Объектно-ориентированное программирование

2023

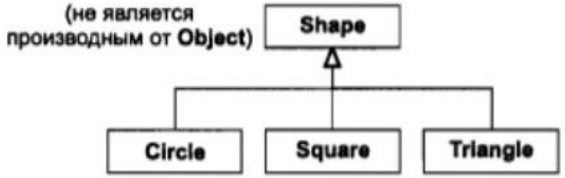
Два вида многократного использования кода

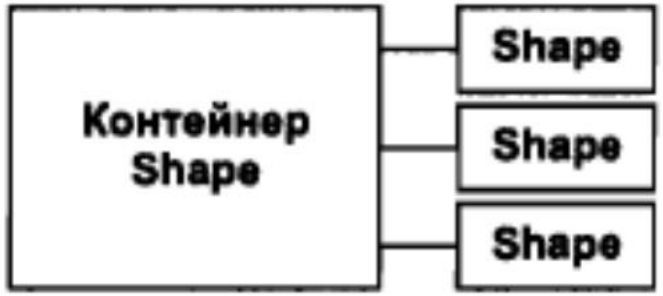
Наследование

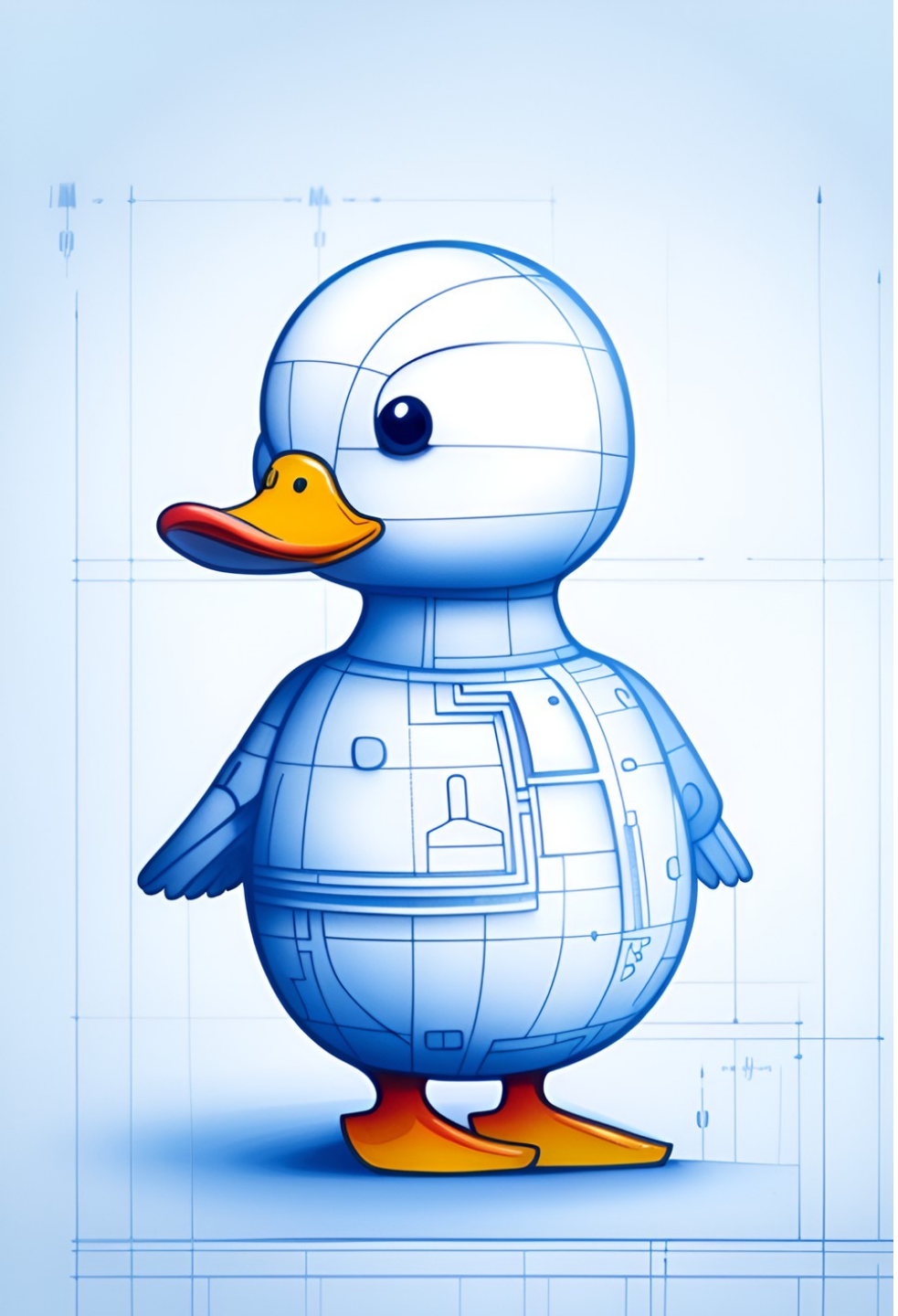
- Создаем структуру для работы с «базовым классом»
- Создаем классы-наследники на каждый случай.

Шаблоны (Template)

- Описываем «стратегию работы» с «неопределенным» классом.
- Компилятор в момент создание класса по шаблону, сам создает нужный «код» для конкретного класса.

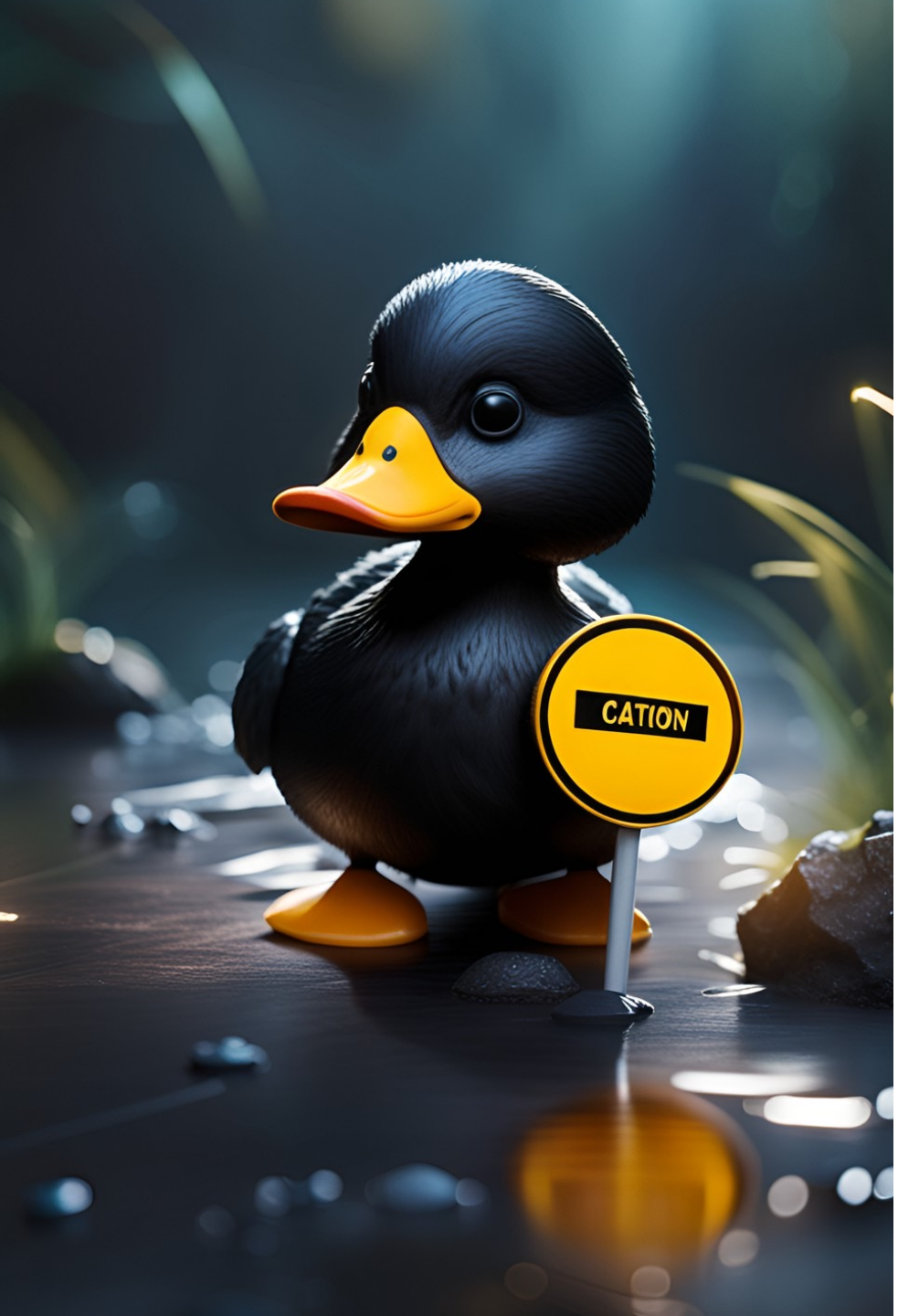






Template это ...

- Инструкции для генерации функции или класса в процессе компиляции программы.
- Параметром шаблона может являться как значение переменной (как в обычных функциях) так и тип данных.
- Параметры подставляются на этапе компиляции программы (должны быть вычислимы на этапе компиляции).



C++ Core Guidelines

T.120: Use template metaprogramming only when you really need to

https://github.com/isocpp/CppCoreGuidelines/blob/master/CppCoreGuidelines.md#Rt-metameta

SimpleTemplate

```
template <class T>
struct Container{
     T payload;
     Container(const T& value) : payload(value){};
};

template <class T>
void print(T value){
    std::cout << "Value:" << value << std::endl;
}

template<int V>
struct foo{
    static const int value = V;
};
```

Template

Перед описанием класса ставим ключевое слово template <class T>
или template <typename T>

T – используем вместо имени класса, который будет заменяться при создании конкретного экземпляра класса.

template <class T> struct print {};

// print– это шаблон
// print<int> - это класс, сконструированный по шаблону

Template vs Class

```
struct foo {
 static const int value = 10;
};

template<int V>
struct foo {
 static const int value = V;
};


foo::value; // есть всегда
foo<10>::value; // появляется при использовании
```

TwoArguments

```
// два параметра, через запятую
template <class A, class B>
class Sum {
private:
    A a;
    B b;
public:
    Sum(A a_value, B b_value) : a(a_value), b(b_value) {
    }
    // параметры C и D (а не A,B) поскольку это ссылка на другой шаблон
     // описанный ниже
    template <class C,class D>  friend
   std::ostream& operator<<(std::ostream & os, Sum<C,D> &sum);
};
```

ComplexParameters

```
template <class TYPE, TYPE def_value, size_t SIZE = 10 > class Array {
protected:
    TYPE _array[SIZE];
public:
    Array() {
        for (int i = 0; i < SIZE; i++) {
            _array[i] = def_value;
        }
    }
    const size_t size() {
        return SIZE;
    }
    TYPE* begin() {
        return &_array[0];
    }
    TYPE* end() {
        return &_array[SIZE]; // element beyond the array
    }
    TYPE& operator[](size_t index) {
        if ((index >= 0) && (index < SIZE)) return _array[index];
        else throw BadIndexException(index, SIZE);
    }
};
```

Specialization

```
template <class T> class MyContainer {
    T element;
// тело класса
};

// Специализация для типа char
template <> class MyContainer <char> {
    char element;
// тело класса

}
```

PartialSpecialization

```
template <class A,class B,class C>
struct Foo{
    A add(B b, C c){
        return static_cast<A>(b+c);
    }
};

template <class A>
struct Foo<A,char,char>{
    A add(char b,char c){
        return static_cast<A>(b+c-'0'-'0');
    }
};
```

Частичная специализация для функций

не разрешена

Metafunction

```
namespace example{
    // метафункция
    template <int V>
    struct abs{
        static const int value = V<0 ? -V : V;
    };
}
```

Factorial

```
template<uint64_t n>
struct fact{
    static const uint64_t value = fact<n-1>::value * n;
};

template<>
struct fact<0>{
   static const uint64_t value = 1;
};
```

Types

```
template<class T>
struct remove_const {
    using type = T;
};

template<class T>
struct remove_const<const T> {
    using type = T;
};
```

Является ли тип указателем?

Специализация шаблонов

```
template <class T> struct is_pointer{
enum {Value = false};
};

template <class T> struct is_pointer<T*>{
enum {Value = true};
};
```

```
std::cout << is_pointer<int*>::Value?"Pointer":"Not pointer";
```

SFINAE
Substitution Failure Is Not An Error

https://en.cppreference.com/w/cpp/language/sfinae

Техника при которой компилятор пытаясь вывести тип для параметра шаблона встречая ошибку в конкретной специализации, не выдает ошибку пользователю, а анализирует все возможные варианты.

enable_if

```
template <bool condition,class T>
struct enable_if{
};

template <class T>
struct enable_if<true,T>{
    using value = T; // value only in specialization
};
```

#include<type_traits>

http://www.cplusplus.com/reference/type_traits/

Type traits

Primary type categories

is_array	Is array (class template)
is_class	Is non-union class (class template)
is_enum	Is enum (class template)
is_floating_point	Is floating point (class template)
is_function	Is function (class template)
is_integral	Is integral (class template)
is_lvalue_reference	Is lvalue reference (class template)
is_member_function_pointer	Is member function pointer (class template)
is_member_object_pointer	Is member object pointer (class template)
is_pointer	Is pointer (class template)
is_rvalue_reference	Is rvalue reference (class template)
is_union	Is union (class template)
is_void	Is void (class template)

Composite type categories

is_arithmetic	Is arithmetic type (class template)
is_compound	Is compound type (class template)
is_fundamental	Is fundamental type (class template)

Много категорий метафункций для построения собственных шаблонов.

TypeTrates

```
template <class T>
typename std::enable_if<std::is_array<T>::value,void>::type print(T& va
lue){
    for(auto a: value)
        std::cout << a << " ";
    std::cout << std::endl;
}

template <class T>
typename std::enable_if<std::is_pointer<T>::value,void>::type print(T&
value){
    std::cout << "pointer:" << value << std::endl;
}
```

Concepts

Variadic Template

Variadic template

variadic_1.cpp

```
template <class T> void print(const T& t) {
std::cout << t << std::endl;
}

template <class First, class... Rest>
void print(const First& first, const Rest&... rest) {
std::cout << first << ", ";
print(rest...); // рекурсия на стадии компиляции!
}
```

basic_tuple.cpp

```
template <class... Ts> class tuple {
};

template <class T, class... Ts>
class tuple<T, Ts...> : public tuple<Ts...> {
    public:
    tuple(T t, Ts... ts) : tuple<Ts...>(ts...), value(t) {
    }
    tuple<Ts...> &next = static_cast<tuple<Ts...>&>(*this);
    T value;
};
```

Что внутри?

```
class tuple {
}

class tuple<const char*> : public tuple {
   const char* value;
}

class tuple<uint64_t, const char*> : public tuple<const char*>{
 uint64_t value;
}

class tuple<double, uint64_t, const char*> : public tuple<uint64_t, const char*>{
 double value;
}
```

constexpr_if.cpp //c++17

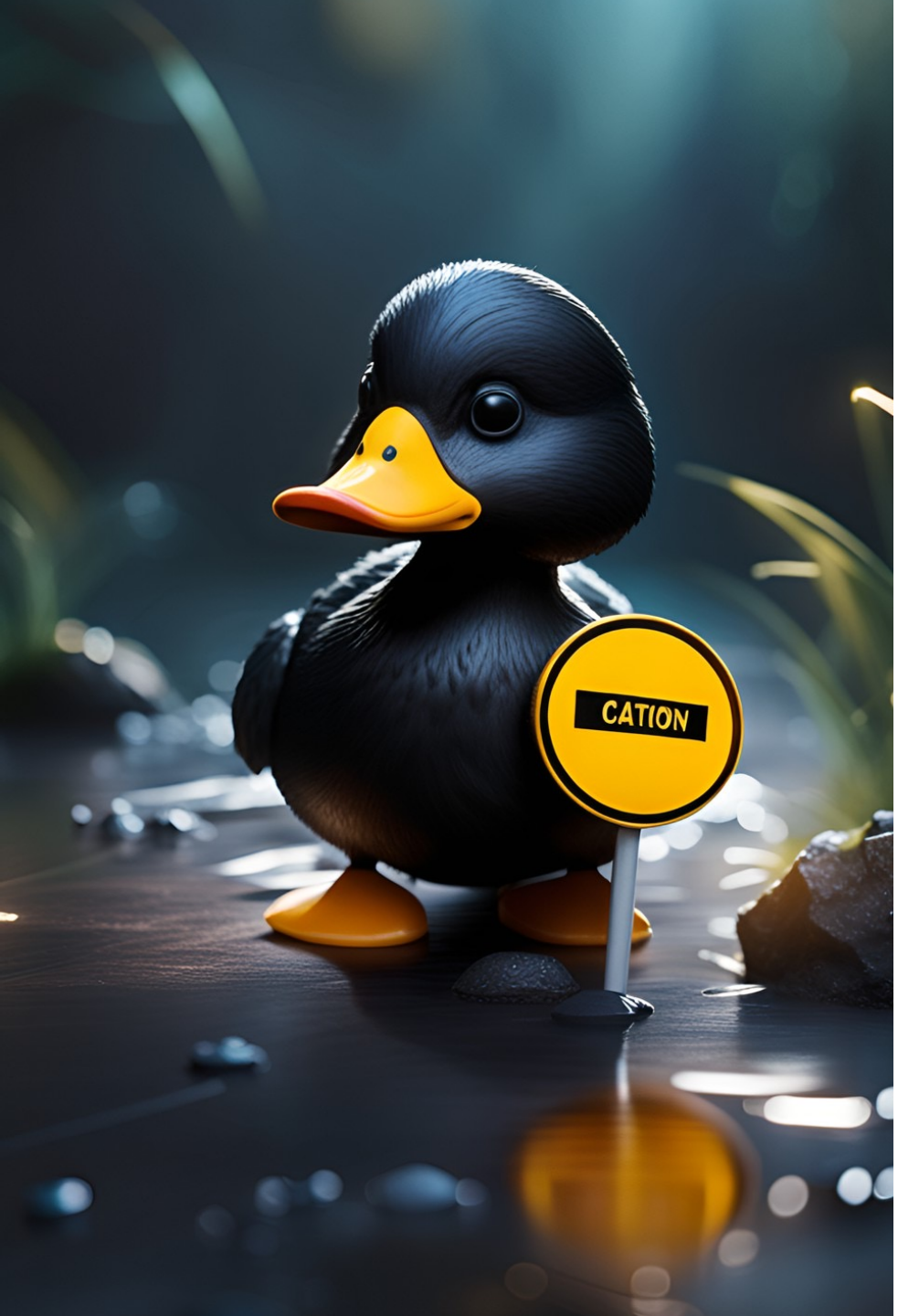
```cpp
template <class T>
std::string to_string(T x)
{
    if constexpr (std::is_same<T, std::string>::value)
    {
        return x;
        // ERROR, if no conversion to string
    }
    else if constexpr (std::is_integral<T>::value)
    {
        return std::to_string(x); // ERROR, if x is not numeric
    }
    else
    {
        return std::string(x);
        // ERROR, if no conversion to string
    }
}
```

CRTP.cpp

```
 template <class T> class base{
};

class derived : public
base<derived> {
};
```

Такая конструкция делает возможным обращение к производному классу из базового!

Умные указатели



Core Guideline

R.20: Use unique_ptr or shared_ptr to represent ownership

https://isocpp.github.io/CppCoreGuidelines/CppCoreGuidelines

RAW POINTERS

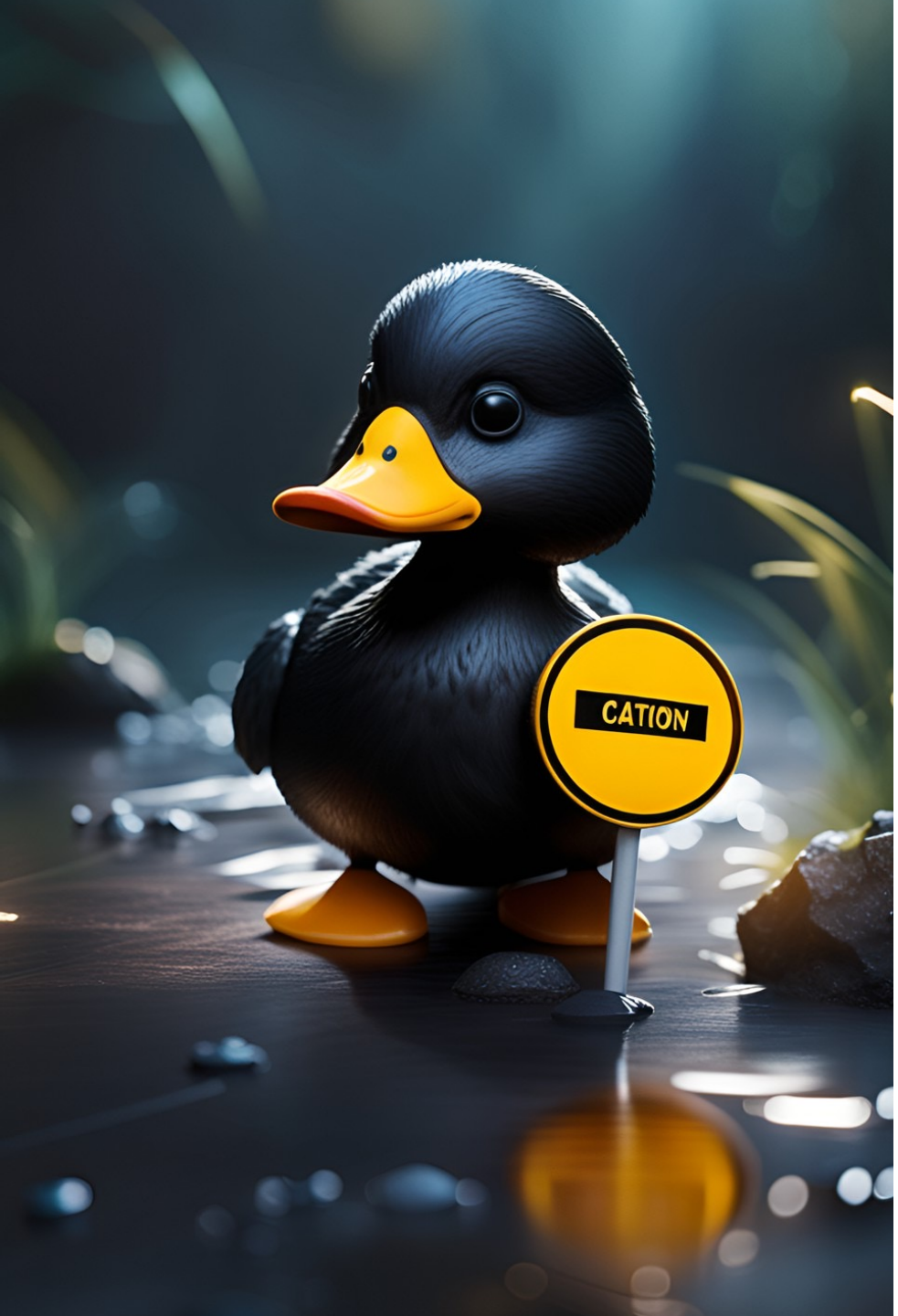
```
int main()
{
    int a;
    a = 10; // Не знаем адрес, да и ладно

    int *ptr = &a;
    *ptr += 5; // Зачем-то знаем адрес, но не используем

    int *ptr2 = &a;
    *(ptr + 42) += 5; // Знаем адрес, но используем как-то неправильно

    int &ref = a;
    ref += 3; // Не знаем адрес, но ссылаемся
    return 1;
}
```

Сырые указатели

```
int main()
{
    {
        int *ptr = new int{42};
    } // выход за scope – утечка
    {
        int value = 0;
        int *ptr = new int{50};
        // опять потеряли адрес – утечка
        ptr = &value;
    }
    {
        int *ptr = new int{79};
        // Утечка, если функция бросит исключение
        someFunctionHere();
        delete ptr;
    }
}
```

RAW POINTERS

- нет контроля создания / удаления
- может указывать в неизвестность, nullptr
- может указывать в известность, но чужую



RAW POINTERS проблемы

- не инициализации указателя
- не удаление указателя
- копирование указателей
- повторное удаление

RAII
Resource Acquisition Is Initialization

Получение ресурса есть инициализация (RAII) — программная идиома объектно-ориентированного программирования, смысл которой заключается в том, что с помощью тех или иных программных механизмов получение некоторого ресурса неразрывно совмещается с инициализацией, а освобождение — с уничтожением объекта.

Типичным (хотя и не единственным) способом реализации является организация получения доступа к ресурсу в **конструкторе**, а освобождения — в **деструкторе** соответствующего класса.

Поскольку деструктор автоматической переменной вызывается при выходе её из области видимости, то ресурс гарантированно освобождается при уничтожении переменной. Это справедливо и в ситуациях, в которых возникают **исключения**.

Идея

```
{
        МойОбъект объект;
        // вызывается конструктор
        // выделяется память в куче

        …
 }
        // Вызывается деструктор
        // Освобождается память в куче
```

15_UniquePointers

UNIQUE_PTR.CPP

```
std::unique_ptr<int> ptr{new int{10}};


assert(ptr);
assert(*ptr == 10);
assert(*ptr.get() == 10);
std::cout << "sizeof(ptr) = " << sizeof(ptr) << std::endl;
```

Чуть умнее указатель

16_CustomUniquePointer

```
auto main() -> int {
    smart_ptr<SomeClass> ptr1;

    std::cout << "start" << std::endl;
    {
        smart_ptr<SomeClass> ptr2{new SomeClass()};
        ptr1 = ptr2; //дублируем
        ptr2 = smart_ptr<SomeClass>{new SomeClass()}; // затираем
    }
    std::cout << "end" << std::endl;
    return 0;
}
```

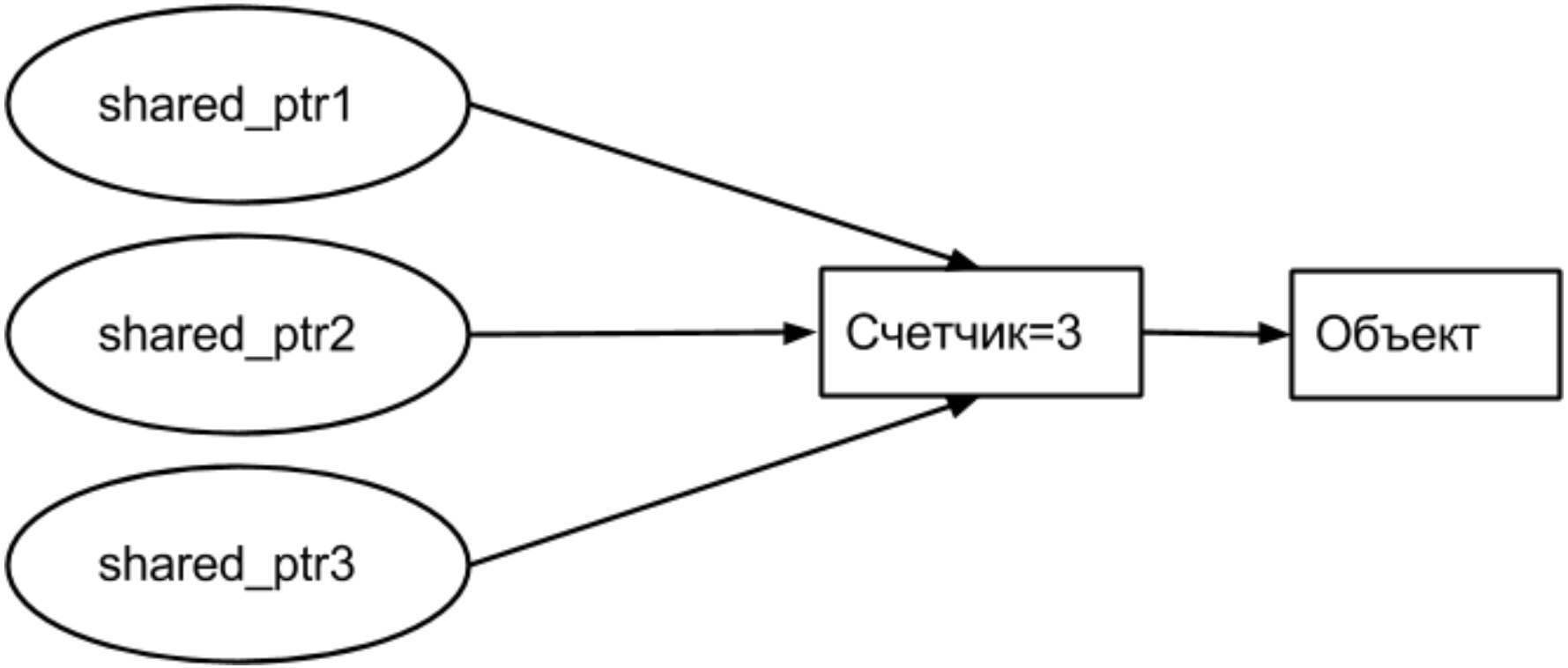
std::unique_ptr
#include<memory.h>

- неразделное владение объектом
- нельзя копировать (только перемещение)
- размер зависит от пользовательского deleter-a
- без особой логики удаления издержки чаще отсутствуют
- std::make_unique – только в качестве «синтаксического сахара»

Разделяемый указатель 18_CustomShared

```
template<class T> struct smart_ptr {
    smart_ptr(T* ptr) : m_counter{new std::size_t{1}}, m_ptr{ptr} {
    }
    smart_ptr(const smart_ptr& other)
    : m_counter{ other.m_counter }, m_ptr{ other.m_ptr } {
    ++*m_counter;
    }
    ~smart_ptr() {
    if (--*m_counter == 0) {
        delete(m_ptr);
        delete(m_counter);
        }
    }
private:
    T* m_ptr;
    std::size_t* m_counter;
};
```

Простой подсчет ссылок на объекты (то есть, копий shared_ptr)



Шаблон std::shared_ptr<T>

// #include<memory>

1. Предоставляет возможности по обеспечению автоматического удаления объекта, за счет подсчета ссылок указатели на объект;
2. Хранит ссылку на один объект;
3. При создании std::shared_ptr<T> счетчик ссылок на объект увеличивается;
4. При удалении std::shared_ptr<T> счетчик ссылок на объект уменьшается;
5. При достижении счетчиком значения 0 – объект автоматически удаляется;

std::shared_ptr
shared_ptr.cpp

можно копировать с разделением владения

но дешевле перемещать

всегда внутри два указателя

std::make_shared – выделяет память сразу под объект и счетчик за один раз!

потокобезопасный (и хорошо, и плохо)

можно создать из unique_ptr

Двойное удаление

```
int * ptr = new int{42};

{

    std::shared_ptr<int> smartPtr1{ptr};
    std::shared_ptr<int> smartPtr2{ptr};

} // двойное удаление
```

std::dynamic_pointer_cast<T>
19_Dynamic_pointer_cast

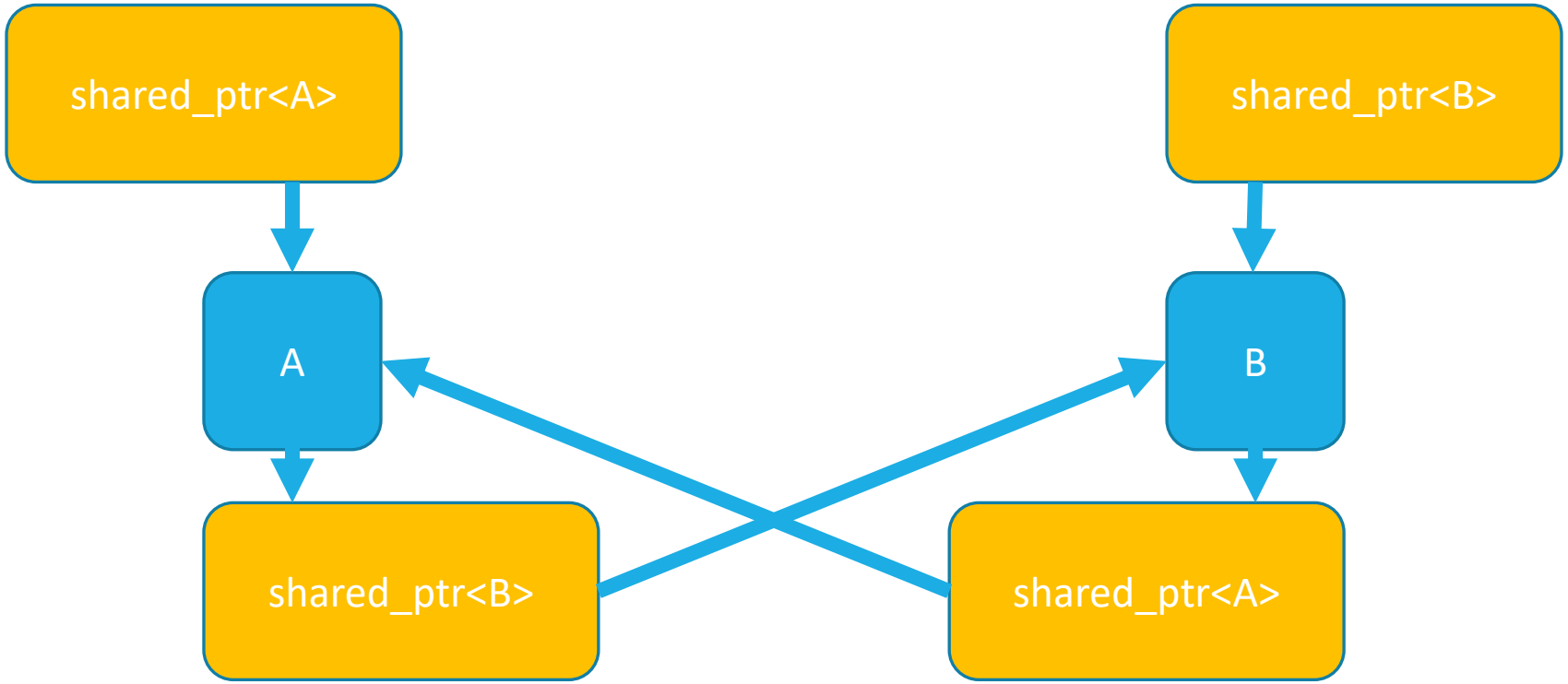
```
    std::shared_ptr<B> b(new B());

    std::shared_ptr<A> ptr = b;

    if(std::shared_ptr<B> ptr_b = std::dynamic_pointer_cast<B>(ptr)){
        ptr_b->Do();
    }
```

20_Enable_shared_from_this

```
struct SomeStruct : std::enable_shared_from_this<SomeStruct> {
    SomeStruct() {
        std::cout << "ctor" << std::endl;
    }
    ~SomeStruct() {
        std::cout << "dtor" << std::endl;
    }

    std::shared_ptr<SomeStruct> getPtr() {
        return shared_from_this();
    }
};
```

Перекрестные ссылки и std:shared_ptr
21_Dead_lock

Если зациклить объекты друг на друга, то появится «цикл» и объект ни когда не удалится! Т.к. деструктор не запустится!



Слабый указатель
std::weak_ptr

shared_ptr представляет *разделяемое владение*, но с моей точки зрения разделяемое владение не является идеальным вариантом: значительно лучше, когда у объекта есть конкретный владелец и его время жизни точно определено.

std::weak_ptr

1. Обеспечивает доступ к объекту, только когда он существует;
2. Может быть удален кем-то другим;
3. Содержит деструктор, вызываемый после его последнего использования (обычно для удаления анонимного участка памяти).

22_Weak_ptr

```
struct Observable {
    void registerObserver(const std::shared_ptr<Observer>& observer) {
        m_observers.emplace_back(observer);
    }

    void notify() {
        for (auto& obs : m_observers) {
            auto ptr = obs.lock();
            if (ptr)
                ptr->notify();
        }
    }
private:
    std::vector<std::weak_ptr<Observer>> m_observers;
};
```

Теперь без dead lock
23_Weak_ptr_deadlock

```
1.class A {
2.private:
3.    std::weak_ptr<B> b;
4.public:
5.    void LetsLock(std::shared_ptr<B> value) {
6.        b = value;
7.    }
8.    ~A(){
9.        std::cout << "A killed!" << std::endl;
10.    }
11.};
```

Пример лабораторной №4

Спасибо!

НА СЕГОДНЯ ВСЕ