



Семантика копирования и перемещения

Антон Кухтичев





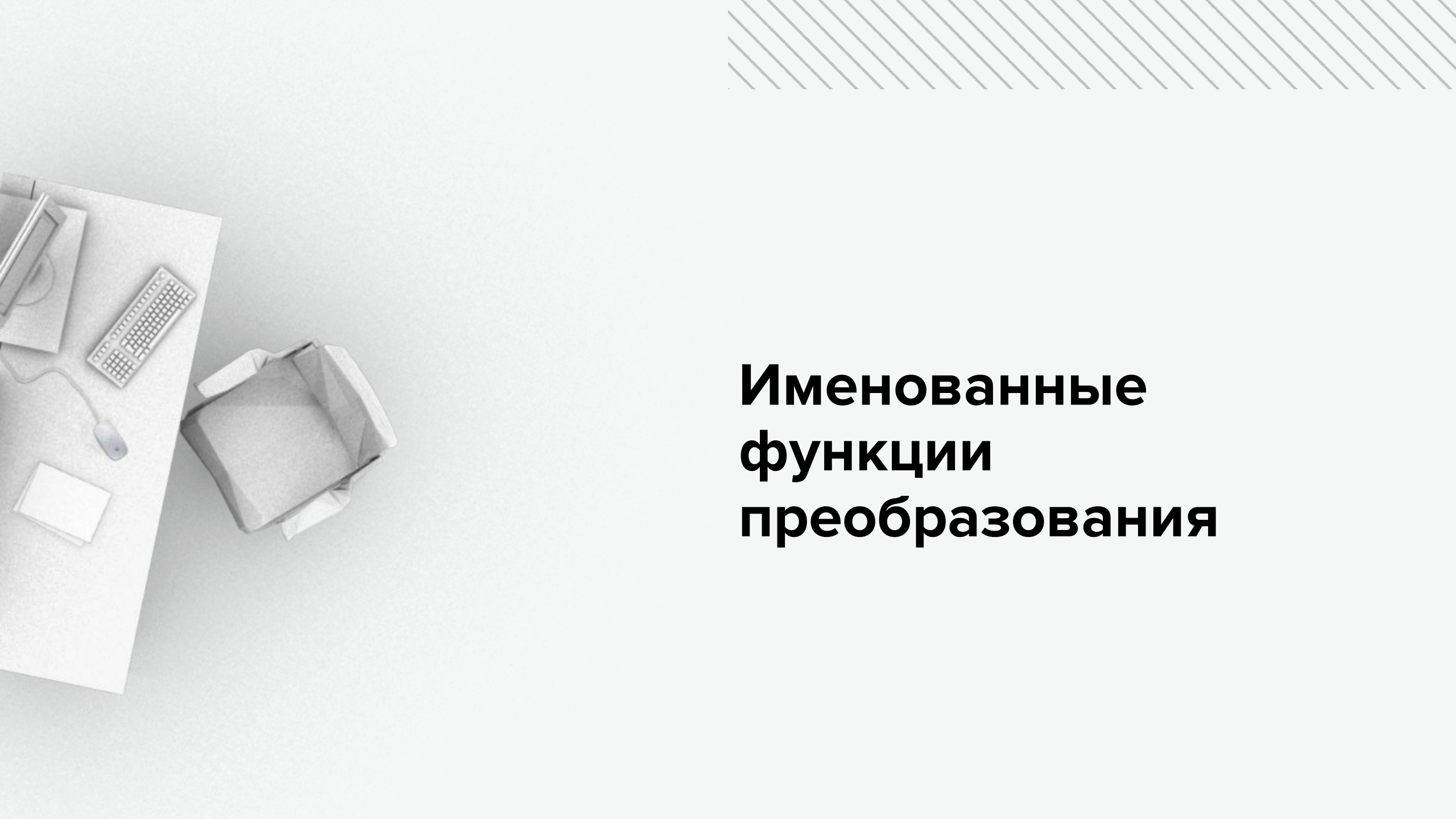
Не забудьте
отметиться на
портале!!!

Иначе всё плохо будет.



Содержание занятия

1. Правило тройки (пятерки)
2. lvalue и rvalue
3. Копирование
4. Перемещение
5. Return value optimization (RVO)
6. Copy elision



Именованные функции преобразования

Именованные функции преобразования

```
named-conversion<desired-type>(object-to-cast);
```

- `const_cast`
- `static_cast`
- `reinterpret_cast`
- `dynamic_cast`

const_cast

Удаляет модификатор `const`, позволяя модифицировать значение `const`.

```
void foo(const int& arg)
{
    int &alias = const_cast<int&>( arg );
}
```

static_cast

Отменяет чётко определенное неявное преобразование, такое как приведение целочисленного типа к другому целочисленному типу.

```
int i1 = 11;  
int i2 = 3;  
float x = static_cast<float>(i1) / i2;
```

```
int i = 90;  
i = static_cast<int>(i / 3.6);
```

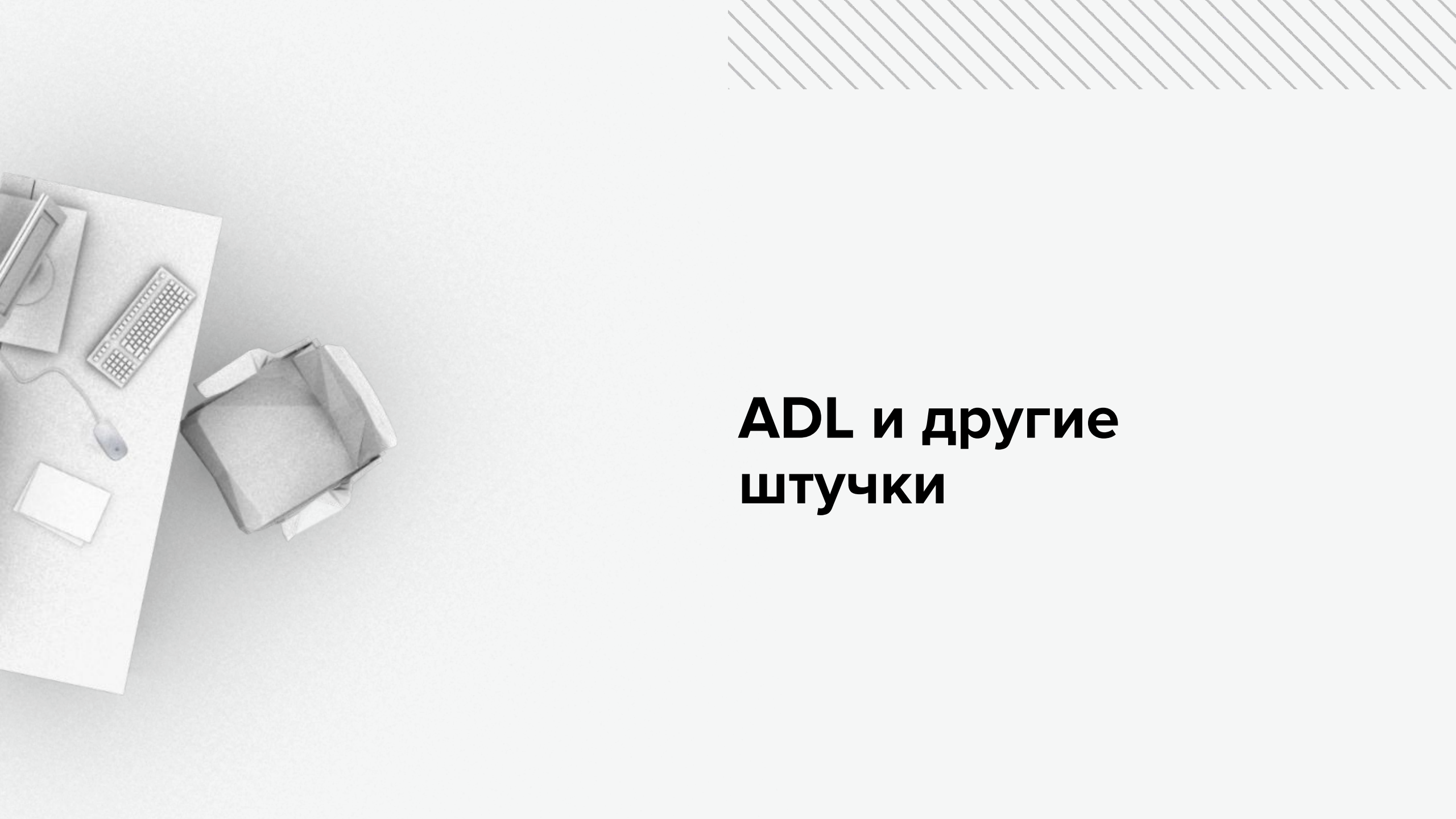
reinterpret_cast

```
int foo()
{
    auto timer = reinterpret_cast<const unsigned long *>(0x1000);
    printf("Timer is %lu.", *timer);
}
```


dynamic_cast

```
void foo(A* a)
{
    B* b = dynamic_cast<B*>(a);

    if (b)
        b -> methodSpecificToB();
    else
        std::cerr << "Этот объект не является объектом типа B" << std::endl;
}
```



ADL и другие штучки



Argument-dependent name lookup (ADL), или Поиск, зависящий от аргументов

Известен также, как поиск Кёнига (Koenig lookup).

Компилятор ищет функцию в текущем пространстве имен и если не находит, то в пространствах имен аргументов. Если находит подходящую функцию в двух местах, то возникает ошибка.

Argument-dependent name lookup (ADL), или Поиск, зависящий от аргументов

```
namespace X
{
    struct A { ... };

    std::ostream& operator<<(std::ostream& out, const A&
value) { ... }

    void foo(const A& value) { ... }
}
```

```
X::A a;
std::cout << a;
foo(a);
```

Методы генерируемые компилятором неявно

```
struct A
{
    X x;
    Y y;
    // Конструктор
    A() : x(X()), y(Y()) {}
    // Деструктор
    ~A() {}
    ...
};
```

Методы генерируемые компилятором неявно

```
struct A
{
    ...
    // Копирующий конструктор
    // A a1;
    // A a2 = a1;
    A(const A& copied)
        : x(copied.x)
        , y(copied.y)
    {}
    ...
};
```

Методы генерируемые компилятором неявно

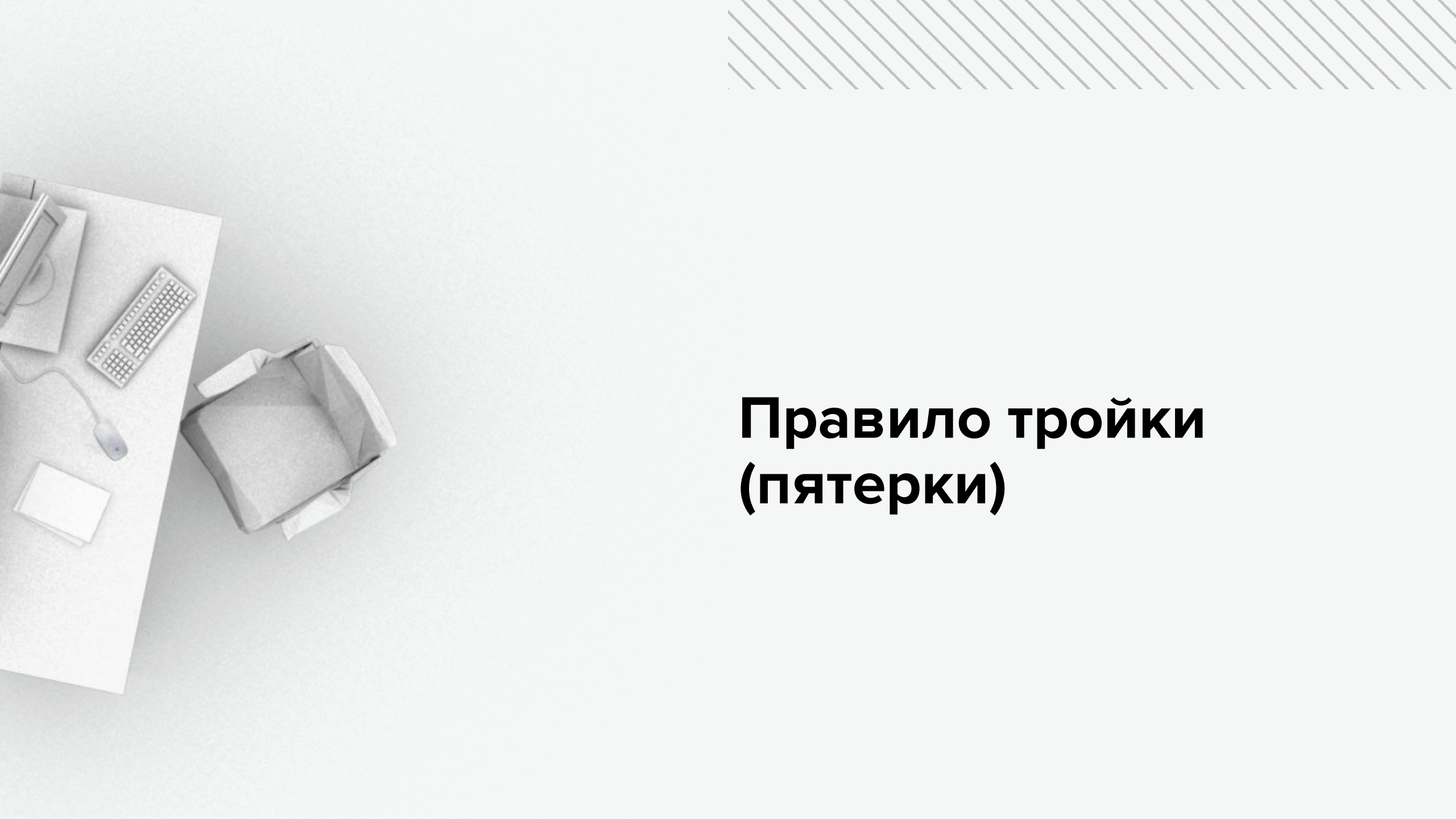
```
struct A
{
    ...
    // Оператор копирования
    // A a1;
    // A a2;
    // a2 = a1;
    A& operator=(const A& copied)
    {
        x = copied.x;
        y = copied.y;
        return *this;
    }
};
```

Методы генерируемые компилятором неявно

```
struct A
{
    ...
    // Перемещающий конструктор
    // A a1;
    // A a2 = std::move(a1);
    A(A&& moved)
        : x(std::move(moved.x))
        , y(std::move(moved.y))
    {}
    ...
};
```


Методы генерируемые компилятором неявно

```
struct A
{
    // Оператор перемещения
    // A a1;
    // A a2;
    // a2 = std::move(a1);
    A& operator=(A&& moved)
    {
        x = std::move(moved.x);
        y = std::move(moved.y);
        return *this;
    }
    ...
};
```



Правило тройки (пятерки)

Правило большой тройки (пятерки)

Если явно объявить один из следующих методов:

- деструктор
- конструктор копирования
- оператор копирования

(после C++11, еще два)

- конструктор перемещения
- оператор перемещения

То компилятор не будет генерировать остальные автоматически, поэтому если они вам нужны, Вы должны реализовать их самостоятельно.

Правило большой тройки (пятерки)

Если поведение сгенерированных компилятором функций вас устраивает (т.е. почленное копирование нестатических членов-данных), то можно сказать компилятору это:

```
class Seed {  
public:  
    ...  
    ~Seed(); // пользовательский деструктор  
    ...  
    // Поведение копирующего конструктора по умолчанию  
    правильное!  
    Seed(const Seed&) = default;  
};
```



Какие методы генерирует компилятор при наличии различных входных данных

| | Ничего | Деструктор | Конструктор копирования | Присваивание копии | Конструктор перемещения | Присваивание перемещения |
|--|--------|------------|--|--------------------|-------------------------|--------------------------|
| Деструктор <code>~Foo()</code> | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Конструктор копирования <code>Foo(const Foo&)</code> | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Присваивание копии <code>Foo& operator=(const Foo &)</code> | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Конструктор перемещения <code>Foo(Foo &&)</code> | ✓ | | Вместо переноса используется копирование | | ✓ | |
| Присваивание переноса <code>Foo& operator=(Foo &&)</code> | ✓ | | | | | ✓ |

#021



1. Джош Лоспинозо. С++ для профи. Глава 4. Жизненный цикл объекта. Методы, генерируемые компилятором. (стр. 192).



rvalue и lvalue

rvalue и lvalue

До стандарта C++11 было два типа значений:

1. lvalue
2. rvalue

"Объект — это некоторая **именованная область памяти**; lvalue — это выражение, обозначающее объект. Термин "lvalue" произошел от записи присваивания $E1 = E2$, в которой левый (left — левый(англ.), отсюда буква l, value — значение) операнд E1 должен быть выражением lvalue."

rvalue и lvalue

1. Ссылается на объект — lvalue
2. Если можно взять адрес — lvalue
3. Все что не lvalue, то rvalue

```
int a = 1;
int b = 2;
int c = (a + b);
int foo() { return 3; }
int d = foo();
```

```
1 = a; // left operand must be l-value
foo() = 2; // left operand must be l-value
(a + b) = 3; // left operand must be l-value
```


Ещё примерчики

```
int a = 3;
a; // lvalue
int& b = a;
b; // lvalue, ссылается на a
int* c = &a;
*c; // lvalue, ссылается на a
void foo(int val)
{
    val; // lvalue
}
```

```
void foo(int& val)
{
    val; // lvalue, ссылается на val
}
int& bar() { return a; }
bar(); // lvalue, ссылается на a
3; // rvalue
(a + b); // rvalue
int bar() { return 1; }
bar(); // rvalue
```



lvalue-ссылка

Ссылка на lvalue

```
int a = 3;
```

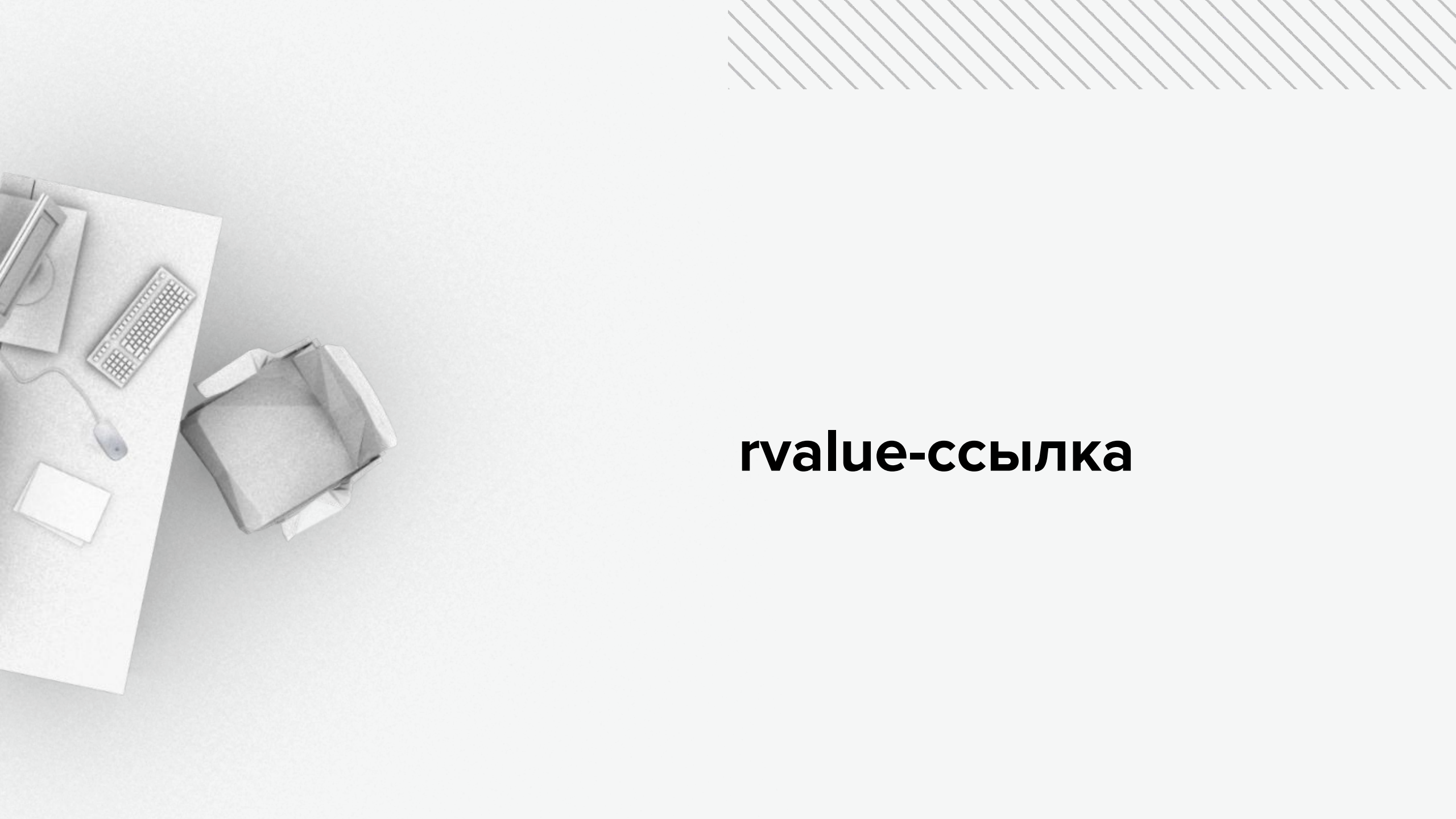
```
int& b = a;
```

```
int& a = 3;          // ошибка
```

```
const int& a = 3;    // ок
```

```
a; // const lvalue
```

Объект жив до тех пор, пока жива ссылающаяся на него константная ссылка.



rvalue-ссылка

Ссылка на rvalue

```
#include <iostream>

int x = 0;

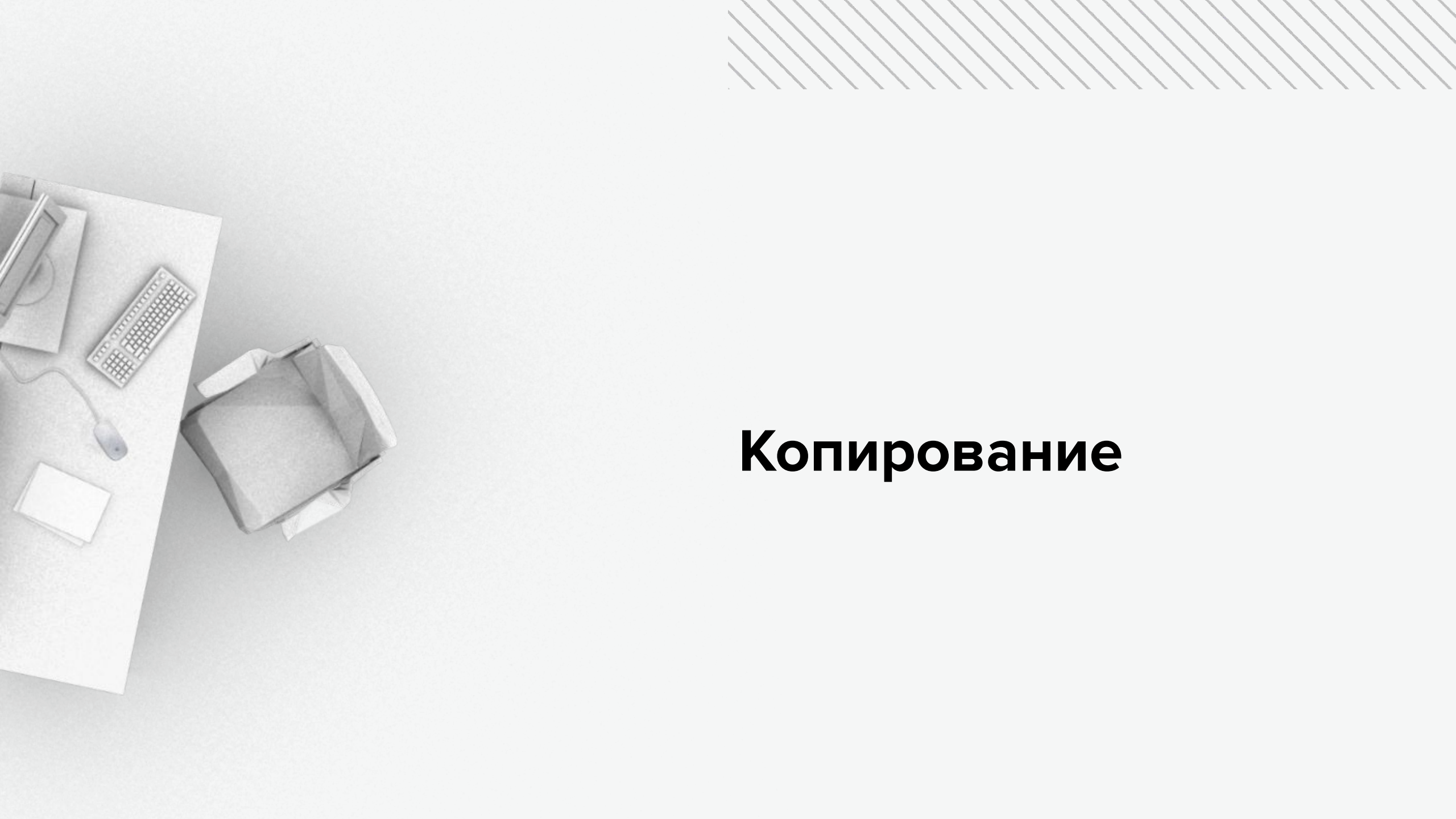
int val() { return 0; }
int& ref() { return x; }

void test(int&)
{
    std::cout << "lvalue\n";
}
```

std::move приводит lvalue к
rvalue

```
void test(int&&)
{
    std::cout << "rvalue\n";
}

int main()
{
    test(0); // rvalue
    test(x); // lvalue
    test(val()); // rvalue
    test(ref()); // lvalue
    test(std::move(x)); // rvalue
    return 0;
}
```



Копирование

Копирование

Семантика: в результате копирования должна появиться точная копия объекта.

```
int x = 3;
```

```
int y = x;
```

```
// x == y
```

```
String a;
```

```
String b = a;
```

```
String c;
```

```
c = a;
```

```
// a == b == c
```

Конструктор/оператор копирования



Демонстрация в консоле!

Копирование и наследование

```
struct A
{
    A() {}
    A(const A& a) {}
    virtual A& operator=(const
A& copied)
        { return *this; }
};
```

```
class B : public A
{
public:
    B() {}
    B(const B& b) : A(b) {}

    A& operator=(const A& copied)
override
    {
        A::operator=(copied);
        return *this;
    }
};
```

Срезка

```
void foo(A a)
{
    // Срезанный до A объект
}

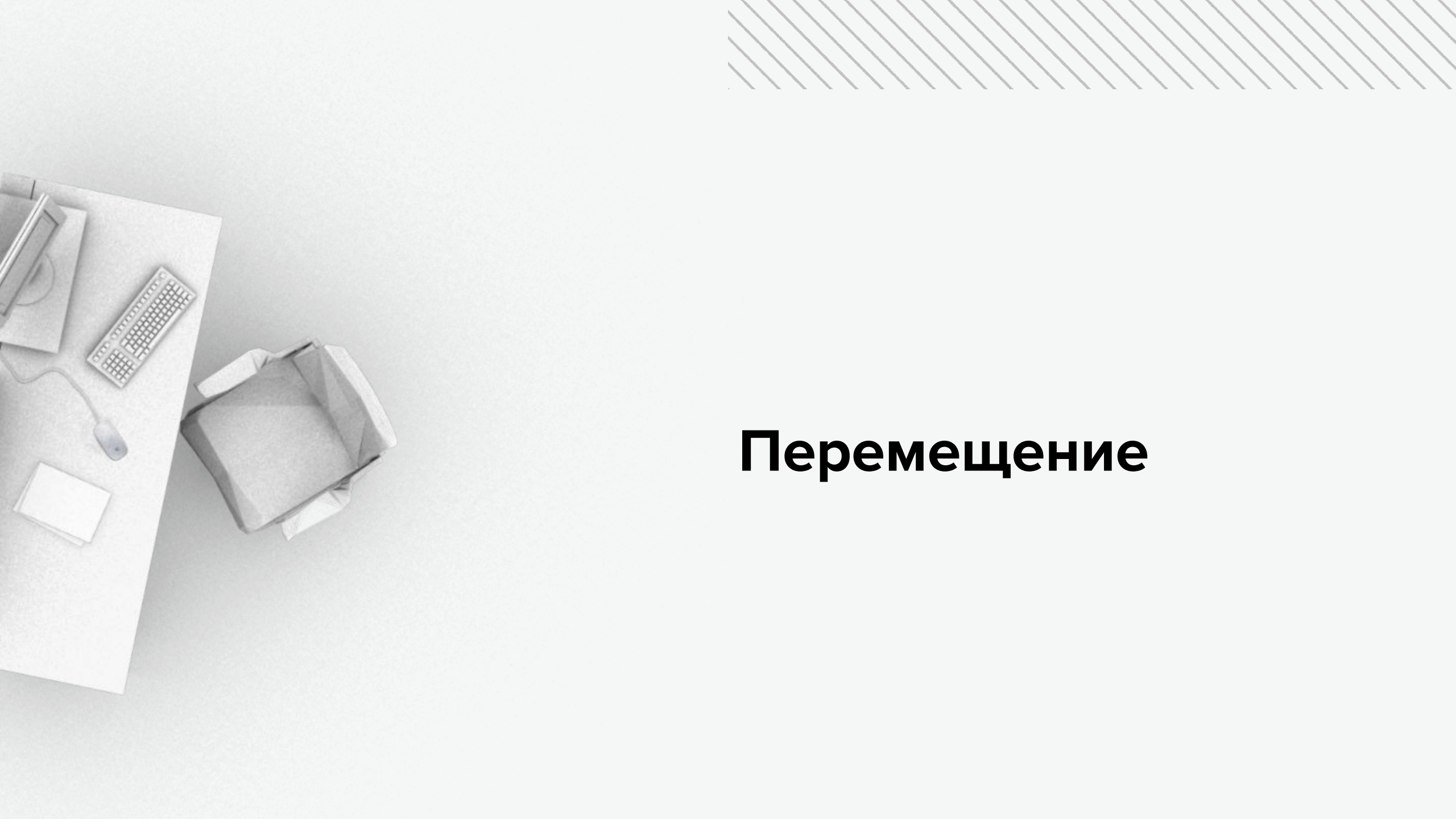
B a;
foo(a);
```

Предпочитайте удалённые функции

```
class Seed {  
public:  
    ...  
    // Не хотим генерации копирующих методов!  
    Seed(const Seed&) = delete;  
    Seed& operator=(const Seed&) = delete;  
};
```



1. Скотт Мейерс. Эффективный и современный C++. Пункт 3.5. Предпочитайте удалённые функции закрытым неопределённым.



Перемещение

Перемещение

Семантика: в результате перемещения в объекте, куда происходит перемещение, должна появиться точная копия перемещаемого объекта, оригинальный объект после этого остается в неопределенном, но корректном состоянии.

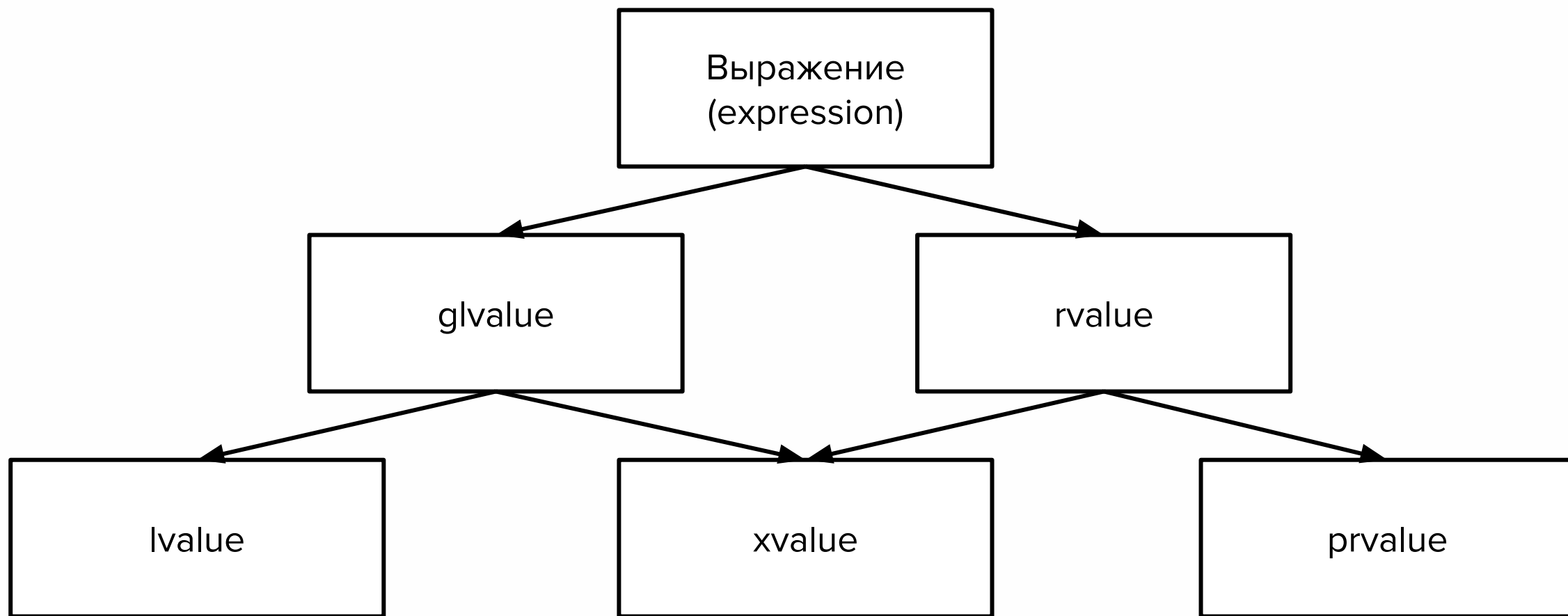
Передача владения

```
class unique_ptr
{
    T* data_;
};
```

Производительность

```
class Buffer
{
    char* data_;
    size_t size_;
};
```

lvalue и rvalue начиная с C++11



lvalue и rvalue начиная с C++11

- glvalue ("generalized" lvalue)

Выражение, чьё вычисление определяет сущность объекта.

- prvalue ("pure" rvalue)

Выражение, чьё вычисление инициализирует объект или вычисляет значение операнда оператора, с соответствии с контекстом использования.

- xvalue ("eXpiring" value)

Это glvalue, которое обозначает объект, чьи ресурсы могут быть повторно использованы (обычно потому, что они находятся около конца своего времени жизни).



lvalue и rvalue начиная с C++11

- `lvalue`
Это `glvalue`, которое не является `xvalue`.
- `rvalue`
Это `prvalue` или `xvalue`.

lvalue

Выражение является `lvalue`, если ссылается на объект уже имеющий имя доступное вне выражения.

```
int a = 3;  
a; // lvalue  
int& b = a;  
b; // lvalue  
int* c = &a;  
*c; // lvalue
```

```
int& foo() { return a; }  
foo(); // lvalue
```

xvalue

- Результат вызова функции возвращающей rvalue-ссылку

```
int&& foo() { return 3; }
```

```
foo(); // xvalue
```

- Явное приведение к rvalue

```
static_cast<int&&>(5); // xvalue
```

```
std::move(5); // эквивалентно static_cast<int&&>
```

xvalue

- Результат доступа к нестатическому члену, объекта xvalue значения

```
struct A
{
    int i;
};
A&& foo() { return A(); }
foo().i; // xvalue
```

prvalue

- Не принадлежит ни к lvalue, ни к xvalue.

```
int foo() { return 3; }  
foo(); // prvalue
```

rvalue и glvalue

- `rvalue`
Всё, что принадлежит к `xvalue` или `prvalue`.
- `glvalue`
Всё, что принадлежит к `xvalue` или `lvalue`.

Практическое правило (Скотт Мейерс)

1. Можно взять адрес - `lvalue`
2. Ссылается на `lvalue` (`T&`, `const T&`) - `lvalue`
3. Иначе `rvalue`

Примеры

```
void foo(int) {} // 1
```

```
void foo(int&) {} // 2
```

```
void foo(int&&) {} // 3
```

1)

```
int x = 1;
```

```
foo(x); // lvalue
```

2)

```
int x = 1;
```

```
int& y = x;
```

```
foo(y); // lvalue
```

```
3) foo(1); // rvalue
```

4)

```
int bar() { return 1; }
```

```
foo(bar()); // rvalue
```

5)

```
foo(1 + 2); // rvalue
```

Конструктор/оператор перемещения



Демонстрация
в консоле!

Return value optimization (RVO)

Позволяет сконструировать
возвращаемый объект в точке вызова.

```
Server makeServer(uint16_t port)
{
    Server server(port);
    server.setup(...);
    return server;
}
Server s = makeServer(8080);
```

Не мешайте компилятору:

```
Server&& makeServer(uint16_t port)
{
    Server server(port);
    server.setup(...);
    // так не надо
    return std::move(server);
}
```

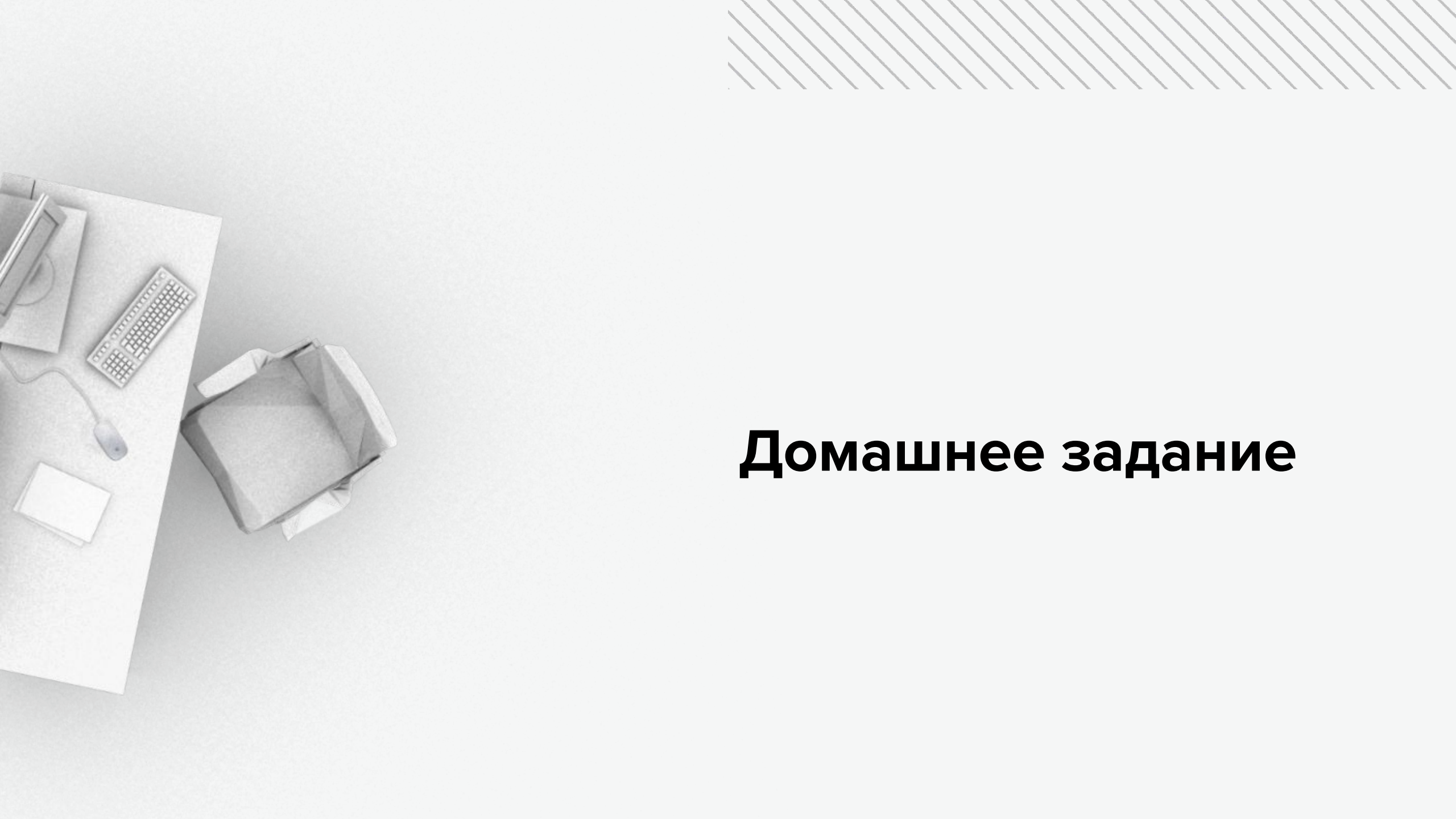

Copy elision

Оптимизация компилятора разрешающая избегать лишнего вызова копирующего конструктора.

```
struct A
{
    explicit A(int) {}
    A(const A&) {}
};
```

A y = A(5); // Копирующий конструктор вызван не будет

В копирующих конструкторах должна быть логика отвечающая только за копирование.



Домашнее задание

Домашнее задание (1)

Написать класс для работы с большими целыми числами. Размер числа ограничен только размером памяти. Нужно поддержать семантику работы с обычным `uint32_t`:

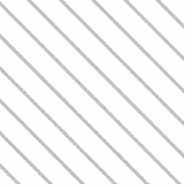
```
BigInt a = 1;  
BigInt b = a;  
BigInt c = a + b + 2;  
BigInt d;  
d = std::move(c);  
std::cout << d << std::endl;
```

Домашнее задание (2)

Реализовать:

- оператор вывода в поток;
- сложение;
- копирующий и перемещающий конструкторы/операторы;
- вычитание;
- умножение;
- унарный минус;
- все операции сравнения.

`std::vector` и другие контейнеры использовать нельзя - управляйте памятью самостоятельно.



Домашнее задание по уроку #5

Домашнее задание №4

#053

?

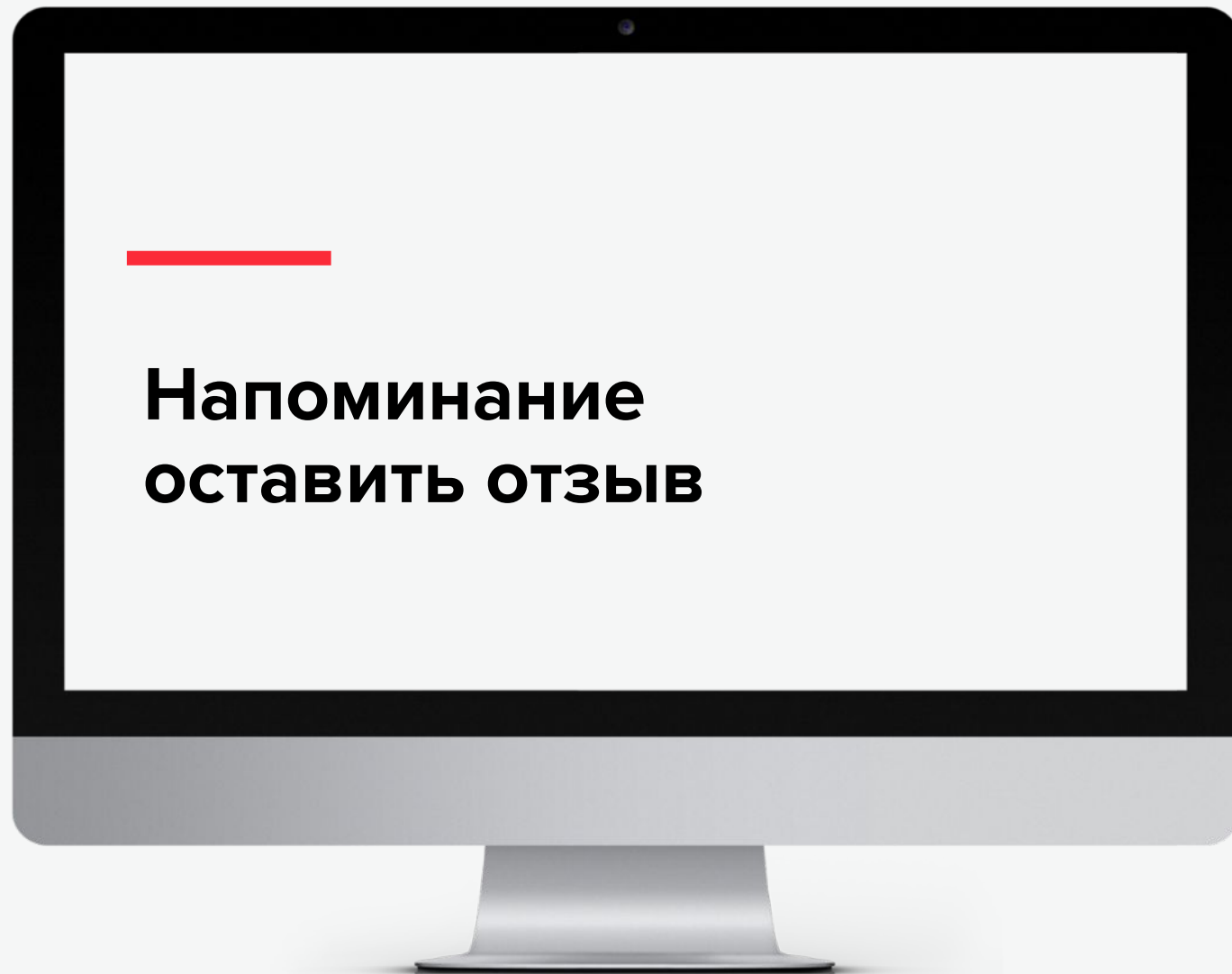
Баллов
за задание

16.04.21

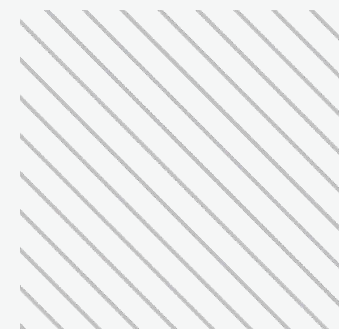
Срок
сдачи

Полезная литература в помощь

- Скотт Мейерс “Эффективный и современный C++”
- Бьерн Страуструп “Языка программирования C++”
- [Статья Страуструпа про выражения](#)



**Напоминание
ОСТАВИТЬ ОТЗЫВ**



**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ**

