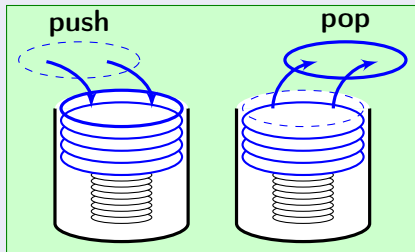


# Концепция классов

👉 В C++ класс это составной, пользовательский тип данных

Зачем нужны классы если уже есть структуры?!

Рассмотрим на примере реализации стека



«Столпа» чисел: добавление и извлечение только «сверху»

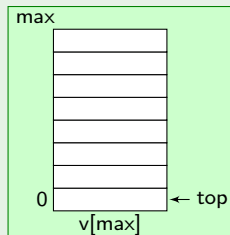
# Простейший стек в C

## 0 декларация типа

```
struct stack {  
    double* v;  
    int top;  
};  
typedef struct stack Stack;
```

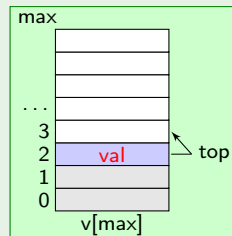
## 1 инициализация

```
void init(Stack *S) {  
    const int max = 20;  
    S->v = (double*)  
        malloc(max*sizeof(S->v[0]));  
    S->top = 0;  
}
```



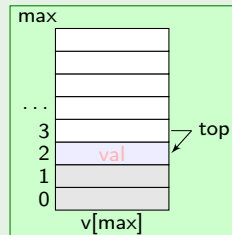
## 2 добавление элемента

```
void push(Stack *S, double val) {  
    S->v[ S->top ] = val;  
    (S->top)++;  
}
```



## 3 извлечение элемента

```
double pop(Stack *S) {  
    (S->top)--;  
    return (S->v[S->top]);  
}
```



## Пример использования

```
Stack S;  
init(&S);           // initialize  
  
push(&S,2.31);      // push a few elements  
push(&S,1.19);      // on the stack...  
  
printf("%g\n",pop(&S)); // 1.19 use return value in printf  
  
push(&S,6.7);  
push(&S,pop(&S)+pop(&S)); // replace top two elements by their sum  
printf("sum= %g\n",pop(&S)); // sum= 9.01
```

... Что же не так?

## Легко получить ошибку во время исполнения (run time errors)

```
Stack A,B;  
init(&A);  
push(&B, 3.141);           // core dump: didn't initialize B  
  
double x = pop(&A);         // A is empty! stack is now in corrupt  
                           // state; x's value is undefined  
  
A.top = -42;                // don't do this!  
A.v[3] = 2.13;             // don't do this!  
  
init(&A);                   // just wiped out A, memory leak  
init(&B);  
  
B = A;                      // weird, but legal, memory leak
```

## Недостатки реализации стека со `struct`

- ❗ Инициализация стека должна быть выполнена «вручную», но повторная инициализация очищает старые данные и приводит к утечке памяти
- ❗ Все внутренние переменные доступны для модификации, данные могут быть легко испорчены, что приводит к труднонаходимым ошибкам
- ❗ Операция присвоения `A=B` для структур содержащих указатели приводит к появлению «двойных ссылок» и утечке памяти
- ❗ Связь функций работающих со структурами и самих структур неочевидна, имена `init()`, `pop()`, `push()` могут встретиться где угодно
- ❗ Стек только для `double`, для `int` надо всё переписывать

# Класс: основные понятия


- 1 Инкапсуляция (*encapsulation*): и данные и функции помещаются внутрь класса: **class  $\approx$  C-structure + functions**
- 2 Разграничение уровня доступа (*data hiding*)
  - public:** данные и функции из этой части доступны всюду
  - private:** можно использовать только в функциях этого же класса

```
class Stack {  
    public:                // открытая часть (доступно всем)  
        Stack(unsigned int max); // конструктор (инициализация)  
        ~Stack();             // деструктор  
        void push(double val); // функция-1  
        double pop();          // функция-2  
    private:                // закрытая часть (для внутреннего использования)  
        double* v;           // контейнер для стека  
        int top;             // «верхушка» стека  
};
```

- 3 Конструктор – специальная функция инициализации: **автоматически вызывается** в момент создания объекта; таких функций может быть несколько, для разных сценариев инициализации

### Имя конструктора совпадает с именем класса

```
Stack(unsigned int max=20U) {  
    top = 0;  
    max = (max > 20U) ? max : 20U;  
    v = new double[max];  
}
```

- 4 Деструктор – функция завершения жизни объекта:  
**автоматически вызывается** чтобы освободить ресурсы  
 в случае Stack надо освободить память

### Имя деструктора = ~ + имя класса

```
~Stack() { delete[] v;} // освобождение памяти
```



- 5 Функции класса (методы): их можно переопределять
- 👉 можно вызывать только для объектов данного класса
  - 👉 имеют доступ ко всем полям собственного класса

### Пример: две функции push()

```
void push(double val) { v[top++] = val; }  
void push(int val)    { v[top++] = double(val); }
```

- 6 Можно переопределять (перегружать) существующие операции:
- = + - \* ++ -- += << ...

### Пример: переопределение оператора вывода на печать

```
std::ostream& operator<<(std::ostream& os, const Stack& s) {  
    ...  
    return os;  
}
```

- 7 Механизм наследования классов, иерархия классов ...

# Стек в C++ (простая, «наивная» реализация)

Описание класса обычно помещают в отдельный файл Stack.h

```
#ifndef _Stack_h
#define _Stack_h
class Stack {
public:
    Stack(unsigned int max=20U) : top(0) {
        max = (max > 20U ) ? max : 20U;
        v = new double[max];
    }
    ~Stack() { delete[] v;}
    void      push(double val) { v[top++]=val; }
    double    pop()           { return v[--top]; }
private:
    double*   v;
    int       top;
};
#endif
```

## Проверка на ошибки: Stack в C++

```
Stack A,B;           // ctor -> initialize A and B
// init(&A);        // forget it, it done in ctor
B.push(3.141);        // OK!
```

```
double x = A.pop(); // still an error: A is empty
```

```
A.top = 42;         // Compilation error: 'int Stack::top' is private
A.v[3] = 2.13;      // Compilation error: 'double* Stack::v' is private
```

```
// init(&A);         // impossible, let's try call ctor
Stack A;           // Compilation error: redeclaration of 'Stack A'
// init(&B);        // forget it, it done in ctor
```

```
B = A;               // still weird, but can be fixed: see operator=()
```

# Декларация класса

```
class Name_of_class {  
    int var1;                // default section = private  
    public:                  // public section  
        double var2;  
        int func2();  
    private:                 // private section  
        int* var3; void* func3();  
    public:                  // public section  
        Name_of_class(int a); // ctor: may be missing  
        ~Name_of_class();    // dtor: may be missing  
}; // <- semicolon required!
```

- 1 Действие меток `public:` и `private:` простирается от места их объявления до следующей метки или до конца класса
- 2 По умолчанию в классе действует правило `private`

# Служебное слово `struct`

`struct` in C++: класс в котором по умолчанию действует `public`

пример

```
struct print {  
    int count;                // variable  
    print() : count(0) {}    // constructor  
    void operator() (int x) { // member function  
        cout << x << ' '; ++count; }  
};
```

## Агрегатная инициализация структур

пример

```
struct Simple { int a; double b; };  
Simple A {1, 0.2 }; // Aggregate initialization  
cout << "A.a= " << A.a << " A.b= " << A.b << '\n'; // A.a= 1 A.b= 0.2
```

☞ Не должно быть: конструкторов, приватных членов, наследования ...

# Деструктор (dtor)

«Функция» автоматически выполняемая при уничтожении объекта

- основное назначение – освобождение ресурсов «захваченных» объектом: освобождение памяти, закрытие файлов и так далее
- имя деструктора строится по схеме: тильда + имя класса: `~Stack()`  
👉 нет ни параметров ни возвращаемого значения: имеется единственный вариант написания
- если нет явно объявленного деструктора, компилятор сам создаст деструктор по умолчанию
  - ✓ можно попросить компилятор создать деструктор по умолчанию:

```
~Stack(){};           // default dtor in C++98  
~Stack() = default;   // default dtor in C++11
```

👉 явно вызывать деструктор не надо!

# Конструктор (ctor)

Конструктор – «функция» для инициализации объектов класса

- имя конструктора совпадает с именем класса: `Stack()`  
🚫 нет никакого возвращаемого значения

Может быть несколько конструкторов различающихся сигнатурой

// конструкторы по умолчанию

```
Stack S;  
Stack* pS = new Stack;  
Stack S2 = Stack();  
Stack S3 {}; // C++11
```

// копирующие конструкторы

```
Stack C(S);  
Stack* pC = new Stack(S);  
Stack C2 = Stack(S);  
Stack C3 {S}; // C++11
```

Stack T1(30), T2(50); // конструкторы "общего вида"

```
Stack* pT = new Stack(50);
```

```
Stack T3 {1,2,3}; // инициализация списком C++11
```

# Конструктор по умолчанию

👉 это конструктор, который можно вызвать без аргументов

- если **нет ни одного явно объявленного конструктора**, компилятор сам создаст конструктор по умолчанию
  - ✓ можно попросить компилятор создать конструктор по умолчанию:

```
Stack(){};           // default ctor in C++98
```

```
Stack() = default;   // default ctor in C++11
```

```
struct A {  
    int a;  
    A(int b=0): a(b) {} // user defined default ctor  
};  
struct B {  
    A a;  
}; // B::B() is implicitly defined ctor, calls A::A()
```



# Инициализация внутри класса в C++11

## In-class member initializers

- для любой переменной внутри класса можно указать значение, которое будет использовано при инициализации
- в конструкторах эти переменные могут использоваться и изменяться

```
class Stack {  
    explicit Stack(int cap = 0) {  
        if ( cap > capacity ) {capacity = cap;}  
        v = new double[capacity];  
    }  
    ...  
private:  
    double*      v = nullptr;  
    int          top = 0;  
    int          capacity = 20;  
};
```

# Копирующий конструктор

- Один аргумент, ссылка на объект класса того же типа:  
`Stack(const Stack& S); // copy ctor for Stack`
- Если не объявлен явно, то создается компилятором: копирует каждый элемент класса
- ☞ Использование копирующего конструктор «от компилятора» может приводить к ошибкам времени исполнения

## Пример: проблемы с копированием Stack

```
Stack T(S); // copy constructor, или Stack T = S;  
T.push(3.3);  
S.push(2.2);  
cout << T.pop() << endl; // 2.2
```

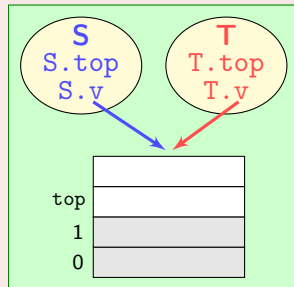
при завершении программы ☞ Aborted: double free or corruption

## Что происходит?

- «псевдокод» создаваемый компилятором:

```
Stack(const Stack& S) {  
    v = S.v; // здесь ошибка!  
    top = S.top;  
    ...  
}
```

- ✗ Вызов `Stack T(S)` приводит к тому, что S и T используют одну и ту же области памяти для хранения содержимого стека



# Явное определение копирующего конструктора

## Разрешающее определение: правильный конструктор в `public`

```
Stack::Stack(const Stack& a) : top(a.top) {  
    v = new double[max(top,20)]; // Выделяем новую память!  
    for(int i = 0; i < top; i++) {v[i] = a.v[i];} // копируем содержимое  
}
```

## Запрещающее определение:

- **C++98:** помещаем конструктор в `private` секцию:

`private:`

`Stack(const Stack& a);`

- **C++11:** в любом месте, например, в списке конструкторов:

`Stack(const Stack& a) = delete;`

# Оператор присваивания =

оператор типа: `CLASS& operator=(const CLASS& a)`

- копирует **в имеющийся объект** содержимое другого объекта класса
- по умолчанию создается компилятором

могут возникнуть проблемы ...

```
Stack S,T; // создаем стеки S и T
T = S; // копируем S T
T.push(3.3);
S.push(2.2);
cout<<T.pop()<<endl; // 2.2 ... в конце 📢 double free or corruption
```

📢 **Дополнительная проблема:** `T = S` переписывает `T.v` и, следовательно, теряется доступ к ранее выделенной памяти: **memory leak**

## Переопределение оператора присваивания:


```
Stack& Stack::operator=(const Stack& a) {  
    if ( this == &a ) return *this; // проверка что это не S = S;  
    top=a.top;  
    delete [] v; // free old memory  
    v = new double [max(20,top)]; // allocate new memory  
    for(int i = 0; i < top; i++) v[i] = a.v[i]; // copy content  
    return *this; // must be for chain: S1=S2=S3  
}
```

## Запрещающая декларация:

- **C++98:** декларация оператора в **private**  
**private:**  
Stack& operator=(const Stack& a);
- **C++11:** в любом месте (в списке операторов):  
Stack& operator=(const Stack&) = delete;

# Декларации `=default` и `=delete` в C++11

Используются для конструкторов, деструктора и `operator=()`

 указание компилятору:

`= default` – создать «функцию» по умолчанию

`= delete` – запретить использование «функции» данного вида

```
struct A {  
    A() = default;           // ctor по умолчанию  
    ~A() = default;         // dtor по умолчанию  
};  
  
struct B{  
    B() = delete;            // запрет ctor по умолчанию  
    B(const B&) = delete;    // запрет copy ctor  
    B& operator=(const B&) =delete; // запрет присваивания  
    ~B() = delete;          // запрет dtor  
};
```

Дополнительные слайды



# Ссылки как члены класса

👉 Ссылка должна явно инициализироваться в конструкторе

- ❶ Конструктор по умолчанию невозможен
- ❷ Оператора копирования нет: должен быть запрещен

```
struct TestRefMem {  
    int& v;  
    TestRefMem(int& i): v(i) {} // 'TestRefMem::v' ссылка на 'i'  
    TestRefMem& operator=(const TestRefMem&) = delete; // явный запрет  
};  
  
int i {1}, j {2};  
TestRefMem a(i), b(j);  
a=b; // compilation error  
  
TestRefMem c(a); // copy ctor is OK!  
i = 10;  
cout << " c.v= " << c.v << endl; // c.v= 10
```