



# Семантика копирования и перемещения

Антон Кухтичев





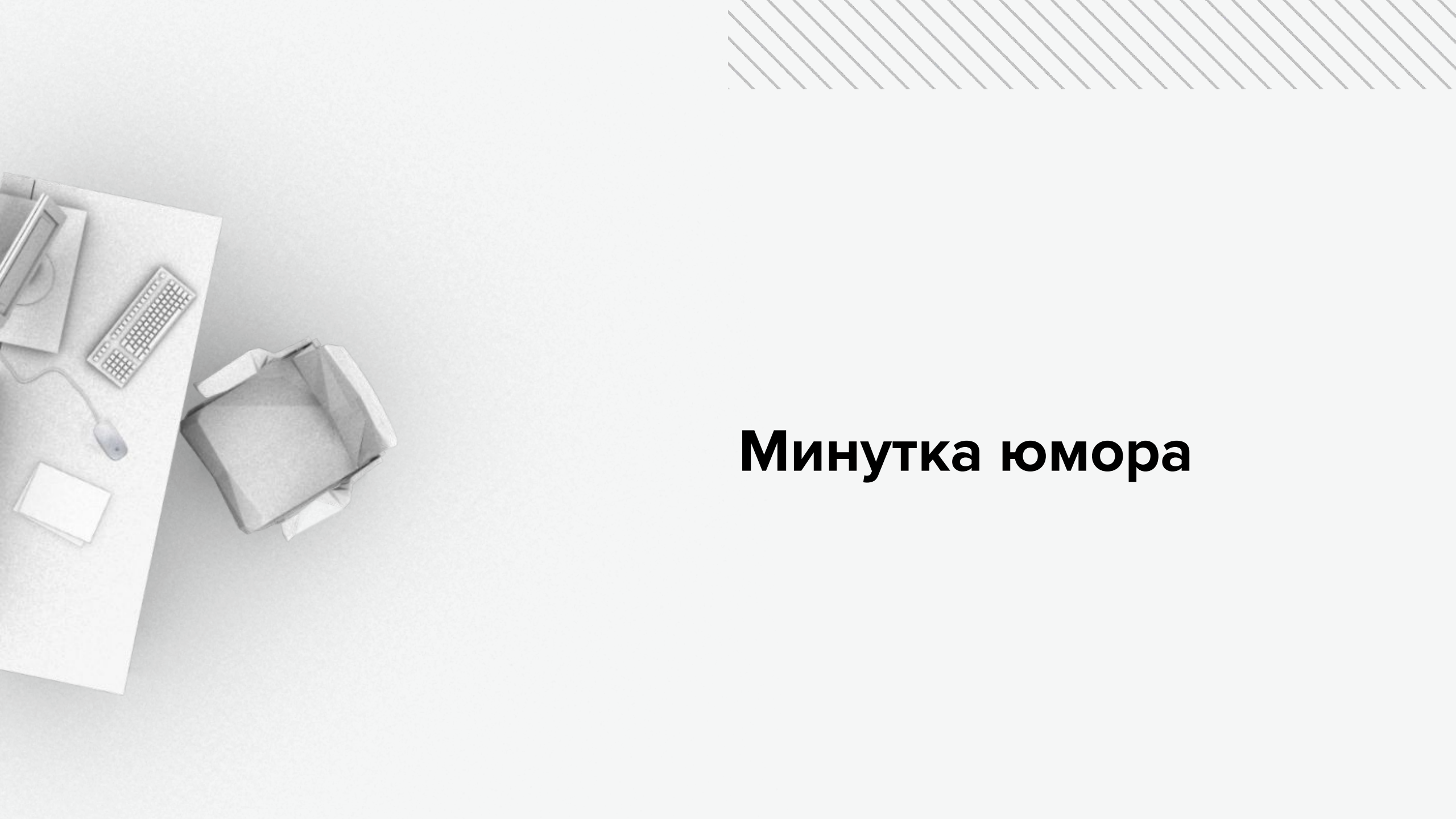
Не забудьте  
отметиться на  
портале!!!

Иначе всё плохо будет.



# Содержание занятия

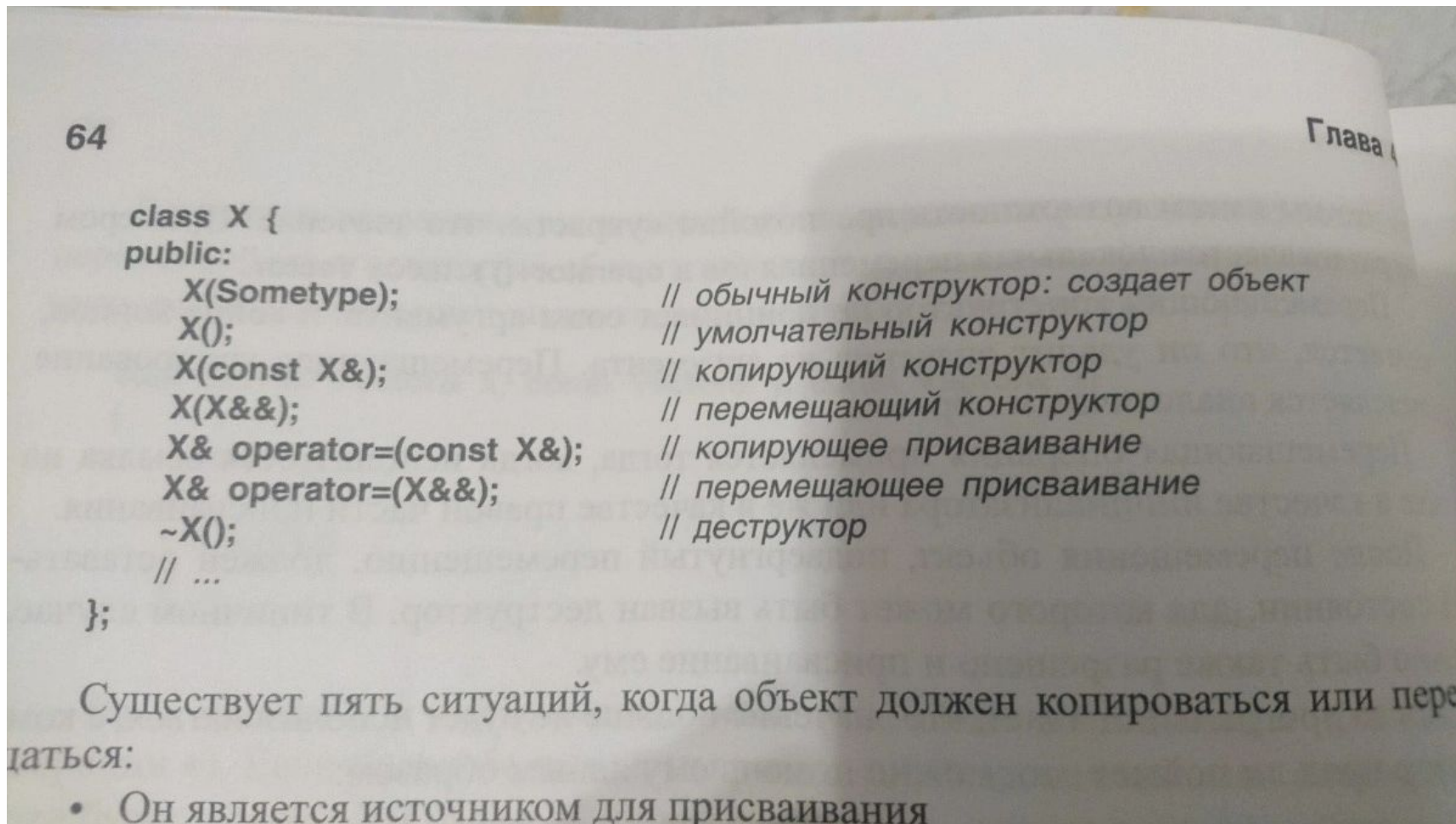
1. Правило тройки (пятерки)
2. lvalue и rvalue
3. Копирование
4. Перемещение
5. Return value optimization (RVO)
6. Copy elision



# Минутка юмора

# Язык программирования C++. Стандарт C++11.

## Краткий курс



#05





# 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

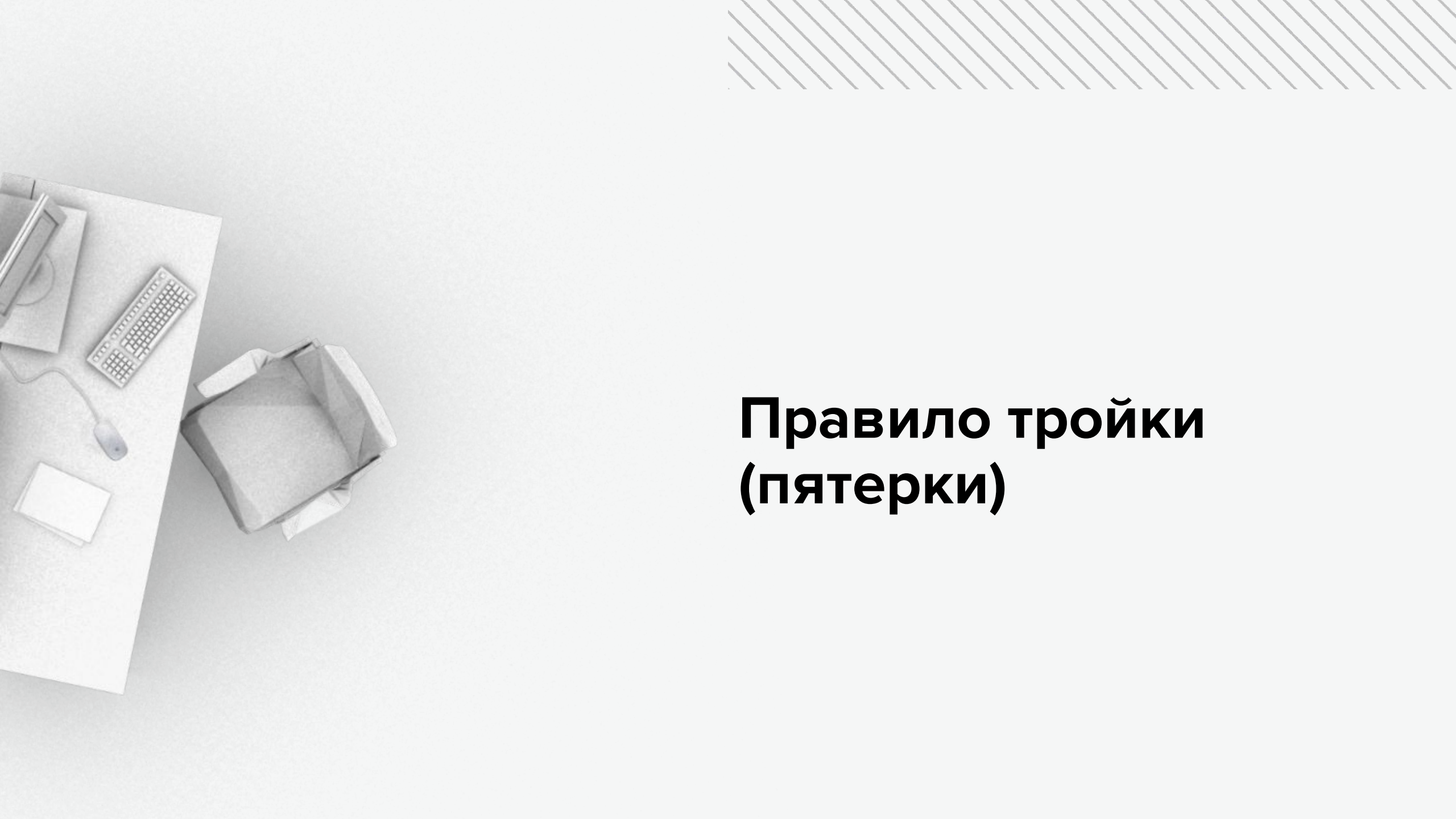
```
struct A
{
    ...
    // Оператор копирования
    // A a1;
    // A a2;
    // a2 = a1;
    A& operator=(const A& copied)
    {
        x = copied.x;
        y = copied.y;
        return *this;
    }
};
```

# 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;  
};
```





**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;
```

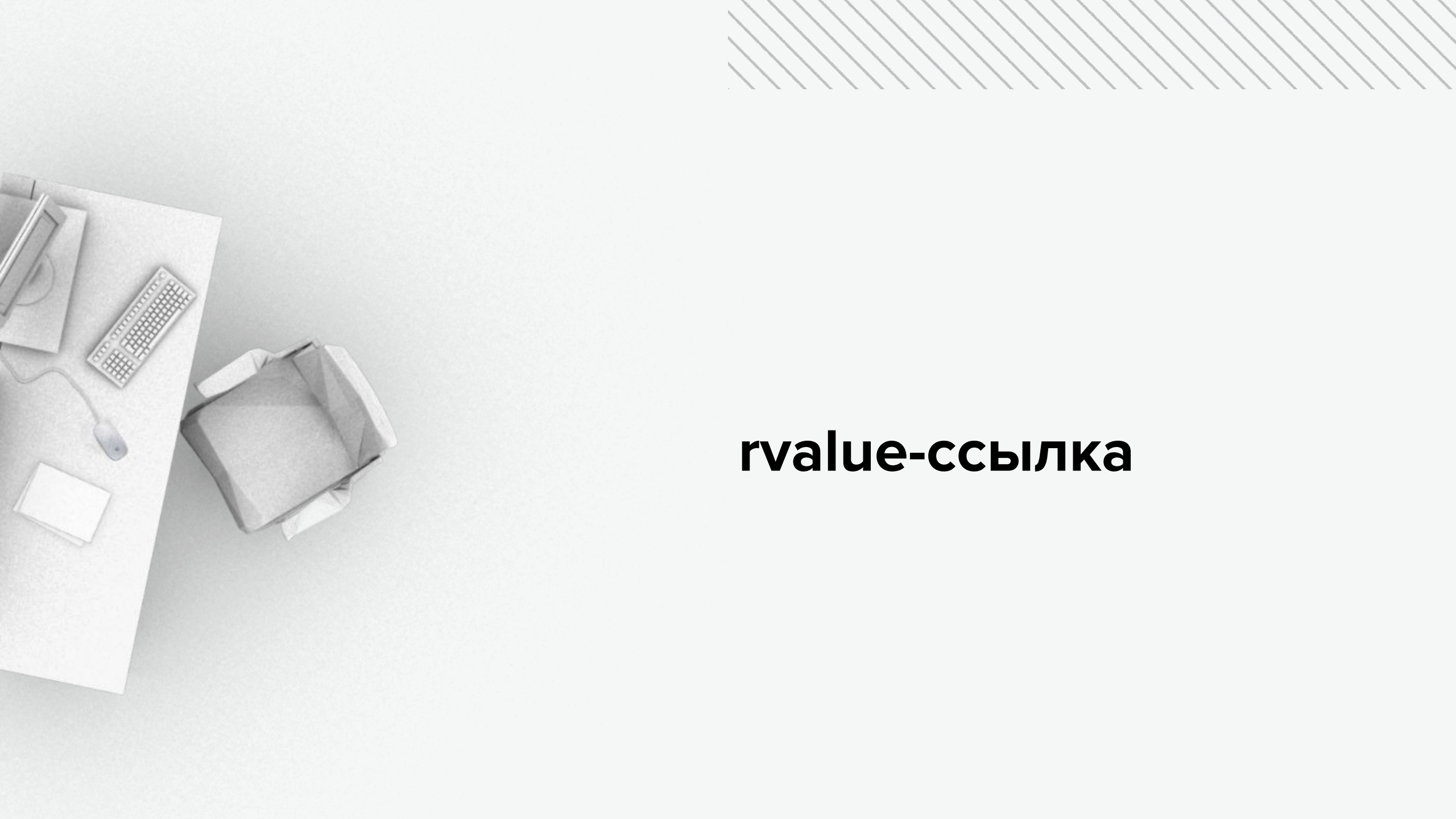
```
int& b = a;
```

```
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;

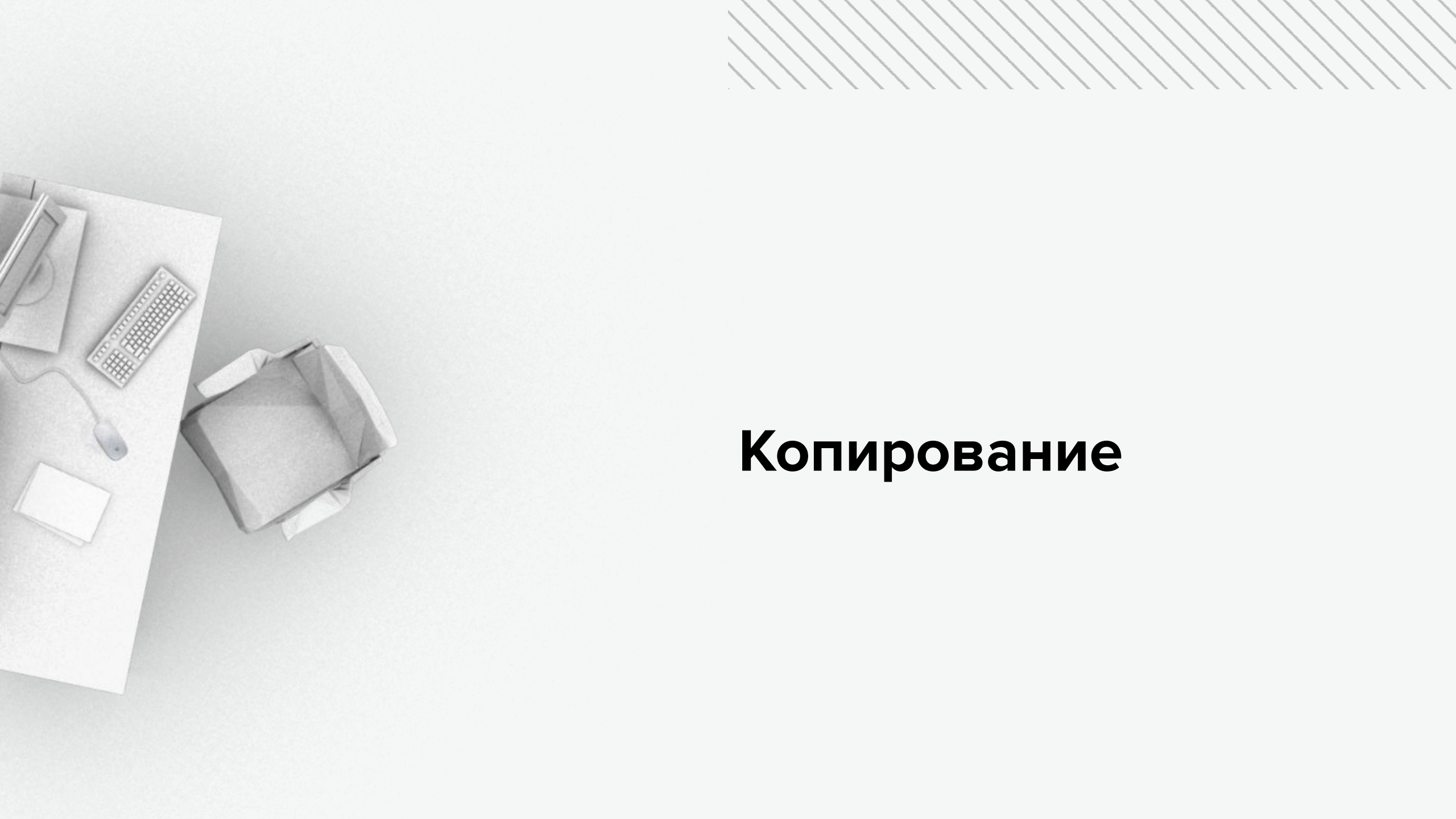
int val() { return 0; }
int& ref() { return x; }

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
}

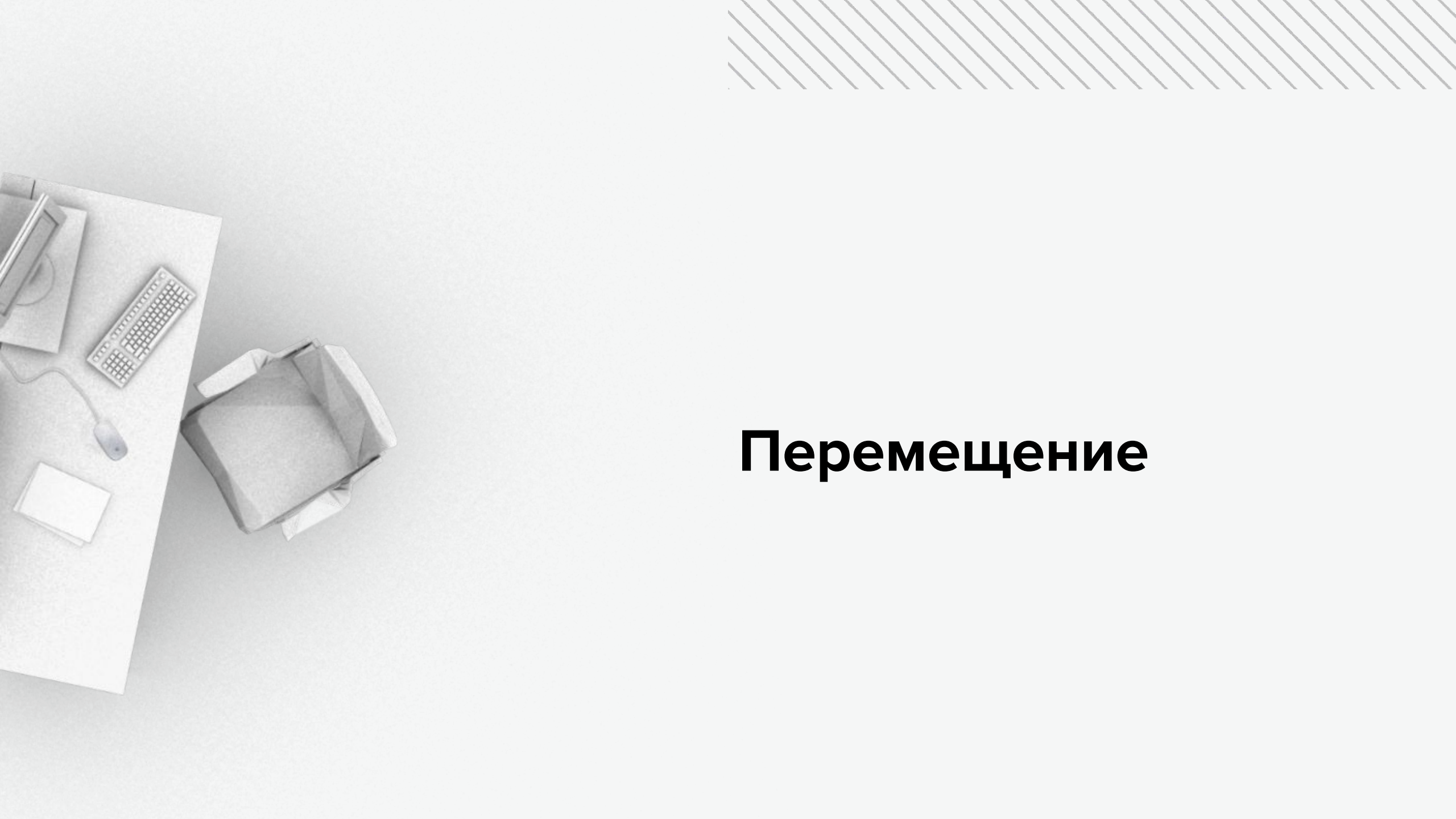
B a;
foo(a);
```

# 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.

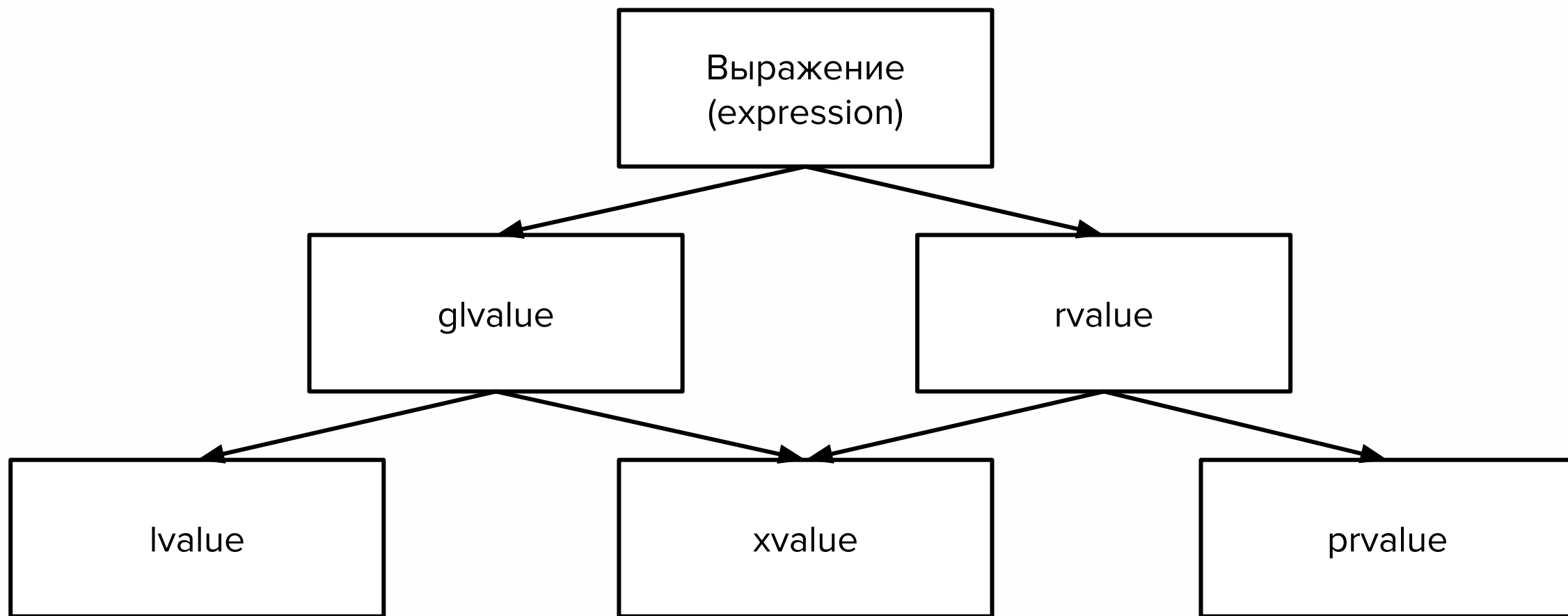
## Передача владения

```
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  
Все что принадлежит к xvalue или prvalue.
- glvalue  
Все 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);
}
```

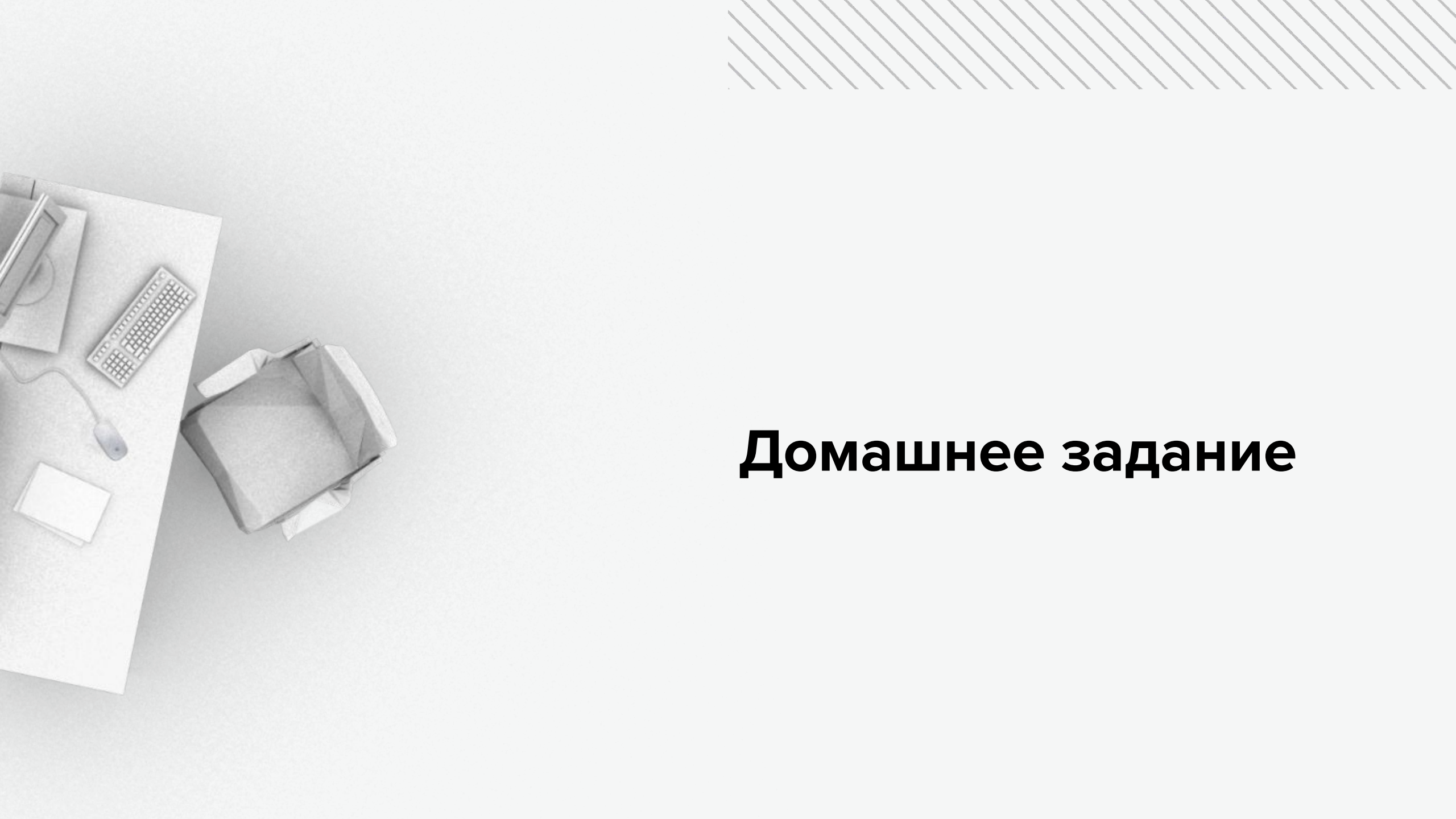
# Copy elision

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 `int`:

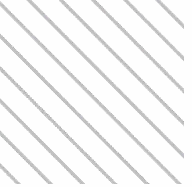
```
BigInt a = 1;  
BigInt b = a;  
BigInt c = a + b + 2;  
BigInt d;  
d = std::move(c);
```

## 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

#047

?

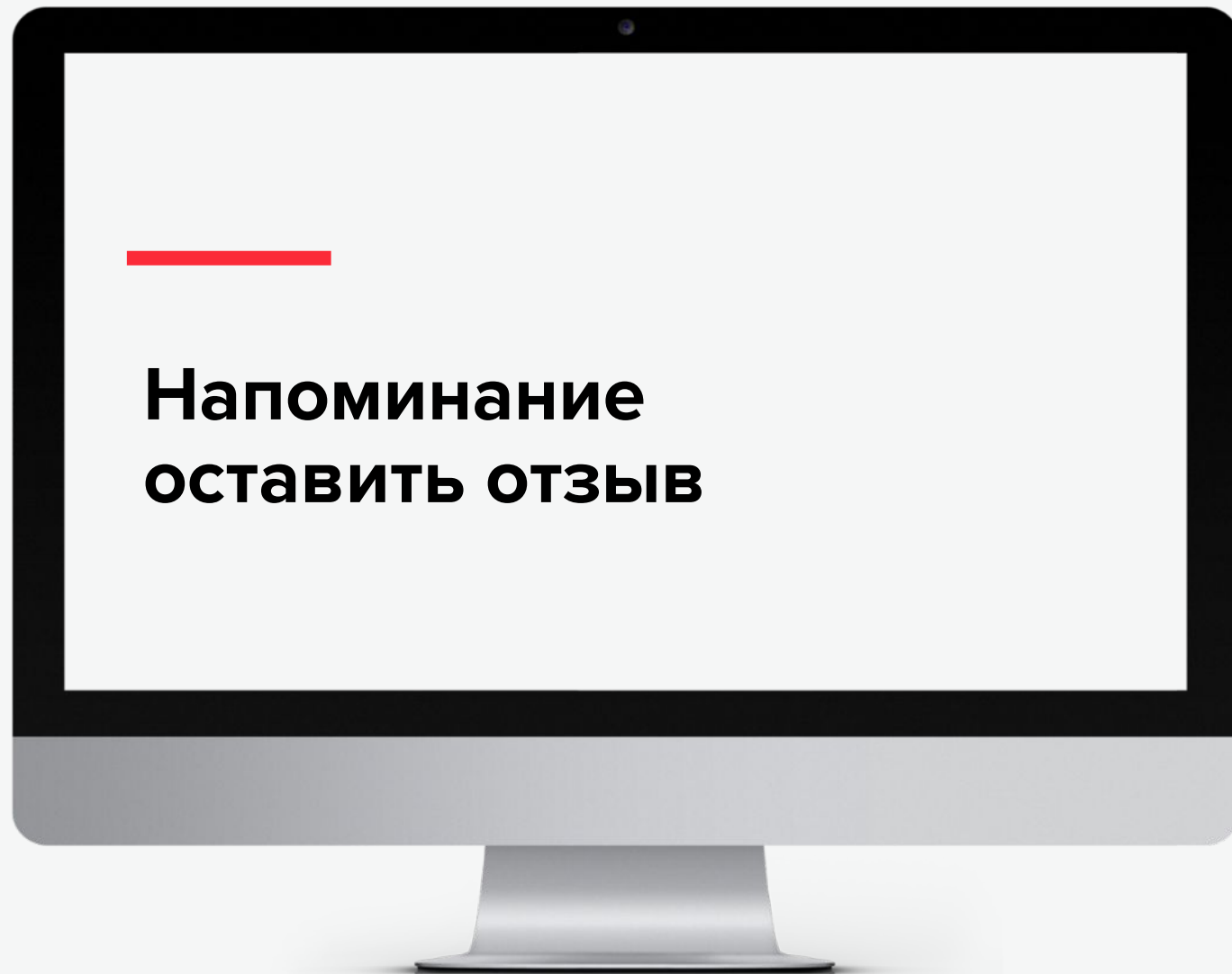
Баллов  
за задание

05.11.20

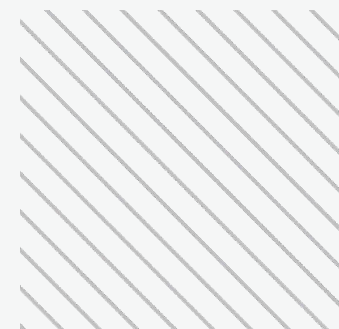
Срок  
сдачи

### 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**

