Java

Author: Daria Shutina

23-02-02

Типизация

Статическая и динамическая типизация

Статически типизированные языки чётко определяют типы переменных. Типы проверяются во время компиляции. Код не скомпилируется, если типы не совпадают.

Каждое выражение в статически типизированном языке относится к определенному типу, который можно определить без запуска кода. Иногда компилятор может сам вывести тип, если он не указан явно. Например, в хаскелле функция `add x y = x + y` принимает числа (и возвращает число), потому что `+` работает только на числах.

Динамически типизированные языки не требуют указывать тип, но и не определяют его сами. Например, в питоне функция `def f(x, y): return x + y` может принимать и числа, и строки. Переменные `x` и `y` имеют разные типы в разные промежутки времени.

Говорят, что в динамических языках значения обладают типом (`1` $\Rightarrow$ `Integer`), а переменные и функции — нет (`x` и `y` могут быть чем угодно в примере выше).

Сильная и слабая типизация

Типизация сильная, если нет неявных преобразований типов.

Типизация слабая, если возможны неявные преобразования типов.

Граница между "сильным" и "слабым" размыта. Мяу.

О языке

- Кроссплатформенный, преимущественно объектно-ориентированный ЯП.
- Обладает совместимостью: старый код будет компилироваться на джаве более новой версии либо без изменений, либо с минимальными изменениями.
- Есть строгая спецификация языка и JVM. У каждой версии своя спецификация.
- Статическая типизация
- Автоматическое выделение памяти (thanks tgarbage collection)

Общие слова

`jshell` (джей эс хелл) -- интерактивная штука для мгновенного запуска кода; является REPL (read-evaluate-print-loop).

```java
public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println("aboba");
    }
}
```

`System.out.println("aboba");` -- это statement.

`System.out.println("aboba")` -- это expression и вызов метода.

`System.out` является *квалификатором* для метода `println` (как и `System` для `out` в `System.out`).

Переменные

Название	Класс-обёртка	MIN_VALUE	MAX_VALUE
byte	Byte	$-2^7 = -128$	$2^7-1 = 127$
short	Short	$-2^{15} = -32\,768$	$2^{15}-1 = 32\,767$
char	Character	0	$2^{16}-1 = 65\,535$
int	Integer	$-2^{31} = -2\,147\,483\,648$	$2^{31}-1 = 2\,147\,483\,647$
long	Long	$-2^{63} \approx -9 \cdot 10^{18}$	$2^{63}-1 \approx 9 \cdot 10^{18}$

При объявлении переменной её тип не обязательно писать. Для этого используется `var`:

```java
int x;
x = 5;
var y = 5;
```

Тип выявляется неявно, но нужно обязательно проинициализировать переменную.

Если попытаться вывести непроинициализированную переменную, код не скомпилируется:

```
int x;
System.out.println(x); // does not compile
```

При передаче переменной в метод значение переменной копируется. Если это ссылочный объект, то внутри него хранится ссылка, следовательно, ссылка и копируется для метода.

Целочисленные литералы

число	префикс
int	-
long	L
двоичное	0b
восьмиричное	0 (это ноль)
шестнадцатиричное	0x

Чтобы визуально разделить число на фрагменты, можно использовать нижнее подчеркивание: `1_000_000`.

Вещественные литералы

число	суффикс
double	D (1D)
float	F (1F)
с экспонентой	1.6e-19 = $1,6 \cdot 10^{-19}$

equals()

В случае объектов, в перменной хранится ссылка на него. Получается, что оператор `==` будет сравнивать адреса объектов, а не сами объекты.

Можно использовать метод `equals()`, живущий в классе `Object`. По умолчанию, он работает, как и оператор `==`, но его можно переопределить:

```
1  public class MyClass {
2      int id;
3
4      public boolean equals(MyClass otherClass) {
5          return this.id ==  otherClass.id;
6      }
7
8      public static void main(String[] args) {
9          var o1 = new MyClass();
10         o1.id = 1;
11         var o2 = new MyClass();
12         o2.id = 1;
13         System.out.println(o1.equals(o2));
14     }
15 }
16
```

Дети, всегда используйте метод `equals()`!!

String pool

String pool -- специальная область для хранения строк, созданная ради экономии памяти. В него помещается нужная строка (если её там не было ранее), и в дальнейшем новые переменные ссылаются на одну и ту же область памяти.

Если создавать переменную как `new String("aboba")`, то оператор `new` принудительно создает для строки новую область памяти, не добавляя ее в пулл строк.

У строк есть метод `intern()`. Он проверяет, есть ли строка в пулле; если нет, создаёт её; потом возвращает адрес строки.

```java
public class Main {
   public static void main(String[] args) {
       var s1 = "aboba";
       var s2 = new String("aboba");
       System.out.println(s1 == s2.intern());
   }
}
```

Пример

```
s1 = "aboba";
s2 = new String("aboba");
```

Выражение `s1 == s2` вернет `false`, потому что у объектов разные адреса.

Но `s1.equals(s2)` вернет `true`, потому что у класса `String` переопределен метод `equals`.

Если при сравнении не важен регистр, можно использовать метод `equalsIgnoreCase()`.

Unicode в джаве

По умолчанию, в джаву добавили только Unicode. От остальных кодировок отказались, чтобы не было путаницы.

Некоторые термины Unicode

сурс: http://www.unicode.org/glossary/

✓Code point – номер символа (0-0x10FFFF = 1114111)
✓Basic Multilingual Plane (BMP) – символы 0-65535 ('\uFFFF'), «плоскость 0»
✓Supplementary Plane – плоскости 1-16 (символы 0x10000-0x10FFFF)
✓Surrogate code point – 0xD800-0xDFFF
✓High surrogate code point – 0xD800-0xDBFF
✓Low surrogate code point – 0xDC00-0xDFFF
✓Code unit – минимальная последовательность бит для представления кодовых точек в заданной кодировке
    ✓UTF-8: 1 байт, 0..255
    ✓UTF-16: 2 байта, 0..65535 (Java!)
    ✓UTF-32: 4 байта

Символы за пределами плоскости 0 называются surrogate pair. Состоят из двух code-юнитов: первый -- high surrogate, второй -- low surrogate.

Специальные символы в джаве состоят из двух байтов. `char` может содержать только один. Поэтому если хочется использовать какие-то специальные символы, то писать их нужно в `String`, а не в `char`:

```
public static void main(String[] args) {
    char c = '😀';
    System.out.println(c);  // ==> ?
    String s = "😀";
    System.out.println(s);  // ==> 😀
}
```

NaN

= Not-A-Number. Используется, чтобы представить математически неопределенное число (i.e. деление на ноль, $\sqrt{-1}$).

Значение NaN нельзя ни с чем сравнить. Выражение `Float.NaN == Float.NaN` вернет `false`, а `Float.NaN != Float.NaN` вернет `true`. Чтобы проверить, является ли значение NaN, используется метод `Float.isNaN()`.

Константы времени компиляции

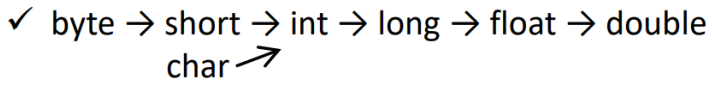
- Литералы (числа, строки)
- Инициализированные final-переменные примитивных типов и типа String, если инициализатор – константа (`final int i = 1;`)
- Операции над константами
- Конкатенация строк
- Скобки
- Условный оператор, если все операнды – константы.

Type cast (приведение типов)

```java
int x = 128;
byte c = (byte) x;
```

Преобразование типов

Расширяющее

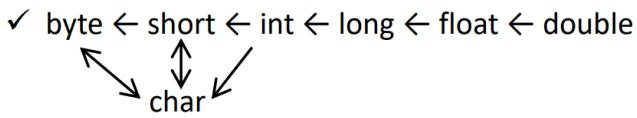



```java
short s = b;
int i = s;
long l = i;
float f = l;
double d = f;
```

Потеря точности:
- ✓ int → float
- ✓ long → float
- ✓ long → double

Откуда потеря точности? У `double` есть ограничение на целую часть: она не может быть больше 10^{15}, потому что чисел после запятой может быть и бесконечное количество. А `long` может быть больше 10^{15}.

Сжимающее



Приведение типа (type cast)

```java
float f = (float) d;
long l = (long) f;
int i = (int) l;
short s = (short) i;
char c = (char) s;
byte b = (byte) c;
```

Потеря точности/переполнение:
всегда

Детали

Расширяющие и сжимающие преобразования требуют явного каста. Но можно написать и так:

```
final int i = 2;
byte c = i;
```

Это константа времени компиляции. Компилятор неявно преобразует число в нужный тип.

При этом если значение переменной выйдет за рамки значений типа, к которому кастуем, код не скомпилируется:

```
final int i = 128;
byte c = i;
// error: incompatible types: possible lossy conversion from int to byte
```

Преобразования типов в выражениях

- Унарные операции, битовый сдвиг, индекс массива: `byte`, `short`, `char` $\longrightarrow$ `int`, остальные не меняются
- Бинарные операции -- есть определённая иерархия:
    1. Любой операнд `double` $\Rightarrow$ другой операнд `double`
    2. Любой операнд `float` $\Rightarrow$ другой операнд `float`
    3. Любой операнд `long` $\Rightarrow$ другой операнд `long`
    4. Иначе оба операнда `int`

Данный код не скомпилируется:

```
byte a1 = 1;
byte a2 = 2;
byte sum = a1 + a2;
// error: incompatible types: possible lossy conversion from int to byte
```

Пример

Дети, избегайте разных типов в одном выражении!!

(используйте промежуточные переменные)

```
double a = Long.MAX_VALUE;
long b = Long.MAX_VALUE;
int c = 1;

System.out.println(a+b+c); // 1.8446744073709552E19
// a + b -> double (переполнения нет)
//   + c -> double

System.out.println(c+b+a); // 0.0
// c + b -> long (переполнение)
//   + a -> double
```

Замечание

Если операции написаны сокращенно (`+=` вместо `var + var`), компилятор добавляет каст неявно:

```
byte b = 1;
b = b + 1; // не норм
b += 1;    // норм

char c = 'a';
c *= 1.2; // законно, но втф
```

Массивы

Массив -- это объект, живущий в на куче. Внутри массива хранятся *ссылки* на другие объекты.

Длина массива -- всегда константа. Она может быть не известна на этапе компиляции, но после выделения памяти длину массива нельзя поменять.

```java
int[] oneD = new int[10];

int[] oneD_init = new int[]{1, 2, 3, 4, 5};
// длина массива станет известна в момент выполнения этой строки

int[] oneDsimple = {1, 2, 3, 4, 5};

int[][] twoD = new int[2][5];

int[][] twoDsimple = { {1, 2, 3}, {4, 5}, {6} };
// массив ссылок на другие массивы
// длина компонент может быть разная
```

В памяти массив хранится в таком виде:

```
┌──────────────┬──────────────┬──────┬──────┬──────┐
│    type      │   length     │ [0]  │ [1]  │ [2]  │
└──────────────┴──────────────┴──────┴──────┴──────┘
```

Размеры двумерных массивов могут по-разному влиять на память.

`new int[2][500]` займет 4056 байт: $2 + 2 \cdot 2 + \textit{память для ячеек}$.

`new int[500][2]` займет 14016 байт: $2 + 500 \cdot 2 + \textit{память для ячеек}$. Тут нужно больше памяти для хранения информации `type+length`.

Операции с массивом

Методы класса `Array`: java.util.Arrays

```java
int[][] ints = { {1, 2, 3}, {4, 5}, {6} };

System.out.println(ints.length);

int[][] copy = ints.clone();
// скопировать значения массива. Для двумерных массивов клонируется только
верхний слой, в компонентах будут храниться ссылки на те же объекты

int[][] copyRange = Arrays.copyOfRange(ints, 1, 3);

System.out.println(ints == copy); // false
// `==` сравнивает адреса объектов

System.out.println(ints.equals(copy)); // false
// по умолчанию, `equals` сравнивает по адресам

```

```
System.out.println(Arrays.equals(ints, copy)); // true

System.out.println(ints); // [I@3cb5cdba
// абра кадабра

System.out.println(Arrays.toString(ints)); // [1, 3, 3, 2, 1]
// обычный вывод массива

Arrays.sort(ints);
```

23-02-16

Приоритет операций

Название	Символ
access	[] .
postfix	x++ x--
unary	++x --x +x -x ~ !
cast/new	(type) new
multiplicative	* / %
additive	+ -
shift	<< >> >>>
relational	< > <= >= instanceof
equality	== !=
bitwise AND	&
bitwise exclusive OR	^
bitwise inclusive OR	|
logical AND	&&
logical OR	||
ternary	?:
assignment	= += -= *= /= %= &= ^= |= <<= >>= >>>=

Пример тернарного оператора (ternary):

```
System.out.println(x > 0 ? "positive" : "negative or zero");
```

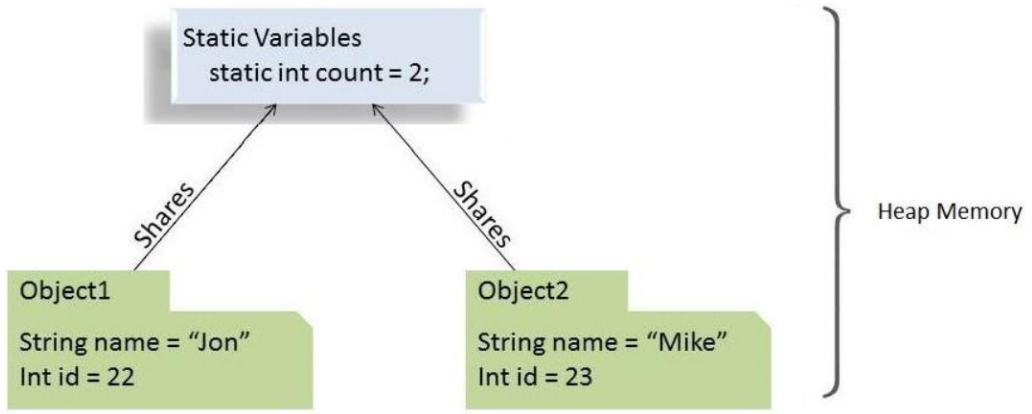
Значения по умолчанию в функциях

В джаве нет аргументов по умолчанию, но можно сделать так, с помощью перегрузки метода:

```
public static void main() {
    class Point {
        int x, y;

        void shift(int dx, int dy) {
            x += dx;
            y += dy;
        }

        void shift(int dx) {
            shift(dx, 0);
        }
    }

    Point p = new Point();
    p.x = 1;
    p.y = 1;
    p.shift(1, 1);
    p.shift(1);
}
```

Модификатор `static`

`static` у метода означает, что метод относится к самому типу, а не к инстансу этого типа. То есть статический метод будет общим у всех инстансов.



В статическом методе не передается ссылка на текущий объект `this` (он же общий), поэтому внутри него нет доступа к нестатическим объектам или нестатическим полям.

Обычно рекомендуется делать методы статическими, когда они никак не используют состояние объекта.

В джаве без использования класса нельзя даже использовать функцию `main`. Иногда бывает удобным вызывать методы без какого-то конкретного объекта (например, для `main`). Для этого методы классов помечаются `static`. Таким образом мы можем использовать метод, не создавая инстанс класса (вспомним функцию `main`).

Object

Объект -- область фиксированного размера в куче. Обладает фиксированной структурой, содержит заголовок и набор значений. Порядок данных внутри объекта не определен строго.

Объект любого типа наследуется от типа `java.lang.Object`.

Значение-ссылка может ссылаться на объект или на null, но не на конкретное поле объекта. Например, нельзя создать ссылку на элемент массива, потому что не понятно, в какой последовательности машина хранит данные в памяти.

Методы Object

Методы, которые есть предопределенные у каждом объекте:

- `toString()` -- можно переопределить. По умолчанию, для классов выводит хэш-код(?), для record классов выводит `<className>[field1=value, field2=value]`
- `equals()` -- можно переопределить
- `hashCode()` -- можно переопределить
- `getClass()` -- final-метод, нельзя переопределить
- `wait()`, `notify()`, `notifyAll` -- для многопоточки. final-методы, нельзя переопределить
- `clone()` -- можно переопределить

Классы

Создание

```
class Point {
    int x = 0; // значения по умолчанию
    int y = 0;

    Point(int x, int y) {
        this.x = x; // `this.` используется, чтобы как-то различать
        this.y = y; // название поля и название аргумента
    }

    // деструкторов в джаве нет
}
```

```
public static void main(String[] args) {
    Point p1 = new Point(1, 2);
    Point p2 = new Point(3, 4);

    // Создали два объекта на куче. В переменных `p1` и `p2`
    // хранятся ссылки на эти объекты.

    p1 = p2;
    // Поменяли ссылку, сохраненную в `p1`.
    // Теперь нет прямого доступа к первому объекту,
    // и сборщик мусора уничтожил первый объект.
}
```

Record

Records это неизменяемые дата классы, требующие только тип и имя полей. Используются как замена темплейтам, помогают избежать дублирование кода.

```
public record Person (String name, String address) {}
```

У records по умолчанию создаются и определяются:

- публичныq коструктор
- публичные геттеры, сеттеры
- метод `equals()`, который возвращает `true`, если все соответствующие поля будут одинаковые.
- метод `hashCode()`. Хэш коды будут одинаковые, если все соответствующие поля будут одинаковые.
- метод `toString()`

Можно изменять или добавлять реализацию конструктора:

```
public record Person(String name, String address) {
    public Person {  // меняет дефолтный конструктор
        Objects.requireNonNull(name);
        Objects.requireNonNull(address);
    }

    public Person(String name) {
        this(name, "Unknown");
    }
}
```

Статические переменные и методы

```
public record Person(String name, String address) {
    public static String UNKNOWN_ADDRESS = "Unknown";

    public static Person unnamed(String address) {
        return new Person("Unnamed", address);
    }
}
```

Обратиться к ним можно, используя имя record класса:

```
Person.UNKNOWN_ADDRESS;
Person.unnamed("aboba address");
```

`instanceof`

Оператор, чтобы проверить, является ли объект инстансом определенного класса:

```java
record Point(int x, int y) {
    void shift(int dx, int dy) {
        x += dx;
        y += dy;
    }
}

public static void process(Object obj) {
    if (obj instanceof Point) {
        Point point = (Point) obj;
        point.shift(1, 1);
    }
}
```

Концепция "instanceof + каст" популярна, поэтому в язык добавили фичу:

```java
if (obj instanceof Point point) {
    point.shift(1, 1);
}
```

Объект `point` создаётся только в том случае, если условие вычисляется в `true`.

Интерфейсы

Интерфейс описывает поведение объектов, его реализующих, и способы взаимодействия с такими объектами. Важное отличие интерфейса от класса в том, что интерфейс не определяет внутреннее состояие объекта. Нельзя создать экземпляр интерфейса и в интерфейсе нет контрукторов.

У интерфейса есть методы, абстрактные по умолчанию (нет тела функции). Интерфейс также может содержать константы, обычные и статические методы, вложенные типы. Тела методов существуют только для обычных и статических методов.

Поля в интерфейсе могут быть, но они обязаны быть `static` и `final`.

Интерфейс определяет двухсторонный контракт -- требования к реализации и к использованию. Требования выражаются:

- в сигнатурах методов. Проверяется компилятором.
- в аннотациях. Проверяются процессорами аннотаций, статическим анализов и т.д. Пример -- Javadoc, комментарии специального формата.

Для функции можно расписать, какой аргумент что означает, какой смысл у возвращаемого значения:

```
/**
 * Returns a sum of double numbers
 * @param a first number
 * @param b second number
 * @return a result
 */
double sum(double a, double b);
```

- в документации. Простое описание функций и методов.

Использование `interface`

```
public interface Swimmable  {
     public void swim();
}

public class Duck implements Swimmable {
    @Override
    public void swim() {
        System.out.println("Уточка, плыви!");
    }

    public static void main(String[] args) {
        Duck duck = new Duck();
        duck.swim();
    }
}
```

`Swimmable` -- интерфейс. `Duck` -- класс, объекты которого подходят под описание интерфейса. В классе должны быть определены все абстрактные методы интерфейса.

Хорошим тоном считается написать аннотацию `@Override`. Это явное обозначение, что метод переопределен. Если метод с аннотацией не определен в интерфейсе, то будет ошибка компиляции.

Абстрактные классы

Обычный абстрактный класс. Нельзя создать экземпляр абстрактного класса.

В отличие от интерфейса, может содержать поля.

```
abstract static class AbstractSwimmable extends Swimmable {
    String name;

    @Override
    public void swim() {
        System.out.println(name + ", плыви!");
    }
}
```

Используются для того, чтобы, например, переопределить метод класса Object. Таким образом новое определение смогут использовать все классы, реализующие интерфейс.

Модификатор `final`

`final` класс -- класс, который нельзя унаследовать.

`final` метод -- метод, который нельзя переопределить.

`final` переменная -- переменная, значение которой нельзя поменять.

Модификатор `sealed`

Используется для классов или интерфейсов Что-то среднее между final и не-final. Явно определяет список возможных наследников с помощью слова `permits`:

```
sealed interface Swimmable permits Duck {
    ...
}
```

Фабричный метод

Статический метод интерфейса. Часто называется `of` или `from`. Суть этого метода в том, чтобы создать правильный класс в зависимости от того, какие аргументы были переданы. Как бы вместо явного вызова `new` можно вызвать метод.

```
interface Vector {
    static Vector of(int x, int y, int z) {
        if (x == 0 && y == 0 && z == 0) {
            return new ZeroVector();
        }
        return new ArrayVector(x, y, z);
    }
}
```

Enum

Класс, в котором фиксированное количество экземпляров. Экземпляры создаются все сразу при первом обращении к классу.

```
enum Weekday {
    MONDAY,
    TUESDAY,
    WEDNESDAY,
    THURSDAY,
    FRIDAY,
    SATURDAY,
    SUNDAY
}
```

Может иметь свои поля, методы и коструктуры. Не может быть унаследован.

```
enum Weekday {
    // экземпляры
    MONDAY("MON", false), TUESDAY("TUE", false),
    WEDNESDAY("WED", false), THURSDAY("THU", false),
    FRIDAY("FRI", false), SATURDAY("SAT", true),
    SUNDAY("SUN", true);

    // поля
    private final String shortName;
    private final boolean weekend;

    // конструктор
    Weekday(String shortName, boolean weekend) {
```

```
        this.shortName = shortName;
        this.weekend = weekend;
    }

    // методы
    public String getShortName() { return shortName; }
    public boolean isWeekend() { return weekend; }
}
```

Перечисление

Некоторые полезные методы, сгенерированный компилятором автоматически:

- `<EnumClassName>.values()` -- возвращает массив из всех enum-констант
- `<EnumClassName>.valueOf(String)` -- значение по имени экземпляра (или исключение)
- `<EnumVlalue>.name()` -- узнать имя экземпляра
- `<EnumValue>.original()` -- узнать порядковый номер экземпляра в enum-классе. Индексация начинается с нуля.

switch, используя экземпляры enum-класса

```
String workingHours(Weekday weekday) {
    return switch (weekday) {
        case MONDAY, FRIDAY -> "9:30-13:00";
        case TUESDAY, THURSDAY -> "14:00-17:30";
        case WEDNESDAY, SATURDAY, SUNDAY -> "Выходной";
    };
}

for (Weekday weekday : Weekday.values()) {
    System.out.println(workingHours(weekday))
}
```

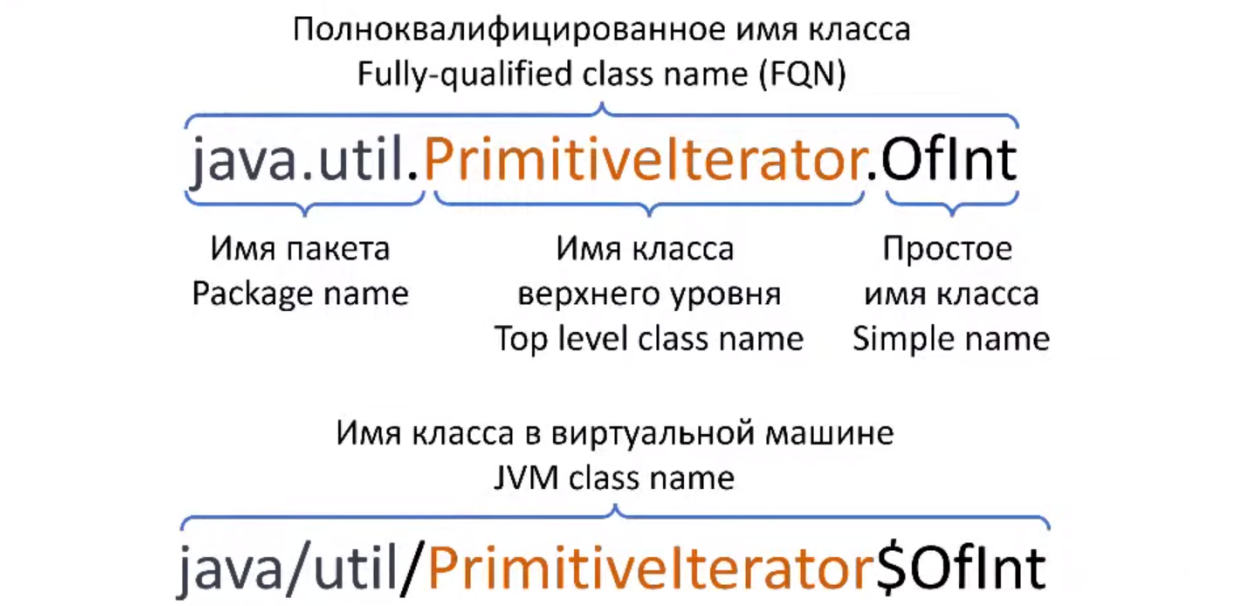
Пакеты

Пакет -- это объединение классов. Название начинается с маленькой буквы. Чтобы создать пакет, нужно перед определением классов вставить строку

```
package packageName;
```

Пакеты должны располагаться в соответствующих директориях, то есть файл пакета `Name` должен быть сохранен в папке `Name`.

Пакеты могут быть вложенными. По внешнему виду сложно сказать, где класс, а где пакет. Для этого есть договоренность, что пакеты именуются с маленькой буквы, а классы -- с большой.



Модули

Модуль -- объединение пакетов. Задаёт явный ациклический граф зависимостей. Обладает сильной инкапсуляцией: если какой-то пакет не экспортирован, то и использовать его не получится.

```
module demo {
    requires java.xml;
    requires java.desktop;
    exports com.example.demo; // экспорт пакета
}
```

Название модуля с маленькой буквы.