

# 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 <b>std::find</b> ? | Dlaczego                                 |
|---------------|-------------------------------|--|
| <b>vector</b> | ✓ TAK                         | Ma iteratory                             |
| <b>array</b>  | ✓ TAK                         | Ma iteratory                             |
| <b>list</b>   | ✓ TAK                         | Ma iteratory                             |
| <b>deque</b>  | ✓ TAK                         | Ma iteratory                             |
| <b>string</b> | ✓ TAK                         | Też ma iteratory                         |
| <b>set</b>    | ✓ TAK (ale bez sensu)         | Każdy element jest unikalny + wolne O(n) |
| <b>map</b>    | ✓ 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;
```