



# Память в C++

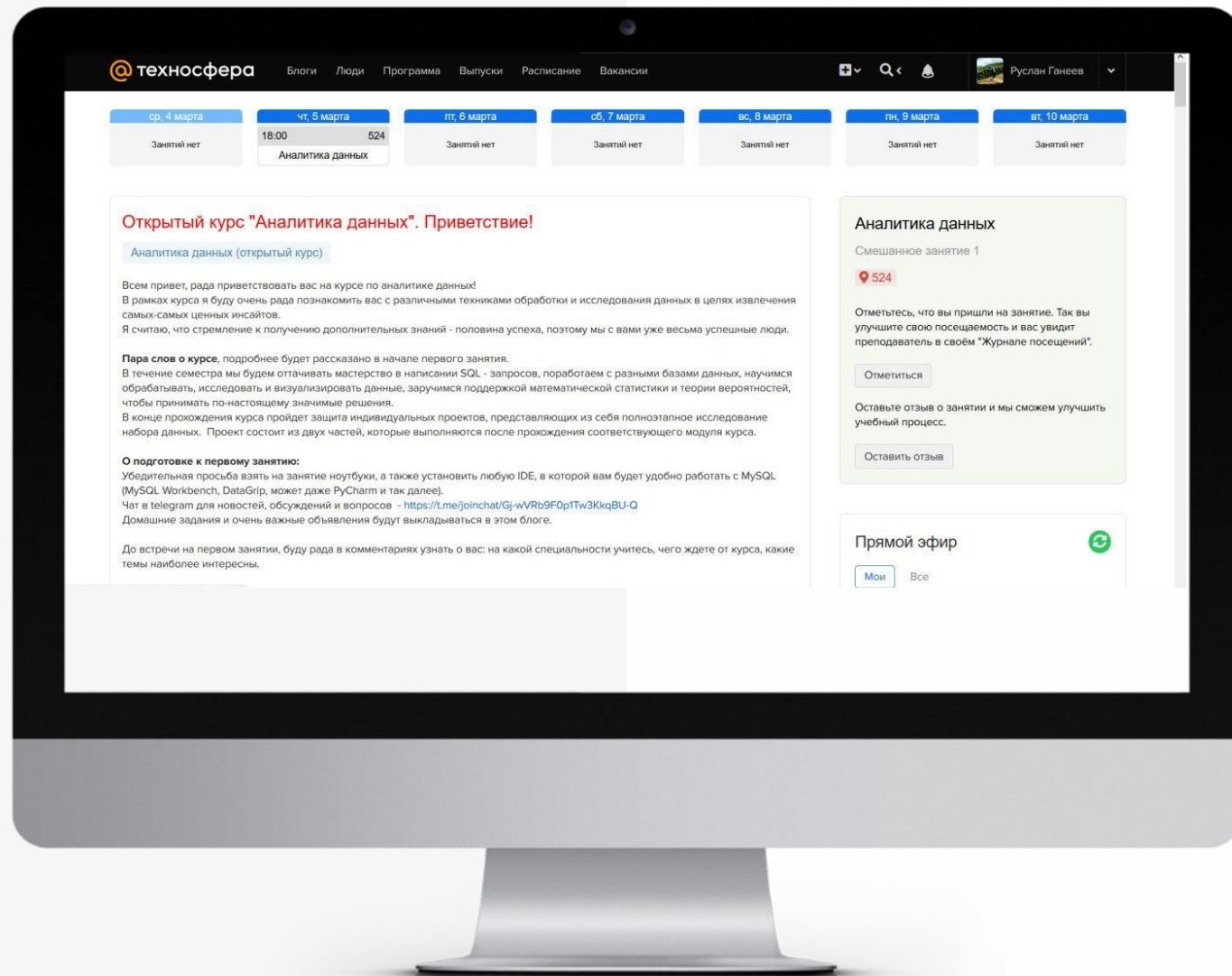
Антон Кухтичев





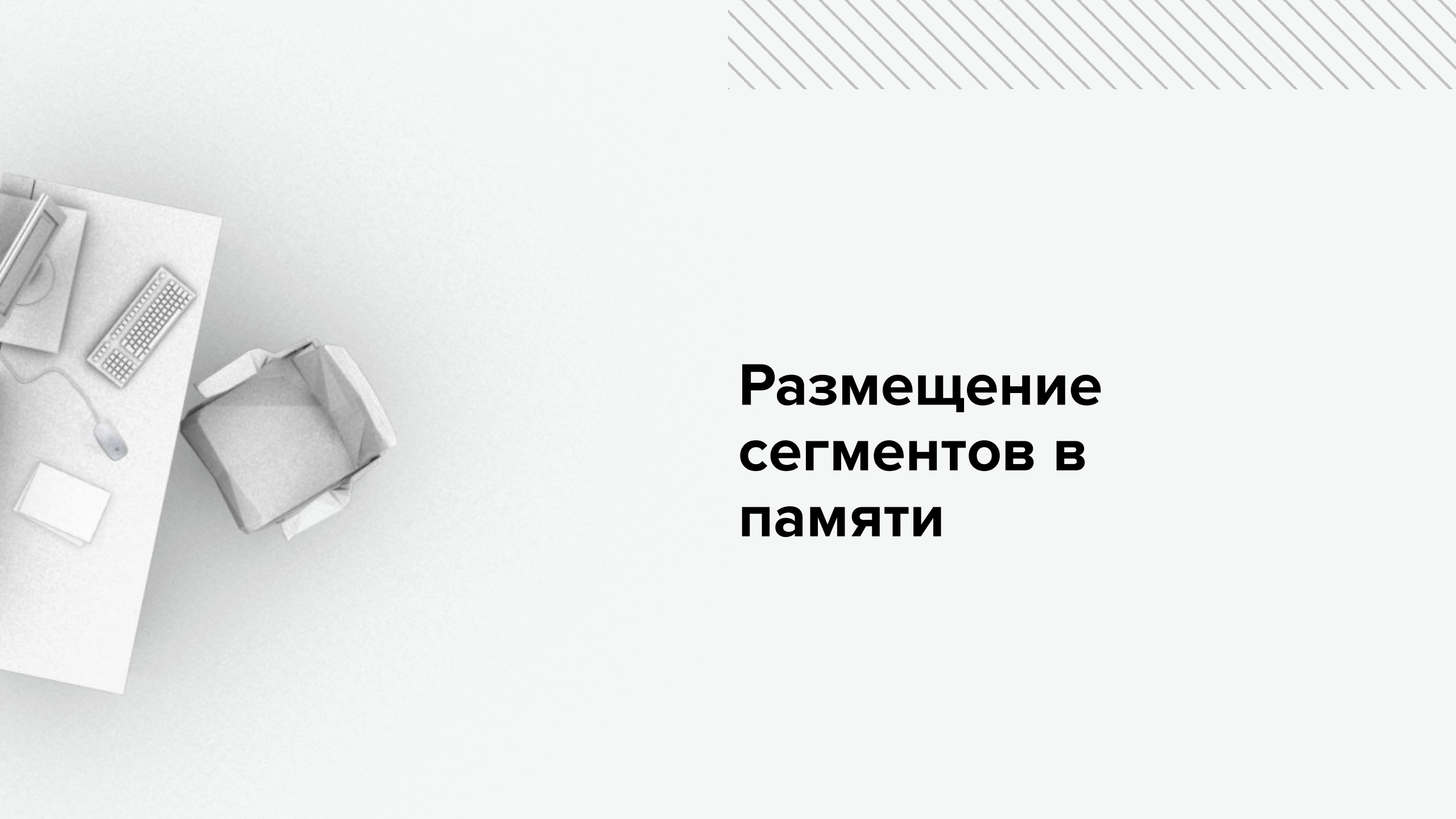
# Содержание занятия

1. Запуск программы
2. Типичное размещение сегментов в памяти
3. Кеш-память и оперативная память
4. Виртуальная память
5. Стек (stack)
6. Куча (heap)
7. Указатели
8. Интеллектуальные указатели



Не забудьте  
отметиться на  
портале!!!

Иначе всё плохо будет.



# **Размещение сегментов в памяти**

# Запуск программы

- Программы на языке C/C++ начинают свою работу с вызова функции `main`

```
int main()
```

```
int main(int argc, char **argv)
```

```
int main(int argc, char **argv, char **env)
```

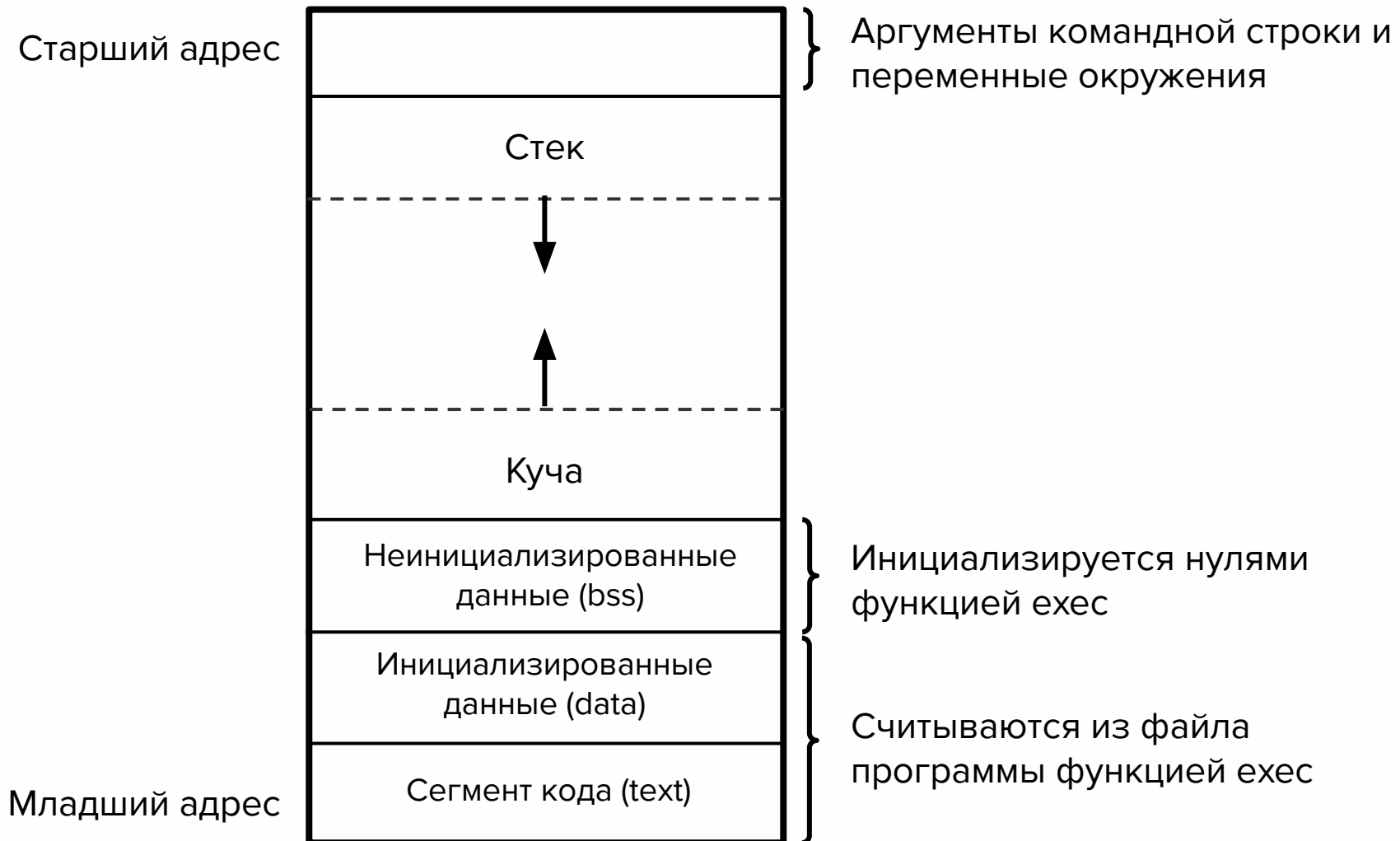
- Перед вызовом функции `main` выполняется специальная процедура начального запуска;
- Процедура начального запуска спроектирована так, что она вызывает функцию `exit`, когда происходит возврат из функции `main`.

```
exit(main(argc, argv));
```

# Типичное размещение сегментов в памяти

- **Сегмент кода (text)**, машинные инструкции, которые выполняются центральным процессором ;
- **Сегмент инициализированных данных (data)**, содержит переменные, которые инициализированы определёнными значениями в тексте программы;
- **Сегмент неинициализированных данных (bss)**, сегмент неинициализированных данных;
- **Сегмент стека (stack)**, где хранятся переменные с автоматическим классом размещения, а также информация, которая сохраняется при каждом вызове функции;
- **Куча (heap)**, или область динамической памяти.

# Типичное размещение сегментов в памяти



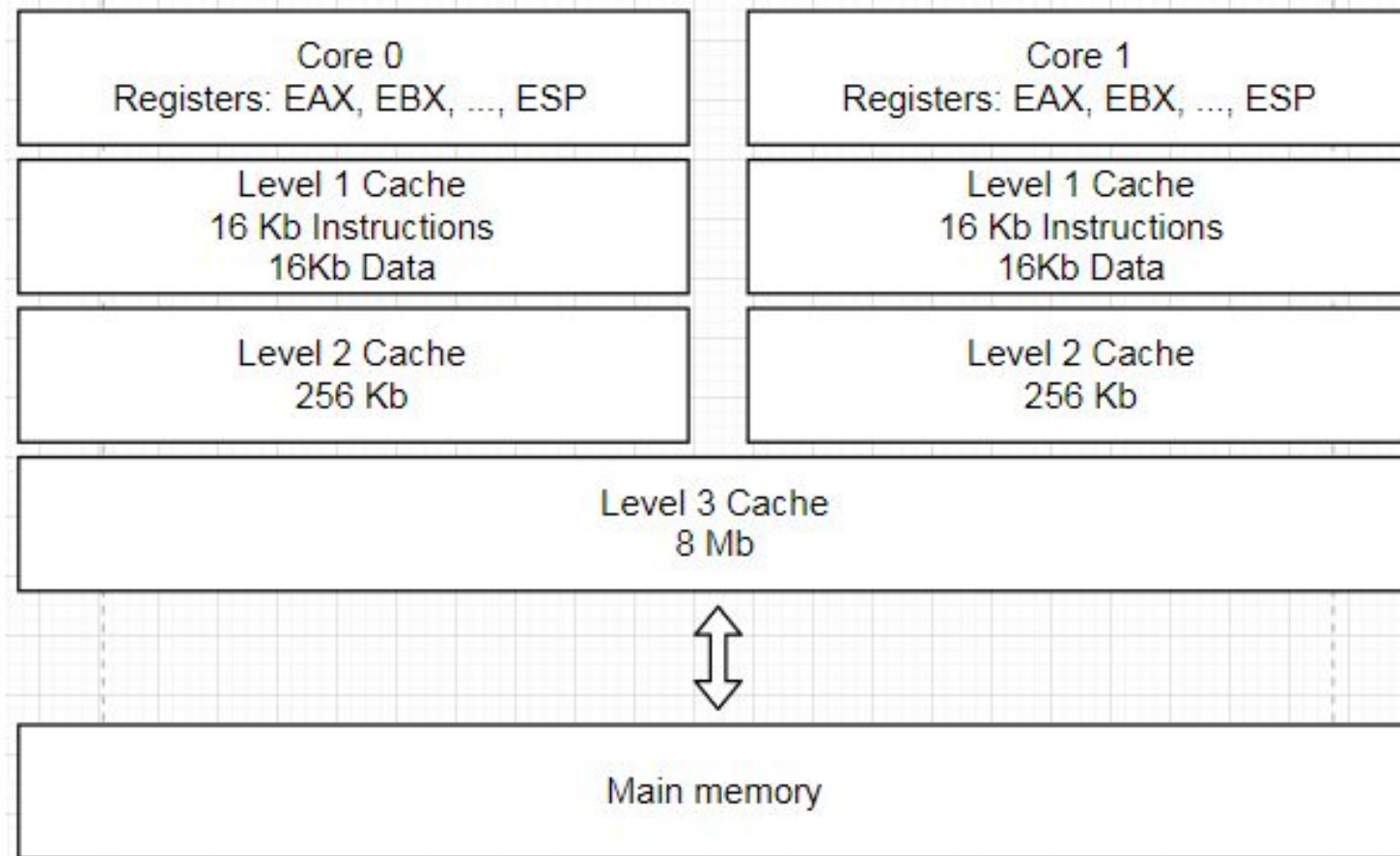


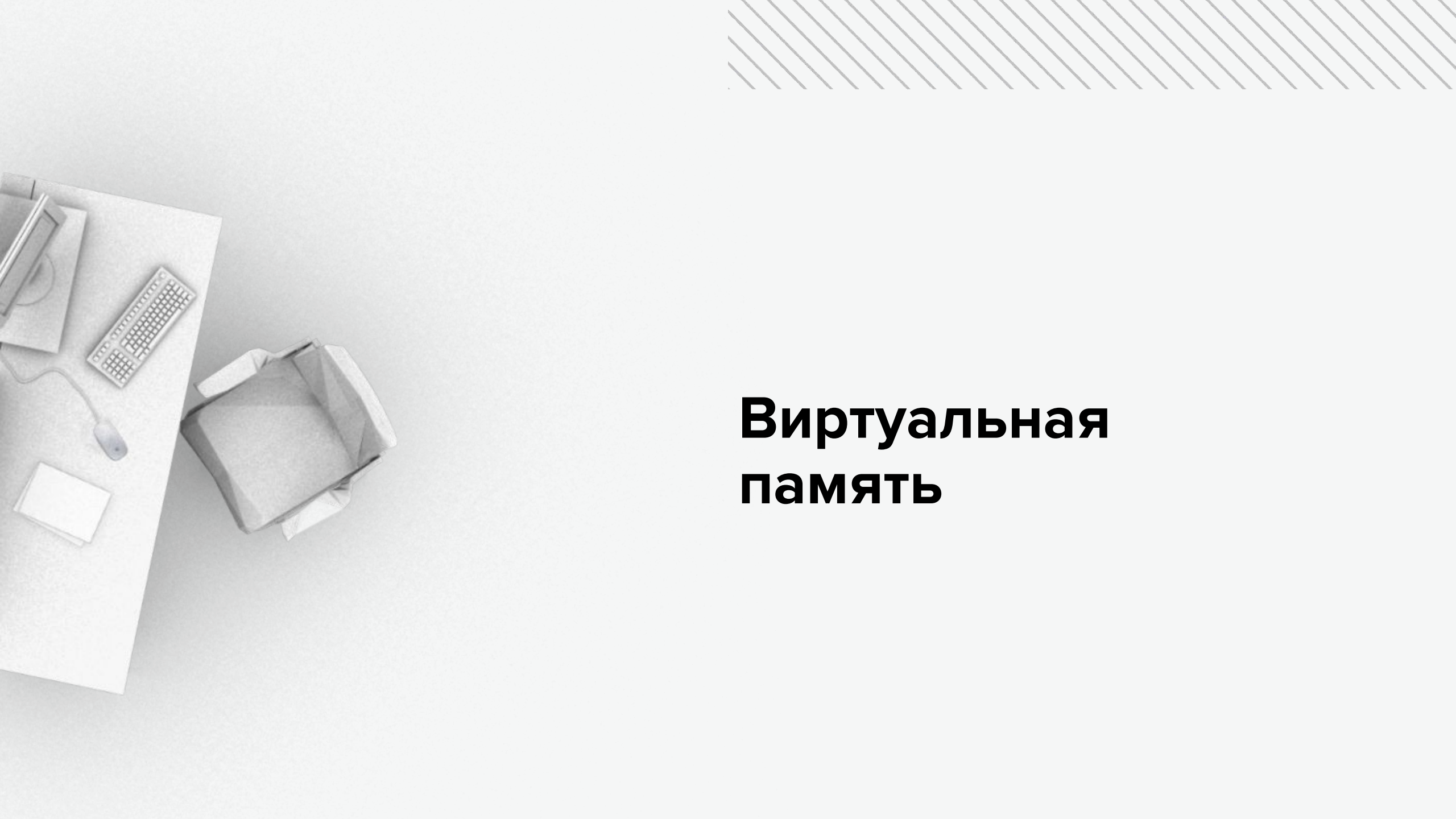
# Что такое память?

- Память - часть компьютера, где хранятся программы и данные;
- Основной единицей памяти является двоичный разряд, который называется битом;
- Память состоит из ячеек;
- Каждая ячейка имеет номер, который называется адресом;
- В последние годы практически все производители выпускают компьютеры с 8-битными ячейками, которые называются байтами;
- Байты группируются в слова. Компьютер с 32-битными словами имеет 4 байта на каждое слово.



# Кеш-память и оперативная память





# Виртуальная память

# Виртуальная память (1)

- Память делится на страницы;
- Страница может находиться в оперативной памяти или на внешнем носителе;
- Трансляция из физического адреса в виртуальный и обратно выполняется через специальные таблицы: **PGD** (Page Global Directory), **PMD** (Page Middle Directory) и **PTE** (Page Table Entry). В PTE хранятся физические адреса страниц;
- Для ускорения трансляции адресов процессор хранит в кеше таблицу **TLB** (Translation lookaside buffer);

## Виртуальная память (2)

- Если обращение к памяти не может быть оттранслировано через TLB, процессор обращается к таблицам страниц и пытается загрузить PTE оттуда в TLB. Если загрузка не удалась, процессор вызывает прерывание Page Fault.
- Обработчик прерывания Page Fault находится в подсистеме виртуальной памяти ядра ОС и может загрузить требуемую страницу с внешнего носителя в оперативную память.

## Виртуальная память (3)

1 такт = 1 / частота процессора		Compress 1K bytes with Zippy	3,000	ns
1 / 3 GHz = 0.3 ns		Send 1K bytes over 1 Gbps network	10,000	ns
	0.3 ns	Read 4K randomly from SSD	150,000	ns
L1 cache reference	0.5 ns	Read 1 MB sequentially from memory	250,000	ns
Branch mispredict	5 ns	Round trip within same datacenter	500,000	ns
L2 cache reference	7 ns	Read 1 MB sequentially from SSD	1,000,000	ns
Mutex lock/unlock	25 ns	HDD seek	10,000,000	ns
Main memory reference	100 ns	Read 1 MB sequentially from HDD	20,000,000	ns
		Send packet CA->Netherlands->CA	150,000,000	ns

---

## Виртуальная память (4)

- Стараться укладывать данные в кеш;
- Минимизировать скачки по памяти;
- В условиях основной ветки делать ветку, которая выполняется с большей вероятностью.



**Стек (stack)**

---

# Стек

- Непрерывная область памяти;
- Имеет методы: push и pop;
- Растёт от старших адресов к младшим;
- Имеет конечный размер (обычно около 2 Мб);
- Содержит локальные переменные из функций;
- Регистр ESP указывает на вершину стека. Меняется каждый раз, когда слово или адрес помещаются или удаляются из стека;
- Когда вызывается функция, то создаётся stack frame;
- Stack frame содержит локальные аргументы функции и возвращаемое значение;





# Классы управления памятью и областью видимости в C++

- Характеризуются тремя понятиями:
  - Время жизни. Продолжительность хранения данных в памяти;
  - Область видимости. Части кода, из которых можно получить доступ к данным;
  - Связывание (linkage). Если к данным можно обратиться из другой единицы трансляции - связывание внешнее (external), иначе связывание внутреннее (internal);

# Автоматический/регистровый (register)

- Время жизни: автоматическое (блок)
- Область видимости: Блок
- Связывание: отсутствует

```
{  
    int i = 5;  
}
```

```
if (true) {  
    register int j = 3;  
}
```

# Статический без связывания

- Время жизни: статическое
- Область видимости: Блок
- Связывание: отсутствует

```
void foo()  
{  
    static int j = 3;  
}
```

# Статический с внутренним связыванием

- Время жизни: статическое
- Область видимости: файл
- Связывание: внутреннее

```
static int j = 5;
```

Инициализируется до входа в main.

# Статический с внешним связыванием

- Время жизни: статическое
- Область видимости: файл
- Связывание: внешнее

```
// *.cpp
```

```
int i = 0;
```

```
// *.hpp
```

```
extern int i;
```



**Куча (heap)**

---

# Heap

```
// Возвращают непустой указатель на
// выделенную область памяти или NULL.
void *malloc(size_t size);
void *calloc(size_t nobj, size_t size);
void *realloc(void *ptr, size_t new_size);

void free(void *ptr);
```

# Heap

```
// можно (int*)(sizeof(int)), но лучше так не делать!  
int *i = static_cast<int *>(malloc(sizeof(int)));  
std::string *name = new std::string();  
char *data = new char[5];  
  
...  
free(i);  
delete(name);  
delete[] data;
```



1. Скотт Мейерс. Наиболее эффективное использование C++. Правило 2. Предпочитайте приведение типов в стиле C++.
2. Скотт Мейерс. Эффективное использование C++. Правило 16. Используйте одинаковые формы new и delete.



# Heap

```
int *ptr1 = new int[10];
```

```
int *ptr2 = ptr1 + 5;
```

```
ptrdiff_t d1 = ptr2 - ptr1; // d1 = 5
```

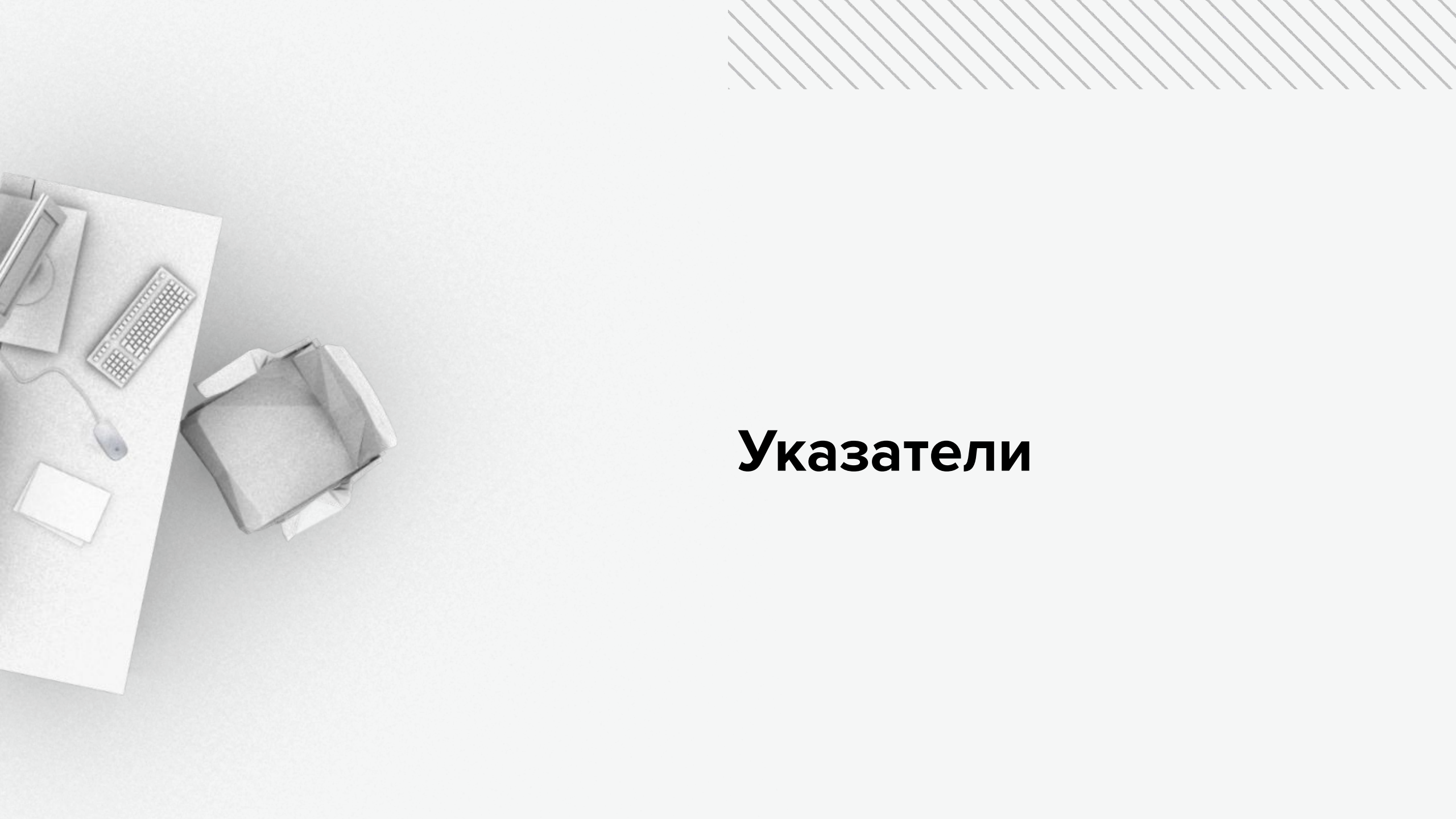


1. Скотт Мейерс. Наиболее эффективное использование C++. Правило 2. Предпочитайте приведение типов в стиле C++.
2. Скотт Мейерс. Эффективное использование C++. Правило 16. Используйте одинаковые формы new и delete.

---

# Heap

- new то же, что и malloc, только дополнительно вызывает конструкторы;
- Внутри malloc есть буфер, если в буфере есть место, ваш вызов может выполняться быстро;
- Если памяти в буфере нет, будет запрошена память у ОС (sbrk, VirtualAlloc) - это дорого
- ОС выделяет память страницами от 4 Кб, а может быть и все 2Мб
- Стандартные аллокаторы универсальные, то есть должны быть потокобезопасны, быть одинаково эффективны для блоков



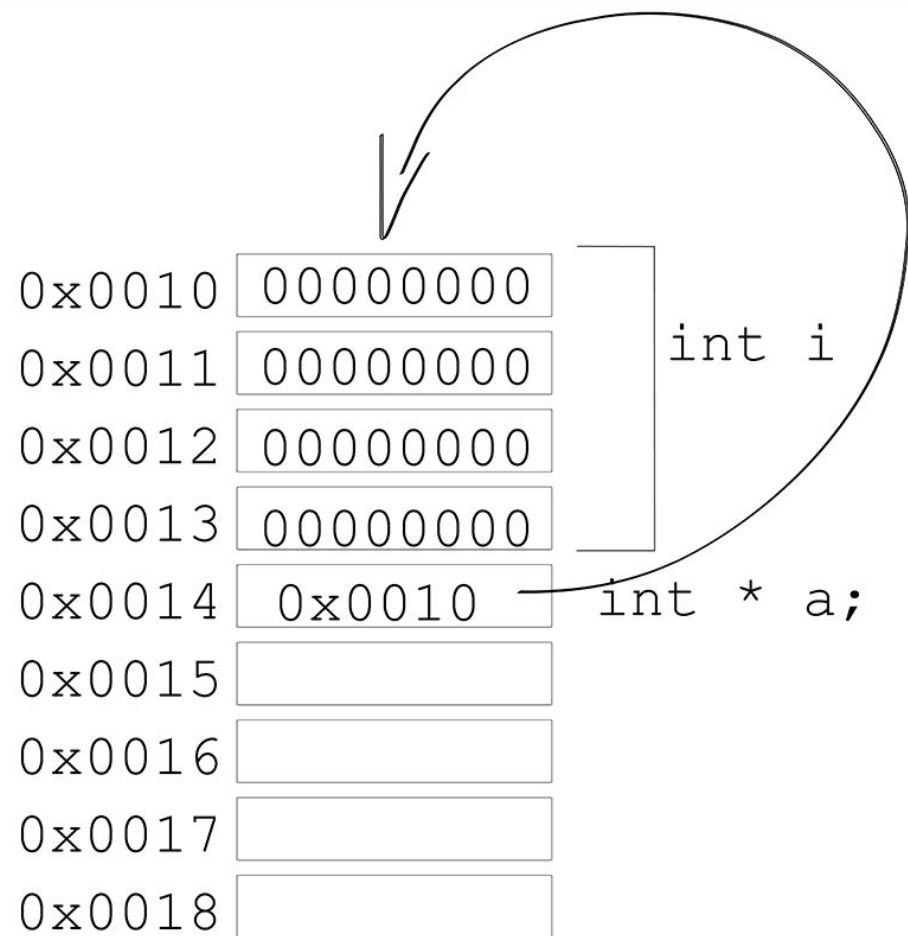
# Указатели

# Указатели

- Указатель - это переменная, содержащая адрес другой переменной.
- Для нулевого указателя используется одно из: `0`, `NULL` (C-style) или `nullptr` (современный C++);
- `nullptr` - можно рассматривать как указатель *любого* типа;
- Основной операцией над указателями является разыменование - `*` - получение объекта, на который указывает указатель.
- Другая операция - `&` - взятие адреса



# Указатели



# Указатели

- Для любого объекта `x`, выражение `&x` возвращает адрес `x`;
- Если у `x` тип `T`, то у `&x` будет тип “указатель на T”;

```
int i;
```

```
unsigned long ul;
```

```
int *pi = &i;
```

```
unsigned long *pul = &ul;
```

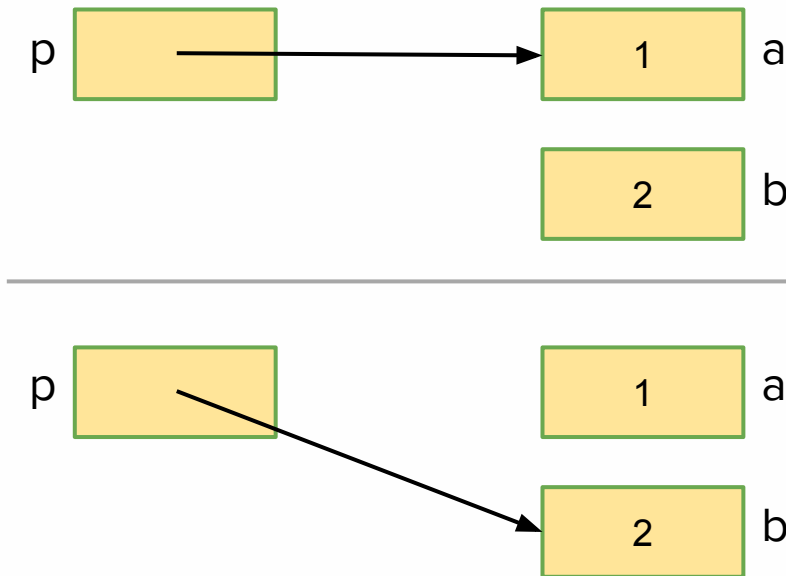
# Указатели

- Указатель может указывать на разные объекты в разное время в отличие от ссылок

```
int a = 1, b = 2;
```

```
int *p = &a;
```

```
p = &b;
```



# Указатели

- Ссылка всегда определена в отличие от указателя;

```
char *ch = nullptr; // Всё хорошо, указатель ссылается на nullptr;
```

```
char &ch_ref; // Ошибка, ссылка не инициализирована!
```

```
char &ch_ref = *ch; // Так можно, но если у вас возникает желание писать  
такой код, то лучше отказаться от идеи использовать ссылки.
```





# Вопросы

1. Какой результат сравнения?

`NULL == nullptr`

2. `Obj *op = new Obj;`

`Obj *op2 = op;`

`delete op;`

`delete op2;`

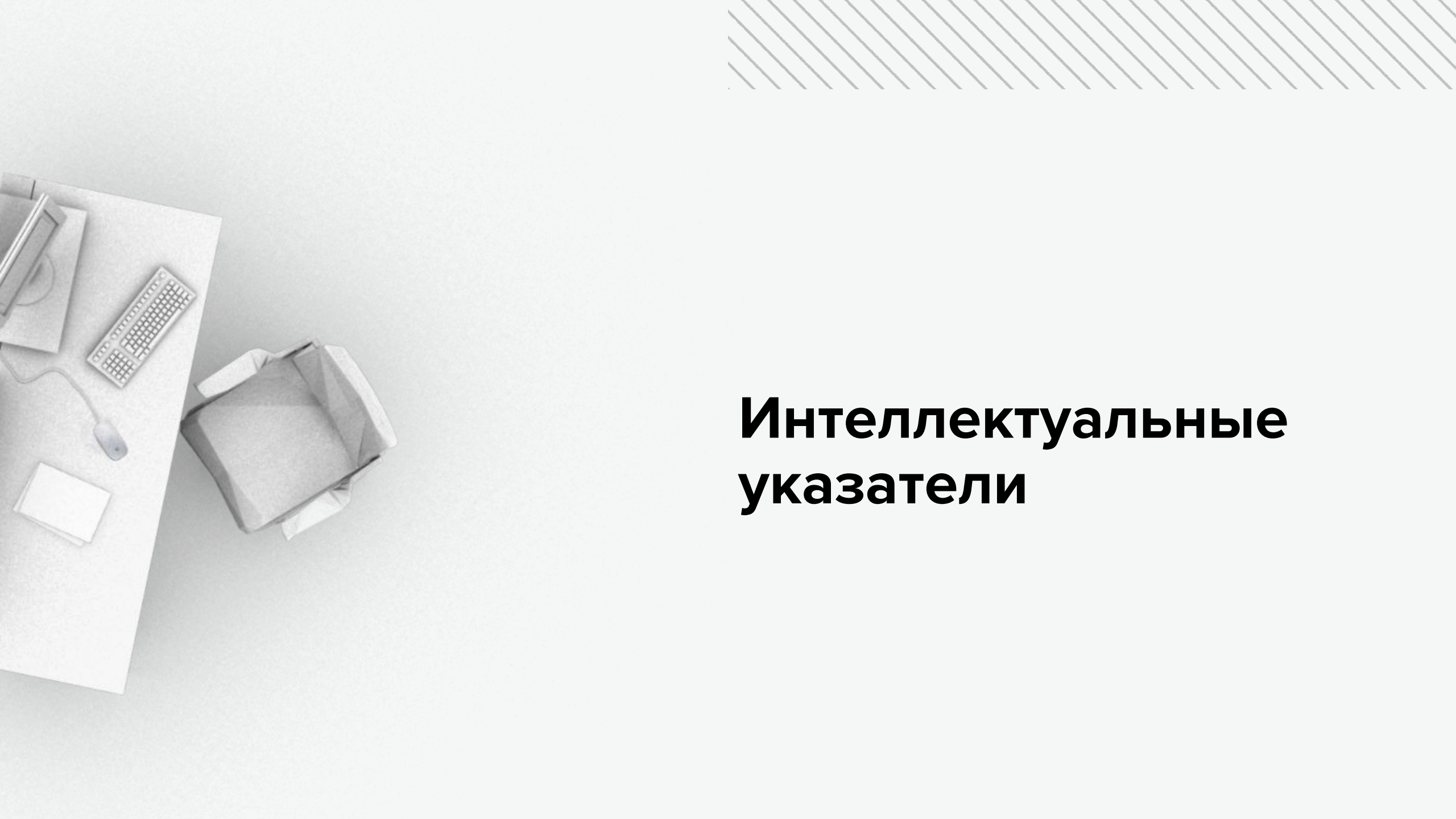
- `void f(int i);`  
`void f(char *s);`  
`f(NULL);`  
`f(nullptr);`

# Ответы

1. true, гарантировано стандартом

Two operands of type `std::nullptr_t` or one operand of type `std::nullptr_t` and the other a null pointer constant compare equal.

2. Неопределённое поведение, но скорее всего runtime error;
3. `f(NULL);` // Вызовется `f(int)`  
`f(nullptr);` // Вызовется `f(char *)`



# **Интеллектуальные указатели**

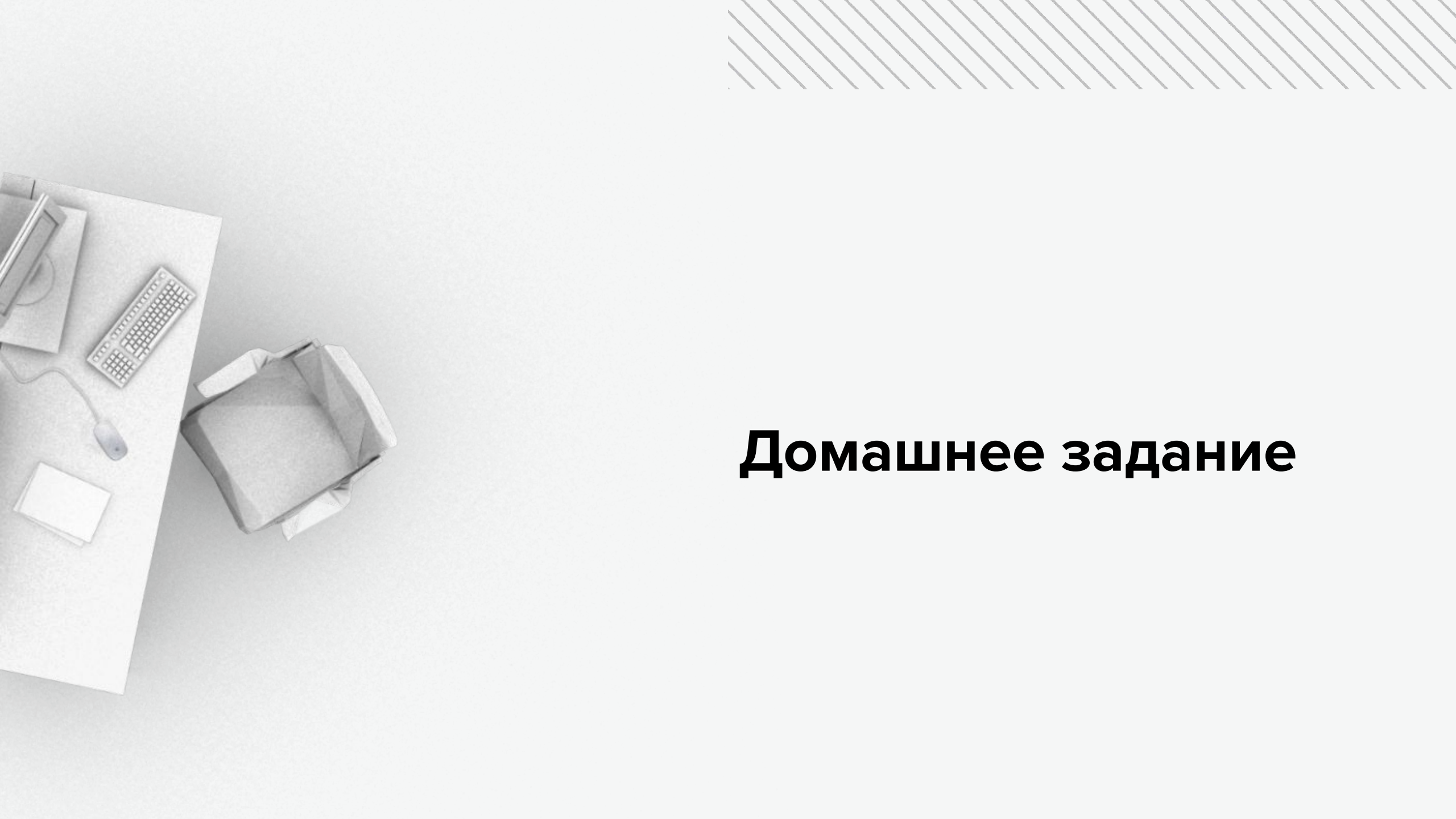
# Интеллектуальные указатели (smart pointers)

- Объявления указателя не даёт информации о том, указывают ли они на один объект или на массив;
- Объявление указателя ничего не говорит о том, должны ли вы уничтожить то, на что он указывает, когда завершите работу;
- Если требуется вызвать `delete`, то причина 1 означает, что нет никакого способа узнать, следует ли использовать оператор для удаления одного объекта (`delete`) или для удаления массива (`delete []`);
- Обычно нет способа выяснить, не является ли указатель висячим.



# Виды интеллектуальных указателей

- `std::auto_ptr`
- `std::unique_ptr`
  - Воплощает в себя семантику исключительного владения;
  - Копирование `std::unique_ptr` не разрешается;
- `std::shared_ptr`
  - Воплощает в себя семантику совместного владения;
  - Все указатели, указывающие на объект, сотрудничают для обеспечения гарантии, его уничтожение произойдёт в точке, где он станет более ненужным.
- `std::weak_ptr`



# Домашнее задание



## О домашних заданиях (1)

- В вашем GitHub должен быть репозиторий `msu_cpp_autumn_2020`;
- Внутри репозитория должны быть директории из двух цифр, вида: 01, 02 и т.д. — это номера домашних заданий;
- Внутри каждой директории могут быть любые файлы реализующие задачу. Обязательным является только файл `Makefile`;
- В `Makefile` обязательно должны быть цель `test`, которая запускает тесты вашего решения;
- Собираться ваш код должен компилятором поддерживающим стандарт C++17;

## О домашних заданиях (2)

- Внешних зависимостей быть не должно;
- Код решения должен быть отформатирован, так проще его читать. Не забывайте про отступы;
- О том, что вы выполнили работу надо сообщать Семеновой Анастасии, к комментарию необходимо добавить вашу ссылку на GitHub;
- Максимальное количество попыток сдачи одного задания - 3.

Для допуска к экзамену должны быть выполнены **BCE** задания!



# Домашнее задание (1)

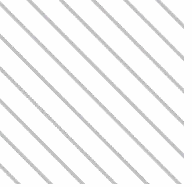
Написать свой аллокатор со стратегией линейного выделения памяти со следующим интерфейсом:

```
class Allocator
{
public:
    void makeAllocator(size_t maxSize);
    char* alloc(size_t size);
    void reset();
};
```

---

## Домашнее задание (2)

При вызове `makeAllocator` аллоцируется указанный размер, после чего при вызове `alloc` возвращает указатель на блок запрошенного размера или `nullptr`, если места недостаточно. После вызова `reset` аллокатор позволяет использовать свою память снова.



---

## Домашнее задание по уроку #2

Домашнее задание №1

#043

?

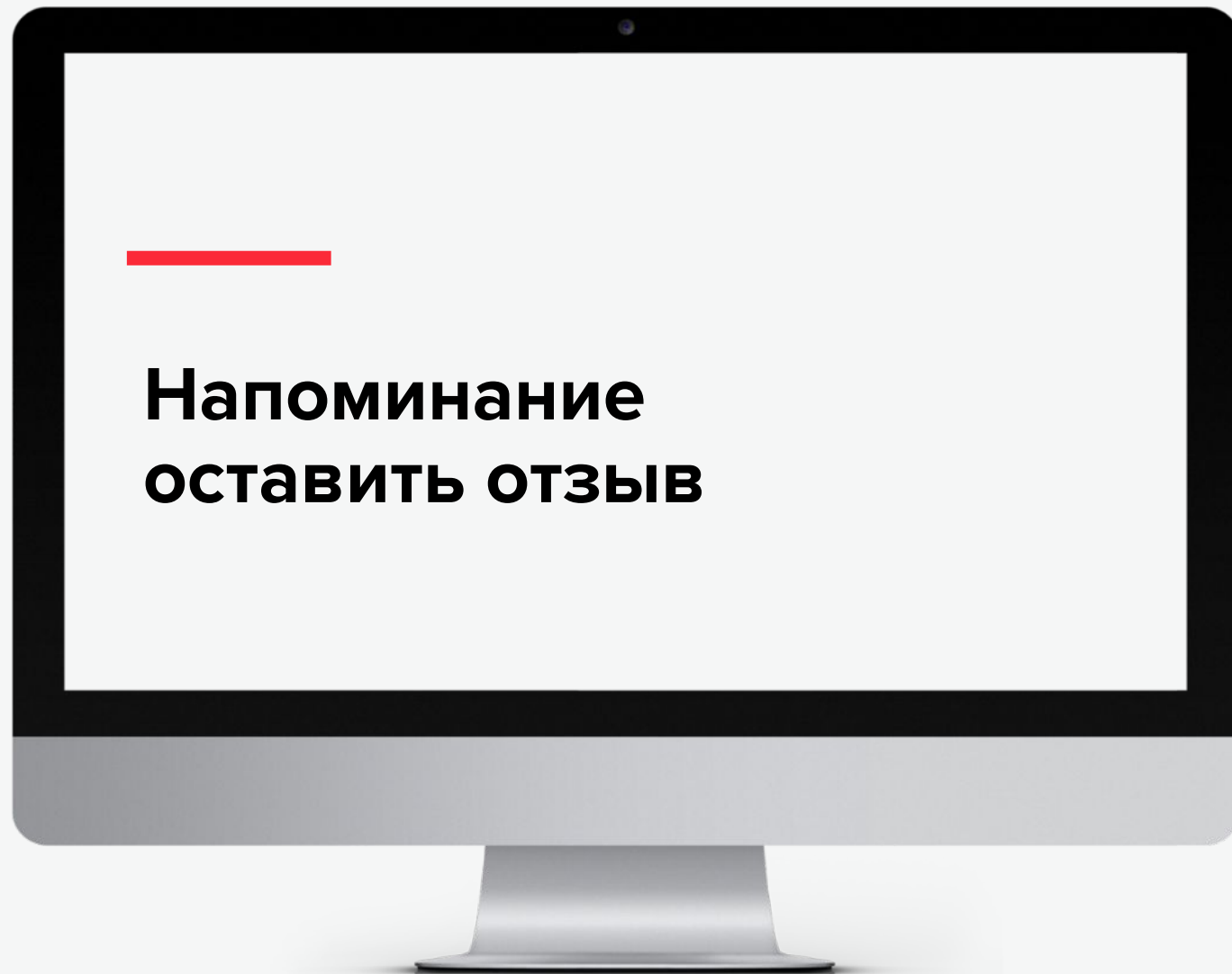
Баллов  
за задание

15.10.20

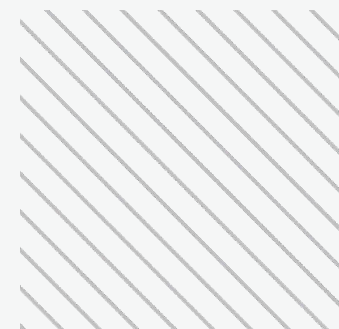
Срок  
сдачи

### Полезная литература в помощь

- Э. Таненбаум. “Архитектура компьютера”
- Э. Таненбаум, А. Вудхалл. “Операционные системы. Разработка и реализация”
- У. Ричард Стивенс, Стивен А. Раго “UNIX. Профессиональное программирование”



**Напоминание  
ОСТАВИТЬ ОТЗЫВ**



**СПАСИБО  
ЗА ВНИМАНИЕ**

