it_vec << std::endl;

// ===== ARRAY =====
std::array<int, 5> arr = {1, 2, 3, 4, 5};
auto it_arr = std::find(arr.begin(), arr.end(), 4);

if (it_arr != arr.end())
    std::cout << "Znaleziono w array: " << *it_arr << std::endl;

// ===== LIST =====
std::list<int> lst = {7, 8, 9, 10};
auto it_list = std::find(lst.begin(), lst.end(), 9);

if (it_list != lst.end())
    std::cout << "Znaleziono w list: " << *it_list << std::endl;

// ===== STRING =====
std::string text = "Hello";
auto it_str = std::find(text.begin(), text.end(), 'e');

if (it_str != text.end())
    std::cout << "Znaleziono w string: " << *it_str << std::endl;
}

```

✓ **std::find** można stosować na:

- vector
- array
- list
- deque
- string
- set (wolne, ale działa)

✗ `std::find` NIE służy do szukania w mapach
(do tego używaj `.find(key)`).

✓ MOŻNA stosować `std::find` na:

Kontener	Można użyć <code>std::find?</code>	Dlaczego
<code>vector</code>	✓ TAK	Ma iteratory
<code>array</code>	✓ TAK	Ma iteratory
<code>list</code>	✓ TAK	Ma iteratory
<code>deque</code>	✓ TAK	Ma iteratory
<code>string</code>	✓ TAK	Też ma iteratory
<code>set</code>	✓ TAK (ale bez sensu)	Każdy element jest unikalny + wolne O(n)
<code>map</code>	✓ TAK, ALE...	Szuka <i>wartości pary</i> , nie po kluczu!

Lekcja

Temat: Adresy pamięci i operator &. Wskaźniki i operator * (dereferencja). Dynamiczna alokacja pamięci (new / delete) Referencje: Różnice od wskaźników, referencje jako parametry funkcji, stałe referencje w C++

Każda zmienna w C++ znajduje się **pod jakimś adresem w pamięci RAM**. Operator **&** pozwala **pobrać adres zmiennej**.

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    int x = 10;

    cout << "Wartosc x: " << x << endl;
    cout << "Adres x: " << &x << endl;
    return 0;
}
```

Wskaźnik to **zmienna, która przechowuje adres innej zmiennej**. **int* p;**

Operator *

- w deklaracji → mówi, że to wskaźnik
- w użyciu → **odczytuje lub modyfikuje wartość pod adresem**

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    int x = 5;
    int* p = &x;
/*
x wartość zmiennej (5)
&x adres zmiennej x w pamięci
p adres zmiennej x
*p wartość znajdująca się pod adresem, który jest w p
*/
    cout << "x = " << x << endl;
    cout << "Adres x: " << &x << endl;
    cout << "Wskaznik p: " << p << endl;
    cout << "Wartosc pod adresem p (*p): " << *p << endl;
    *p = 20; // zmiana x przez wskaźnik To NIE zmienia wskaźnika To zmienia zmienną x
    cout << "Nowa wartosc x: " << x << endl;

    return 0;
}
```

Dynamiczna alokacja pamięci (`new` / `delete`) pozwala **tworzyć zmienne w trakcie działania programu**, a nie tylko w czasie kompilacji.

□ Pojedyncza zmienna

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    int* p = new int; // alokacja
    *p = 42;

    cout << "Wartosc: " << *p << endl;

    delete p; // zwolnienie pamięci
    p = nullptr; // p nie wskazuje już na żadną pamięć (pusty wskaźnik)

    return 0;
}
```

□ Dynamiczna tablica

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    int n = 5;
    int* tab = new int[n];

    for (int i = 0; i < n; i++) {
        tab[i] = i * 10;
    }

    for (int i = 0; i < n; i++) {
        cout << tab[i] << " ";
    }

    delete[] tab; // UWAGA: delete[]
    tab = nullptr;

    return 0;
}
```

```
}
```

Wskaźnik do funkcji może **przechowywać adres funkcji**, dzięki czemu można:

- przekazywać funkcje jako argumenty
- wybierać funkcję w czasie działania programu

```
#include <iostream>
```

```
using namespace std;
```

```
int dodaj(int a, int b) {  
    return a + b;  
}
```

```
int odejmij(int a, int b) {  
    return a - b;  
}
```

```
int main() {  
    int (*wsk)(int, int); // wskaźnik do funkcji  
  
    wsk = dodaj;  
    cout << "Dodawanie: " << wsk(3, 4) << endl; // wywołanie funkcji przez wskaźnik  
  
    wsk = odejmij;  
    cout << "Odejmowanie: " << wsk(10, 5) << endl;  
  
    return 0;  
}
```

✗ Nigdy nie używaj *p, jeśli p nie wskazuje na nic sensownego

```
int* p;  
*p = 10; // BŁĄD – niezdefiniowane zachowanie
```

✓ Poprawnie:

```
int x = 10;  
int* p = &x;
```

albo

```
int* p = new int;  
*p = 10;
```

*p to **derefencja wskaźnika** – dostęp do wartości znajdującej się pod adresem przechowywanym w p.

```

#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    int x = 10;
    int* p = &x;

    cout << "x = " << x << endl;           // *p == x
    cout << "&x = " << &x << endl;         // p == &x
    cout << "p = " << p << endl;          // p == &x
    cout << "*p = " << *p << endl;        // *p == x
    cout << "&p = " << &p << endl;

    return 0;
}

```

Referencje: Różnice od wskaźników, referencje jako parametry funkcji, stałe referencje.

Referencja to alternatywna nazwa (alias) dla istniejącej zmiennej.

```

int x = 10;
int& ref = x;

```

- **ref to to samo co x**
- nie zajmuje osobnej „logicznej” zmiennej
- każda zmiana **ref** zmienia **x**

```

#include <iostream>
using namespace std;

```

```

int main() {
    int x = 10;
    int& r = x;
    r = 20;
    cout << "x = " << x << endl; // 20
    cout << "r = " << r << endl; // 20
    return 0;
}

```

Referencje jako parametry funkcji

✗ Przekazywanie przez wartość

```
void zmien(int a) {
```

```
a = 100;  
}
```

➡ nie zmienia zmiennej w main

✓ Przekazywanie przez referencję

```
void zmien(int& a) {  
    a = 100;  
}
```

➡ zmienia oryginalną zmienną

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
  
void zwiększ(int& x) {  
    x += 1;  
}  
int main() {  
    int a = 5;  
    zwiększ(a);  
    cout << a << endl; // 6  
    return 0;  
}
```

Stałe referencje (const &) - referencja, przez którą nie można zmieniać obiektu

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
  
void wypisz(const int& x) {  
    // x = 10; // błąd komplikacji  
    cout << x << endl;  
}  
int main() {  
    int a = 5;  
    wypisz(a);  
    return 0;  
}
```

Lekcja

Temat: Wyjątki: Try-catch, throw, obsługa błędów, niestandardowe wyjątki

Wyjątki w C++ to mechanizm obsługi błędów, który pozwala na separację normalnego przepływu programu do obsługi sytuacji wyjątkowych (np. błędów w trakcie wykonywania). Zamiast sprawdzania błędów za pomocą kodów zwrotnych (jak w starszych językach), wyjątki umożliwiają "rzucenie" błędu w jednym miejscu i " złapanie" go w innym, co czyni kod bardziej czytelnym i modułarnym.

Kluczowe elementy:

- **try**: Blok, w którym umieszczamy kod, który może spowodować błąd.
 - **catch**: Blok(i), które obsługują rzucone wyjątki. Można mieć wiele catch dla różnych typów wyjątków.
 - **throw**: Instrukcja do rzucenia wyjątku.
 - **Obsługa błędów**: Wyjątki są używane do obsługi błędów runtime, np. dzielenie przez zero, brak pamięci, błędy plików.
 - **Niestandardowe wyjątki**: Możesz tworzyć własne klasy dziedziczące po std::exception dla bardziej precyzyjnej obsługi.
-
- **try / catch**

Składnia

```
try {  
    // kod, który może spowodować błąd  
}  
catch (typ wyjątku e) {  
    // obsługa błędu  
}
```

Przykład: dzielenie przez zero

```
#include <iostream>  
using namespace std;
```

```

int dzielenie(int a, int b) {
    if (b == 0) {
        throw "Dzielenie przez zero!"; // throw przerwuje wykonywanie funkcji
    }
    return a / b;
}

int main() {
    try {
        cout << dzielenie(10, 0) << endl;
    }
    catch (const char* msg) { // sterowanie przechodzi do catch
        cout << "Błąd: " << msg << endl; // sterowanie przechodzi do catch
    }
}

```

- **throw**

Instrukcja **throw** w C++ **służy do zgłaszania (rzucania) wyjątku, co oznacza przerwanie normalnego przepływu programu i przekazanie kontroli do mechanizmu obsługi wyjątków (try-catch).**

Wyjątek może być rzucony w dowolnym miejscu kodu, np. w funkcji, gdy wystąpi błąd (np. niepoprawne dane wejściowe, brak zasobów).

throw może **rzucać wartość dowolnego typu: prymitywnego (int, double), obiektu (np. string), lub niestandardowej klasy wyjątku.** Gdy wyjątek zostanie rzucony, program szuka najbliższego bloku catch, który pasuje do typu rzuconego wyjątku. Jeśli nie znajdzie, program może się zakończyć (wywołując std::terminate()).

```

#include <iostream>
using namespace std;

int main() {
    try {
        throw 404;
    }
    catch (int errorCode) {
        cout << "Kod błędu: " << errorCode << endl;
    }
}

```

```
    }  
}
```

Wiele bloków **catch**

Możesz obsługiwać **różne typy błędów inaczej**.

```
#include <iostream>  
using namespace std;  
  
int main() {  
    try {  
        throw 3.14;  
    }  
    catch (int e) {  
        cout << "Błąd typu int" << endl;  
    }  
    catch (double e) {  
        cout << "Błąd typu double: " << e << endl;  
    }  
}
```

Standardowe wyjątki (**std::exception**)

Biblioteka: **<stdexcept>**

Najczęstsze:

- **std::runtime_error**
- **std::logic_error**
- **std::out_of_range**
- **std::invalid_argument**

Przykład: **std::invalid_argument**

```
#include <iostream>  
#include <stdexcept>  
using namespace std;  
  
int pierwiastek(int x) {  
    if (x < 0) {  
        throw invalid_argument("Liczba nie może być ujemna");  
    }
```

```

    }
    return x;
}

int main() {
    try {
        pierwiastek(-5);
    }
    catch (const invalid_argument& e) {
        cout << "Błąd: " << e.what() << endl; // e.what() → opis błędu
    }
}

```

- **Niestandardowe wyjątki:**

Własne (niestandardowe) wyjątki w C++

W C++ możesz tworzyć własne klasy wyjątków, co pozwala na bardziej precyzyjną obsługę błędów. Niestandardowe wyjątki zazwyczaj dziedziczą po klasie bazowej `std::exception` (z nagłówka `<exception>`), co umożliwia korzystanie z metody `what()` do zwracania opisu błędu. Dzięki temu możesz dodać własne pola (np. kod błędu, dodatkowe informacje) i metody, co ułatwia debugowanie i hierarchiczną obsługę wyjątków.

Kluczowe zasady tworzenia własnych wyjątków:

- **Dziedzicz po `std::exception`** lub jej podklasach (np. `std::runtime_error` dla błędów runtime).
- **Nadpisz metodę `const char* what() const noexcept override;`** – zwraca opis błędu.
- **Konstruktor powinien inicjalizować pola i komunikat.**
- Wyjątki powinny być lekkie (unikaj złożonych obiektów), bo są kopowane podczas propagacji.
- **Używaj ich w bloku `throw`, a łap w `catch` przez referencję (`const MyException& e`).**
- Hierarchia: Możesz tworzyć drzewo wyjątków, np. bazowy `AppError`, a pod nim `FileError`, `NetworkError` – łap je w kolejności od najbardziej specyficznych do ogólnych.

Zalety: Lepsza czytelność kodu, możliwość dodania kontekstu (np. wartość powodująca błąd), łatwiejsza obsługa w dużych aplikacjach.

Wady: Dodatkowy kod do napisania; nie używaj do normalnego sterowania przepływem (tylko do błędów).

```
#include <iostream>
```

```

#include <exception>
using namespace std;

class MyException : public exception {
public:
/*
Noexcept – gwarantuje, że funkcja nie rzuci wyjątkiem
*/
    const char* what() const noexcept override {
        return "To jest mój własny wyjątek!";
    }
};

void test() {
    throw MyException();
}

int main() {
    try {
        test();
    }
/*
e jest referencją do tego obiektu (nie powstaje nowy obiekt)
*/
    catch (const MyException& e) {
        cout << e.what() << endl;
    }
}

```

Obsługa błędów vs wyjątki

Bez wyjątków

```

bool dzielenie(int a, int b, int& wynik) {
    if (b == 0) return false;
    wynik = a / b;
    return true;
}

```

Z wyjątkami (czytelniej)

```

int dzielenie(int a, int b) {

```

```
if (b == 0) throw runtime_error("Dzielenie przez zero");
return a / b;
}
```

Wyjątki są lepsze, gdy:

- błąd jest rzadki
- nie chcesz sprawdzać if po każdym wywołaniu
- błąd jest krytyczny logicznie