

PRZEDMIOT: Elementy programowania

KLASA: 1i gr. 2

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 KONCU ---
    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 usunieciu z konca (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 usunieciu z konca (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 usunięciu 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;
```

📌 **Iterator**

```
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 NAJMIEJSZEGO 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: 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 listi 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 std::find ?	Dlaczego
vector	✓ TAK	Ma iteratory
array	✓ TAK	Ma iteratory
list	✓ TAK	Ma iteratory
deque	✓ TAK	Ma iteratory
string	✓ TAK	Też ma iteratory
set	✓ TAK (ale bez sensu)	Każdy element jest unikalny + wolne O(n)
map	✓ TAK, ALE...	Szuka wartości pary, 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: Klasa abstrakcyjna w C++

W C++ **klasy abstrakcyjne** to klasy, które **nie mogą być instancjonowane**, czyli **nie można utworzyć ich obiektów**.

Służą jako **szablon / wzorzec**, który inne klasy muszą *dziedziczyć i uzupełniać*.

Klasa staje się **abstrakcyjna**, gdy zawiera **co najmniej jedną funkcję czysto wirtualną**:

```
virtual void funkcja() = 0;
```

✓ Jak działają klasy abstrakcyjne w C++?

1. Deklarujesz klasę z metodami czysto wirtualnymi
2. Inne klasy dziedziczą po niej
3. Te klasy muszą zaimplementować te metody
4. Tworzysz obiekty tylko z klas pochodnych

```
class Animal {  
public:  
    virtual void makeSound() = 0; // funkcja czysto wirtualna  
    virtual ~Animal() {} // wirtualny destruktor  
};
```

Klasy pochodne:

```
class Dog : public Animal {  
public :  
    void makeSound() override {  
        std::cout << "Hau hau!" << std::endl;  
    }  
};  
  
class Cat : public Animal {  
public  
    void makeSound() override {  
        std::cout << "Miau!" << std::endl;  
    }  
};
```

Użycie:

```
Animal* a = new Dog();  
a->makeSound(); // Hau hau!  
delete a;
```

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 przerwa 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 hierarchczną obsługę wyjątków.

Kluczowe zasady tworzenia własnych wyjątków:

- **Dziedzic 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:
    const char* what() const noexcept override {
        return "To jest mój własny wyjątek!";
    }
};

void test() {
    throw MyException();
}

int main() {
    try {
        test();
    }
    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

Lekcja

Temat: Wielowątkowość w C++: Podstawy concurrency

Wielowątkowość (multithreading) w C++ pozwala na wykonywanie wielu zadań jednocześnie w ramach jednego procesu, co poprawia wydajność aplikacji, zwłaszcza na wielordzeniowych procesorach.

Biblioteka <thread> (od C++11) dostarcza narzędzi do tworzenia i zarządzania wątkami.

Concurrency odnosi się do równoległego wykonywania zadań, ale wymaga synchronizacji, aby uniknąć problemów jak race conditions (konflikty dostępu do współdzielonych zasobów).

Kluczowe pojęcia:

- **std::thread**: Klasa do tworzenia i zarządzania wątkami. Zastosowanie: Uruchamianie funkcji w tle, np. obliczenia równoległe, obsługa I/O bez blokowania głównego wątku.
- **Mutexy** (std::mutex): Mechanizm blokady wzajemnego wykluczania. Zastosowanie: Ochrona współdzielonych danych przed jednoczesnym dostępem (tylko jeden wątek na raz).
- **Condition variables** (std::condition_variable): Służą do synchronizacji wątków poprzez sygnalizowanie zdarzeń. Zastosowanie: Oczekiwanie na spełnienie warunku (np. dane gotowe), w połączeniu z mutexem, aby uniknąć busy-waiting (pętli sprawdzającej).

std::thread: Tworzenie wątków

Zastosowanie:

Rozdzielanie zadań, np. w aplikacjach serwerowych (obsługa wielu klientów), symulacjach czy przetwarzaniu danych.

Przykład: Dwa wątki liczące niezależnie.

```
#include <iostream>
#include <thread>

void funkcjaWatku(int id) {
    for (int i = 0; i < 5; ++i) {
        std::cout << "Wątek " << id << " liczy: " << i << std::endl;
    }
}

int main() {
    std::thread watek1(funkcjaWatku, 1);
    std::thread watek2(funkcjaWatku, 2);
}
```

```

watek1.join();
watek2.join();

std::cout << "Główny wątek zakończony." << std::endl;
return 0;
}

```

Wyjaśnienie pomieszanego wyniku w przykładzie z dwoma wątkami

Twój output z wykonania kodu (przykład z dwoma wątkami liczącymi niezależnie) jest pomieszany, ponieważ w C++ operacje na strumieniu std::cout (lub innych strumieniach wyjścia) nie są **thread-safe bez dodatkowej synchronizacji**. Oznacza to, że gdy dwa (lub więcej) wątki próbują jednocześnie pisać do cout, ich dane mogą się przeplatać w nieprzewidywalny sposób. To klasyczny przykład **race condition (wyścig wątków) w kontekście współdzielonego zasobu** (tutaj: strumień wyjścia).

Dlaczego tak się dzieje?

- **Brak atomowości:** Instrukcja std::cout << "Wątek " << id << " liczy: " << i << std::endl; **nie jest wykonywana jako pojedyncza, niepodzielna operacja.** Pod spodem jest to sekwencja kroków (np. zapisywanie "Wątek ", potem id, itd.), które mogą być przerwane przez scheduler systemu operacyjnego. Wątek 1 może zacząć pisać, potem system przełączy na wątek 2, który wraci swoje dane, i tak dalej.
- **Równoległe wykonanie:** Wątki (std::thread) działają naprawdę równolegle (na wielordzeniowym CPU) lub **quasi-równolegle** (przełączanie kontekstu). Kolejność wykonania zależy od systemu, obciążenia, a nawet losowości – stąd output może być inny za każdym uruchomieniem.
- **Brak synchronizacji:** **W kodzie nie ma mutexa ani innego mechanizmu blokującego dostęp do cout. Dlatego wątki "walczą" o dostęp,** co prowadzi do pomieszania (np. "Wątek Wątek 1 liczy: 0" – to fragmenty z obu wątków sklezone razem).

Aby uniknąć pomieszania, użyj std::mutex do ochrony cout. Mutex zapewni, że tylko jeden wątek na raz pisze do strumienia.

Zmodyfikowany przykład kodu:

```

#include <iostream>
#include <thread>
#include <mutex>

std::mutex coutMutex; // Mutex do ochrony cout

void funkcjaWatk(u int id) {
    for (int i = 0; i < 5; ++i) {
        std::lock_guard<std::mutex> guard(coutMutex); // Automatyczna blokada (RAII)
        std::cout << "Wątek " << id << " liczy: " << i << std::endl;
    }
}

int main() {
    std::thread watek1(funkcjaWatk, 1);
    std::thread watek2(funkcjaWatk, 2);

    watek1.join();
    watek2.join();

    std::cout << "Główny wątek zakończony." << std::endl;
    return 0;
}

```

}

- Wyjaśnienie modyfikacji: std::lock_guard blokuje mutex na czas pisania całej linii, co czyni operację atomową. Output będzie teraz uporządkowany (np. wszystkie linie wątku 1, potem 2, lub odwrotnie – ale bez mieszania wewnątrz linii).
- Zaleta: Unika race condition, ale kosztem wydajności (wątki czekają na siebie nawzajem).
- Alternatywy: Użyj std::osyncstream (C++20) dla thread-safe cout, lub buforuj output w stringu per wątek i wypisz na końcu.

`std::mutex coutMutex;` służy do synchronizacji dostępu do `std::cout` między wątkami, czyli chroni wypisywanie na konsolę przed jednocześnie użyciem przez kilka wątków.

Problem bez mutexa

`std::cout` nie jest bezpieczny wątkowo.

Gdyby dwa wątki pisały jednocześnie, mogłoby dojść do:

- przeplatania się tekstu
- nieczytelnego wyniku, np.:

Wątek 1 liczy: Wątek 2 liczy: 00

Wątek 1 liczy: 1

Wątek 2 liczy: 1

Co robi `std::mutex coutMutex;`

`std::mutex coutMutex;`

- tworzy **muteks (blokadę)**,
- który pozwala **tylko jednemu wątkowi naraz** wejść do sekcji krytycznej (tu: wypisywanie na cout).

Jak działa `std::lock_guard`

`std::lock_guard<std::mutex> guard(coutMutex);`

To jest **RAII** (Resource Acquisition Is Initialization):

- blokuje mutex w konstruktorze
- odblokowuje mutex automatycznie w destruktorze
(gdy wyjdzie poza zakres {})

Mutexy: Synchronizacja dostępu

Zastosowanie:

Zapobieganie race conditions, np. w licznikach współdzielonych, bazach danych w pamięci.

Przykład: Współdzielony licznik chroniony mutexem.

```
#include <iostream>
#include <thread>
#include <mutex>
```

```
int licznik = 0; // Współdzielona zmienna
std::mutex mtx; // Mutex do ochrony
```

```
void inkrementuj(int id) {
    for (int i = 0; i < 1000; ++i) {
```

```

        mtx.lock(); // Blokuje dostęp
        ++licznik;
        mtx.unlock(); // Odblokowuje
    }
    std::cout << "Wątek " << id << " zakończony." << std::endl;
}

int main() {
    std::thread watek1(inkrementuj, 1);
    std::thread watek2(inkrementuj, 2);

    watek1.join();
    watek2.join();

    std::cout << "Ostateczna wartość licznika: " << licznik << std::endl; // Powinno być 2000
    return 0;
}

```

Wyjaśnienie: Bez mutexu licznik mógłby być błędny (race condition). Mutex zapewnia wyłączny dostęp. Lepiej używać std::lock_guard dla RAI (automatyczne unlock):

Condition variables: Sygnalizowanie zdarzeń

Zastosowanie:

Koordynacja wątków, np. producent-konsument (jeden produkuje dane, drugi czeka), symulacje z zależnościami.

Przykład: Producent sygnalizuje konsumentowi, że dane są gotowe.

```

#include <iostream>
#include <thread>
#include <mutex>
#include <condition_variable>

std::mutex mtx;
std::condition_variable cv;
bool daneGotowe = false; // Warunek

void producent() {
    std::this_thread::sleep_for(std::chrono::seconds(1)); // Symulacja pracy
    {
        std::lock_guard<std::mutex> lock(mtx);
        daneGotowe = true;
    }
    cv.notify_one(); // Sygnalizuje jednemu czekającemu wątkowi
    std::cout << "Producent: Dane gotowe." << std::endl;
}

void konsument() {
    std::unique_lock<std::mutex> lock(mtx);
    cv.wait(lock, [] { return daneGotowe; }); // Czeka na warunek
    std::cout << "Konsument: Otrzymano dane." << std::endl;
}

int main() {

```

```
    std::thread prod(producent);
    std::thread kons(konsument);

    prod.join();
    kons.join();

    return 0;
}
```

Wyjaśnienie: Konsument czeka (wait()) aż producent ustawi daneGotowe i powiadomi (notify_one()). Używa unique_lock dla elastyczności (można unlock/lock wielokrotnie). To unika pętli sprawdzającej, oszczędzając CPU.

Podstawy concurrency: Wskazówki i problemy

- **Zalety:** Szybsze wykonanie (równoległość), responsywność aplikacji.
- **Problemy:** Race conditions, deadlocks (wzajemne blokady mutexów), livelocks. Rozwiązania: Używać atomików (std::atomic), future/promise dla asynchroniczności.
- **Biblioteki:** <thread>, <mutex>, <condition_variable>, <atomic>, <future>.
- **Uwagi:** Zawsze używaj join() lub detach() dla wątków. Testuj na wielordzeniowych systemach. Dla zaawansowanego: Użyj std::async dla prostszej asynchroniczności.