

PRZEDMIOT: Podstawy programowania

KLASA: 2A gr. 1

Lekcja

Temat: Klasy w C++

Klasa w C++ to podstawowy element programowania obiektowego (OOP), który pozwala na definiowanie własnych typów danych. Jest to szablon lub blueprint, który łączy w sobie dane (pola lub zmienne członkowskie) oraz funkcje (metody), które operują na tych danych. Klasy umożliwiają enkapsulację (ukrywanie szczegółów implementacji), dziedziczenie (ponowne wykorzystanie kodu) i polimorfizm (różne zachowania w zależności od kontekstu).

Przykład 1:

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

class Samochod {
private:
    string marka;
    int rokProdukcji;

public:
    Samochod(std::string m, int r) {
        marka = m;
        rokProdukcji = r;
    }
    void wyswietlInfo() {
        cout << "Marka: " << marka << ", Rok produkcji: " << rokProdukcji << endl;
    }
};

int main() {
    Samochod mojSamochod("Toyota", 2020);
    mojSamochod.wyswietlInfo();
    return 0;
}
```

Kluczowe cechy klas w C++

- **Konstruktory i destruktory:** Konstruktor (np. Samochod()) inicjalizuje obiekt, destruktor (~Samochod()) czyści zasoby po zniszczeniu obiektu.
- **Dziedziczenie:** Możesz tworzyć klasy pochodne, np. class ElektrycznySamochod : public Samochod { ... };
- **Polimorfizm:** Metody wirtualne (virtual) pozwalają na nadpisywanie zachowań w klasach dziedziczących.
- **Statyczne elementy:** Pola lub metody statyczne (static) należą do klasy, nie do instancji (np. licznik obiektów).

Klasy są podobne do struktur (struct), ale domyślnie w struct elementy są publiczne, a w class prywatne. W praktyce klasy są używane do modelowania rzeczywistych obiektów, co ułatwia pisanie modułarnego i utrzymywialnego kodu

Konstruktor

Konstruktor to specjalna metoda klasy, która jest wywoływana automatycznie w momencie tworzenia obiektu (instancji klasy). Jego głównym zadaniem jest inicjalizacja pól klasy, alokacja zasobów (np. pamięci) lub ustawienie początkowych wartości.

Konstruktor ma taką samą nazwę jak klasa i nie zwraca żadnej wartości (nawet void nie jest potrzebne).

- **Rodzaje konstruktorów:**
 - **Domyślny:** Bez parametrów, tworzony automatycznie przez kompilator, jeśli nie zdefiniujesz własnego.
 - **Parametryzowany:** Z parametrami, jak w przykładzie poniżej.
 - **Kopiujący:** Kopiuje dane z innego obiektu.
 - **Przenoszący** (w C++11+): Przenosi zasoby z innego obiektu.

Jeśli nie zdefiniujesz konstruktora, kompilator stworzy domyślny.

Destruktor

Destruktor to specjalna metoda klasy, która jest wywoływana automatycznie w momencie niszczenia obiektu (np. gdy obiekt wychodzi poza zakres widoczności lub jest usuwany ręcznie za pomocą delete). Służy do zwalniania zasobów, takich jak pamięć, pliki czy połączenia sieciowe, aby uniknąć wycieków pamięci. Destruktor ma nazwę klasy poprzedzoną tyldą (~) i nie przyjmuje parametrów ani nie zwraca wartości.

- Klasa może mieć tylko jeden destruktorko.
- Jeśli nie zdefiniujesz destruktora, kompilator stworzy domyślny, który nic nie robi (chyba że klasa ma pola wymagające czyszczenia).
- Destruktory są szczególnie ważne w klasach zarządzających zasobami (np. wskaźnikami).

Przykład kodu

Przykład 2:

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

class Samochod {
private:
    string marka;
    int rokProdukcji;
    int* numerVIN; // Przykładowe dynamiczne alokowanie pamięci

public:
    // Konstruktor parametryzowany
    Samochod(string m, int r) {
        marka = m;
        rokProdukcji = r;
        numerVIN = new int; // Alokacja pamięci
        *numerVIN = 123456;
        std::cout << "Konstruktor wywołany: Obiekt stworzony." << endl;
    }

    // Destruktor
    ~Samochod() {
        delete numerVIN; // Zwolnienie pamięci, aby uniknąć wycieku
        cout << "Destruktor wywołany: Obiekt zniszczony." << endl;
    }
    void wyswietlInfo() {
        cout << "Marka: " << marka << ", Rok produkcji: " << rokProdukcji
            << ", Numer VIN: " << *numerVIN << endl;
    }
};

int main() {
{
    Samochod mojSamochod("Toyota", 2020);
    mojSamochod.wyswietlInfo();
} // Koniec bloku - obiekt niszczony, destruktor wywołany automatycznie

    return 0;
}
```

Wyjaśnienie przykładu:

- **Konstruktor:** Samochod(std::string m, int r) inicjalizuje pola marka i rokProdukcji, alokuje pamięć dla numerVIN i wyświetla komunikat.
- **Destruktor:** ~Samochod() zwalnia pamięć za pomocą delete i wyświetla komunikat. Wywoływany automatycznie na końcu bloku {} w main().

Bez destruktora pamięć po numerVIN nie zostałaby zwolniona, co mogłoby prowadzić do problemów w większych programach.

Przykład 3:

```
#include <iostream>
#include <string>

class Osoba {
private:
    std::string imie;
    std::string nazwisko;
    int wiek;

public:
    Osoba(std::string i, std::string n, int w) {
        imie = i;
        nazwisko = n;
        wiek = w;
    }

    void wyswietlInfo() {
        std::cout << "Imię: " << imie << ", Nazwisko: " << nazwisko << ", Wiek: " << wiek
        << std::endl;
    }

    // Metoda sprawdzająca pełnoletniość (przykład logiki)
    bool jestPelnoletnia() {
        return (wiek >= 18);
    }
};

int main() {
    Osoba mojaOsoba("Jan", "Kowalski", 25);
    mojaOsoba.wyswietlInfo();

    if (mojaOsoba.jestPelnoletnia()) {
        std::cout << "Osoba jest pełnoletnia." << std::endl;
    } else {
        std::cout << "Osoba nie jest pełnoletnia." << std::endl;
    }

    return 0;
}
```

Przykład 4:

```
#include <iostream>
#include <string>

class Dom {
private:
    std::string adres;
    int liczbaPokoi;
    double powierzchnia; // w metrach kwadratowych

public:
    // Konstruktor parametryzowany
    Dom(std::string a, int p, double pow) {
        adres = a;
        liczbaPokoi = p;
        powierzchnia = pow;
    }

    // Metoda do wyświetlania informacji
    void wyswietlInfo() {
        std::cout << "Adres: " << adres << ", Liczba pokoi: " << liczbaPokoi
            << ", Powierzchnia: " << powierzchnia << " m2" << std::endl;
    }

    // Metoda sprawdzająca, czy dom jest duży
    bool jestDuzy() {
        return (powierzchnia > 100.0);
    }
};

int main() {
    Dom mojDom("Ul. Główna 123, Warszawa", 4, 120.5); // Tworzenie obiektu
    mojDom.wyswietlInfo(); // Wyświetlenie info

    if (mojDom.jestDuzy()) {
        std::cout << "Dom jest duży." << std::endl;
    } else {
        std::cout << "Dom jest mały." << std::endl;
    }
    return 0;
}
```

Lekcja

Temat: Przeciążenie operatorów. Operator unary i binarny

Operator to np.:

- +
- -
- *
- /
- ==
- <

Przeciążenie operatorów (ang. operator **overloading**) w C++ to **mechanizm, który pozwala na definiowanie własnego zachowania dla standardowych operatorów (takich jak +, -, *, /, ==, itd.) w kontekście klas lub struktur.** Dzięki temu możesz sprawić, że operatory działają na obiektach twoich własnych typów w sposób podobny do typów wbudowanych, co poprawia czytelność i intuicyjność kodu.

Przykład

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

class Wektor2D {
public:
    int x, y;

    Wektor2D(int x, int y) : x(x), y(y) {}

    // przeciążenie operatora +
    Wektor2D operator+(const Wektor2D& w) const {
        return Wektor2D(x + w.x, y + w.y);
    }

    Wektor2D add(const Wektor2D& w) const {
        return Wektor2D(x + w.x, y + w.y);
    }
};

int main() {
    Wektor2D a(3, 2); // pierwszy wektor
    Wektor2D b(5, 1); // drugi wektor

    Wektor2D c = a + b; // WYWOLENIE operatora +
    cout << "Wynik dodawania Operator+ (" << c.x << ", " << c.y << ")\n";
    Wektor2D addc = a.add(b);
    cout << "Metoda addc(): (" << addc.x << ", " << addc.y << ")\n";
}
```

Rezultat:

```
Wektor2D a(2, 3);
Wektor2D b(4, 1);
```

```
Wektor2D c = a + b; // działa dzięki operator overloading
```

Przeciążanie operatora wypisywania << (cout)

Przykład:

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

class Punkt {
public:
    int x, y;
    Punkt(int x, int y) : x(x), y(y) {}

    // Operator dodawania
    Punkt operator+(const Punkt& p) const{
        return Punkt(x + p.x, y + p.y);
    }

    // Operator odejmowania
    Punkt operator-(const Punkt& p) const{
        return Punkt(x - p.x, y - p.y);
    }

    // Operator porównania ==
    bool operator==(const Punkt& p) const{
        return x == p.x && y == p.y;
    }

};

// operator wypisywania
ostream& operator<<(ostream& out, const Punkt& p) {
    return out << "(" << p.x << ", " << p.y << ")";
}

int main() {
    Punkt a(3, 4);
    Punkt b(1, 2);

    Punkt c = a + b; // dodawanie
    Punkt d = a - b; // odejmowanie

    cout << "a = " << a << endl;
    cout << "b = " << b << endl;
    cout << "a + b = " << c << endl;
    cout << "a - b = " << d << endl;

    if (a == b)
```

```

        cout << "Punkty są równe\n";
else
    cout << "Punkty są różne\n";
return 0;
}

```

Rezultat:

```
Punkt p(3, 5);
cout << p; // wypisze: (3, 5)
```

♦ Operator unary

Działa na **jednym** argumentem.

Przykłady (wbudowane w C++):

- `-x` (negacja liczby)
- `++x` (preinkrementacja)
- `x--` (postdekrementacja)
- `!x` (logiczne NIE)

W klasach możesz przeciążyć np.:

```
Punkt operator-() const; // unary minus
Punkt operator++(); // ++p
Punkt operator++(int); // p++
```

Takie operatory mają **jeden** operand.

♦ Operator binary

Działa na **dwóch** argumentach.

Przykłady:

- `a + b`
- `a - b`
- `a * b`
- `a == b`
- `a < b`

W klasie wygląda to tak:

```
Punkt operator+(const Punkt& p) const;
bool operator==(const Punkt& p) const;
```

Operatory **unaryjne (unary)** działają na *jednym* obiekcie:

- `-` (zmiana znaku)
- `++` (inkrementacja)
- `--` (dekrementacja)

Przykład klasy z unarnymi operatorami

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

```
class Wektor {
public:
    int x, y;
```

```

Wektor(int x, int y) : x(x), y(y) {}

// UNARNY operator - (zmienia znak)
Wektor operator-() const {
    return Wektor(-x, -y);
}

// UNARNY operator ++ (preinkrementacja)
Wektor& operator++() {
    x++;
    y++;
    return *this;
}

// UNARNY operator -- (predekrementacja)
Wektor& operator--() {
    x--;
    y--;
    return *this;
};

int main() {
    Wektor a(3, 4);

    Wektor b = -a; // wywołuje operator-()
    cout << "Negacja: (" << b.x << ", " << b.y << ")\n";

    ++a;           // wywołuje operator++()
    cout << "Po ++: (" << a.x << ", " << a.y << ")\n";

    --a;           // wywołuje operator--()
    cout << "Po --: (" << a.x << ", " << a.y << ")\n";
}

```

Wynik działania:

Negacja: (-3, -4)
 Po ++: (4, 5)
 Po --: (3, 4)

Przykład klasy z operatorami binarnymi

```

#include <iostream>
using namespace std;

class Wektor {
public:
    int x, y;
    Wektor(int x, int y) : x(x), y(y) {}

    // BINARNY operator +
    Wektor operator+(const Wektor& w) const{
        return Wektor(x + w.x, y + w.y);
    }
}

```

```

// BINARNY operator -
Wektor operator-(const Wektor& w) const{
    return Wektor(x - w.x, y - w.y);
}

// BINARNY operator ==
bool operator==(const Wektor& w) const{
    return x == w.x && y == w.y;
}
};

int main() {
    Wektor a(3, 2);
    Wektor b(5, 1);

    Wektor c = a + b;    // wywołuje operator+
    cout << "a + b = (" << c.x << ", " << c.y << ")\n";

    Wektor d = a - b;    // wywołuje operator-
    cout << "a - b = (" << d.x << ", " << d.y << ")\n";

    if (a == b)          // wywołuje operator==
        cout << "a i b są równe\n";
    else
        cout << "a i b NIE są równe\n";
}

```

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) - vector, list, map

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 iteratorka

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

`it` jest iteratorem, który może wskazywać na element wektora typu `vector<int>`.

Możesz myśleć o iteratorze jak o wskaźniku:

- `*it` – daje wartość elementu, na który wskazuje iterator
- `+it` – przesuwa iterator do następnego elementu

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 początku (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;
}

```

2 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");

```

📌 Iteratory

```

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 pozwala kompilatorowi automatycznie dobrać typ iteratora (std::list<int>::iterator)*/
auto it = lst.begin();
/* Funkcja std::advance przesuwa iterator o zadaną liczbę kroków (czyli w naszym
przypadku o 1. */
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;
```

📌 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() {
    // Mapa automatycznie sortuje elementy według klucza (rosnąco).
    std::map<int, std::string> mp; // int - typ klucza; std::string - typ wartości

    // --- DODAWANIE ELEMENTÓW ---
    mp.insert({2, "B"});
    mp.insert({1, "A"});
    mp.insert({3, "C"});

    std::cout << "Po dodaniu elementów:\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";

    /*
    &p → iterujemy po referencji, czyli nie kopujemy elementów mapy, tylko odnosimy się
    bezpośrednio do ich pamięci. To szybciej i bezpieczniej przy dużych mapach.
    W każdej iteracji p wskazuje na jedną parę klucz-wartość w mapie.
    */
    for (auto &p : mp) {
        std::cout << "Klucz -> " << p.first << " wartość: " << p.second << "\n";
    }

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

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

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

    std::cout << "\nPo dodaniu elementów o kluczach 10 i 5:\n";
}
```

```

for (auto &p : mp) {
    std::cout << "Klucz -> " << p.first << " wartość: " << p.second << "\n";
}
// --- USUWANIE ELEMENTU O DOWOLNYM KLUCZU ---
mp.erase(5);

std::cout << "\nPo usunięciu klucza 5:\n";
for (auto &p : mp) {
    std::cout << "Klucz -> " << p.first << " wartość: " << 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 `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 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 <i>wartości pary</i> , nie po kluczu!

Z tej lekcji będzie kartkówka na następnej lekcji. Jest w kalendarzu zaplanowana na czwartek: 04.12.2025 r.

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		insert(v.begin(), x)
Dodaj na końcu		push_back(x)
Dodaj w środku (na pozycji)		insert(iterator, x)
Usuń z początku		erase(v.begin())
Usuń z końca		pop_back()
Usuń ze środka		erase(iterator)

Vector nie ma push_front() ani pop_front().

■ 2. std::list (lista dwukierunkowa)

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

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 „konca” w sensie kolejki — porządek jest sortowany 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 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 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 kopiowane 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 wzajemnej 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 wróci 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 skleżone 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 funkcjaWatku(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(funkcjaWatku, 1);
    std::thread watek2(funkcjaWatku, 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 wewnętrz 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 jednoczesnym 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 RAII (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.