Современные технологии программирования

λ-выражения в Java 8

Функция как параметр

Во многих языках функцию можно передавать в качестве параметра

- Динамическое определение типа:
  - JavaScript, Lisp, Sceme, …
- Строгая типизация:
  - Ruby, Scala, …
- Функциональный подход позволяет писать более краткий и результативный код

  Javascript:

```
var testStrings =
        ["one", "two", "three", "four"];
testStrings.sort(function(s1, s2) {
   return(s1.length - s2.length);});
```

Основное преимущество: лаконичный и выразительный код

Java 7

```
button.addActionListener(
    new ActionListener() {
        @Override
        public void actionPerformed(ActionEvent e) {
            doSomethingWith(e);
        }
    });
```

Java 8

```
button.addActionListener(e -> doSomethingWith(e));
```

Дополнительное преимущество: новый способ мышления

- Функциональный подход: многие классы задач решаются проще, код становится легким для чтения, что упрощает его дальнейшее сопровождение.
- Поддержка потоков: потоки являются обертками источников данных (массивы, коллекции, …), которые используют лямбда-выражения.

Основные моменты

Вы пишете код, который похож на функцию

```
Arrays.sort(testStrings,
    (s1, s2) -> s1.length() - s2.length());
taskList.execute(() -> downloadSomeFile());
someButton.addActionListener(
    event -> handleButtonClick());
double d = MathUtils.integrate(
    x -> x*x, 0, 100, 1000);
```

И получаете экземпляр класса, который реализует интерфейс, который ожидается в данном случае.

Интерфейс содержит ТОЛЬКО ОДИН абстрактный метод

Такой интерфейс называется функциональным или SAM-интерфейсом (Single Abstract Method). Он является типом лямбда-выражения.

λ-выражение

- ~~Анонимная функция~~
- ~~Выражение описывающее анонимную функцию~~
- Выражение описывающее анонимную функцию, результатом исполнения которого является некоторый объект, реализующий требуемый функциональный интерфейс

Где используют λ-выражения

В переменной или параметре, где ожидается интерфейс с одним методом

```
public interface Blah {
    String foo(String s);}
```

В коде, который использует интерфейс

```
public void someMethod(Blah b) {
    ...
    b.foo(...)
    ...
}
```

В коде, который вызывает интерфейс, можно использовать λ-выражение

```
String result = someMethod(s -> s.toUpperCase() + "!");
```

λ-выражение как аргумент метода

```
Arrays.sort(testStrings,
     (s1, s2) -> s1.length() - s2.length());
taskList.execute(() -> downloadSomeFile());
someButton.addActionListener(
     event -> handleButtonClick());
double d = MathUtils.integrate(
     x -> x*x, 0, 100, 1000);
```

λ-выражение как переменная

```
AutoCloseable c = () ->
  cleanupForTryWithResources();

Thread.UncaughtExceptionHandler handler =
  (thread, exception) ->
  doSomethingAboutException();

Formattable f =
  (formatter,flags,width,precision) ->
  makeFormattedString();

ContentHandlerFactory fact = mimeType ->
  createContentHandlerForMimeType();
```

Итоги: упрощение синтаксиса

Замена кода

```
new SomeInterface() {
    @Override
    public SomeType someMethod (аргументы)
     {
        тело
    }
}
```

на код

```
(аргументы) -> { тело }
```

Пример

Было

```
Arrays.sort(testStrings,
            new Comparator<String>() {
  public int compare(String s1, String s2){
    return(s1.length() - s2.length());
  }
});
```

Стало

```
Arrays.sort(testStrings,
  (String s1, String s2) ->
  { return(s1.length() - s2.length());}
);
```

Сортировка строк по длине

Было

```
String[] testStrings =
  {"one", "two", "three", "four"};
...
Arrays.sort(testStrings, new Comparator<String>() {
  public int compare(String s1, String s2) {
    return(s1.length() - s2.length());}
  }
});
```

Стало

```
Arrays.sort(testStrings,
  (String s1, String s2) -> {
    return(s1.length() - s2.length()); }
);
```

Выведение типов

- В списке аргументов можно пренебречь указанием типов
- Общий вид λ-выражения

```
(тип1 var1, тип2 var2 ...) -> { тело метода }
```

- λ-выражение с выведением типов

```
(var1, var2 ...) -> { тело метода }
```

Сортировка строк по длине

Было

```
String[] testStrings =
  {"one", "two", "three", "four"};
...
Arrays.sort(testStrings, new Comparator<String>() {
  public int compare(String s1, String s2) {
    return(s1.length() - s2.length());}
  }
});
```

Стало

```
Arrays.sort(testStrings,
  (s1, s2) -> {
    return(s1.length() - s2.length()); }
);
```

Возвращаемое значение

- В теле метода используйте выражение, а не блок.
- Значение выражения будет возвращено.
- Если тип возвращаемого значения void, то метод ничего не вернет.

Было

```
(var1, var2 ...) -> { return выражение }
```

Стало

```
(var1, var2 ...) -> выражение
```

Сортировка строк по длине

Было

```
String[] testStrings =
  {"one", "two", "three", "four"};
...
Arrays.sort(testStrings, new Comparator<String>() {
  public int compare(String s1, String s2) {
    return(s1.length() - s2.length());}
  }
});
```

Стало

```
Arrays.sort(testStrings, (s1, s2) ->
    s1.length() - s2.length());
```

Скобки

Если метод зависит от одного аргумента, скобки можно опустить.

В таком случае тип аргумента не указывается.

Было

```
(varName) -> someResult()
```

Стало

```
(varName) -> someResult()
```

Новый синтаксис

Было

```
button1.addActionListener(new ActionListener() {
  @Override
  public void actionPerformed(ActionEvent event) {
    setBackground(Color.BLUE);
  }
});
```

Стало

```
button1.addActionListener(event ->
  setBackground(Color.BLUE));
```

Использование значений

- Лямбда-выражения могут ссылаться на переменные, которые не объявлены как final (но значение таким переменным можно присвоить только один раз)
- Такие переменные называются эффективно финальными (их можно корректно объявить как final)
- Также можно ссылаться на изменяемые переменные экземпляра: “this” в лямбда-выражении ссылается на главные класс (не вложенный, который создается для лямбда-выражения)

Явное объявление

```
final String s = "...";
doSomething(someArg -> use(s));
```

Эффективно финальная переменная

```
String s = "...";
doSomething(someArg -> use(s));
```

Аннотация `@Override`

Какой смысл использовать аннотацию **`@Override`**?

```
public class MyServlet extends HttpServlet {
  @Override
  public void doget(...) ... { ... }
}
```

Корректный код будет работать и без @Override, но @Override

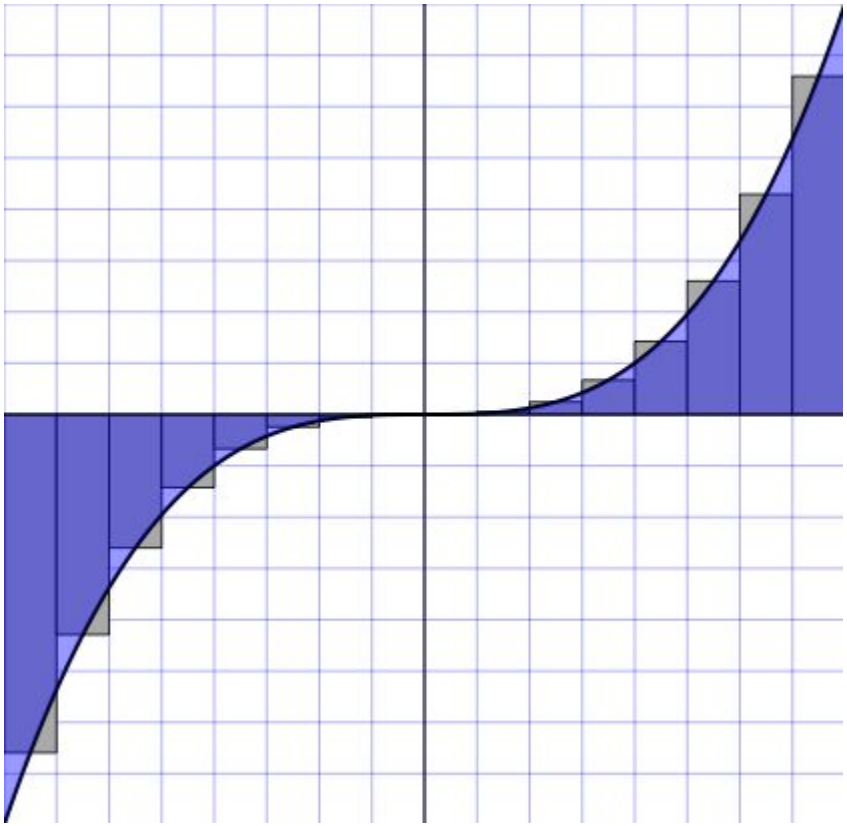
- Отслеживает ошибки во время компиляции
- Описывает суть метода
  - Сообщает остальным разработчикам, что данный метод из супер-класса, и в HttpServlet API описана его реализация

Аннотация `@FunctionalInterface`

- Отслеживает ошибки во время компиляции
  - Если разработчик добавит второй абстрактный метод в интерфейс, интерфейс не будет скомпилирован.
- Описывает суть интерфейса
  - Сообщает остальным разработчикам, что данный интерфейс будет использоваться с лямбда-выражениями
- Аннотация не обязательна

Пример. Численное интегрирование

- Обычное численное интегрирование методом средних прямоугольников



Пример. Численное интегрирование

- Использовать лямбда-выражения для интегрируемой функции.
  - Определить функциональный интерфейс с методом double eval(double x) для описания интегрируемой функции.
- Для проверки интерфейса во время компиляции и для объявления, что интерфейс функциональный и его можно использовать в лямбда-выражениях, используем аннотацию **`@FunctionalInterface`**

Интерфейс `@Integrable`

```
@FunctionalInterface
public interface Integrable {
  double eval(double x);
}
```

Метод численного интегрирования

```
public static double integrate(Integrable function,
                               double x1, double x2,
                               int numSlices){
  if (numSlices < 1) {
    numSlices = 1;
  }
  double delta = (x2 - x1)/numSlices;
  double start = x1 + delta/2;
  double sum = 0;
  for(int i=0; i<numSlices; i++) {
    sum += delta * function.eval(start + delta * i);
  }
  return sum;
}
```

Метод для тестирования

```
public static void integrationTest(Integrable function,
                                   double x1, double x2) {
  for(int i=1; i<7; i++) {
    int numSlices = (int)Math.pow(10, i);
    double result =
      integrate(function, x1, x2, numSlices);
    System.out.printf(
       "Для разбиения =%,10d результат = %,.8f%n",
       numSlices, result);
    }
}
```

Тестирование

```
integrationTest(x -> x*x, 10, 100);
integrationTest(x -> Math.pow(x,3), 50, 500);
integrationTest(x -> Math.sin(x), 0, Math.PI);
integrationTest(x -> Math.exp(x), 2, 20);
```

Ссылка на методы

- Можно использовать ссылку **`ИмяКласса::имяСтатическогоМетода`** или **`имяПеременной::методЭкземпляраКласса`** в лямбда-выржениях
- Например, **`Math::cos`** или **`myVar::myMethod`**
- Это еще один способ задания функции, которая уже описана, в данном случае не нужно писать лямбда-выражение, вместо этого используйте ссылку на этот метод
- Функция должны соответствовать сигнатуре метода функционального интерфейса
- Тип определяется только из контекста

Пример. Численное интегрирование

Было

```
integrationTest(x -> Math.sin(x), 0, Math.PI);
integrationTest(x -> Math.exp(x), 2, 20);
```

Стало

```
integrationTest(Math::sin(x), 0, Math.PI);
integrationTest(Math::exp(x), 2, 20);
```

Пакет **`java.util.function`**

- Такие интерфейсы как **`Integrable`** очень широко используются.
- Поэтому в Java 8 нужны интерфейсы с более общим названием, который можно применять в подобных случаях.
- Пакет java.util.function определяет множество простых функциональных (SAM) интерфейсов.
- Они называются согласно аргументам и возвращаемым значениям.

Пакет **`java.util.function`**

- Например, можно заменить интерфейс **`Integrable`** на встроенный функциональный интерфейс **`DoubleUnaryOperator`.**
- Для того, чтобы узнать имя метода, нужно посмотреть API.
- Не смотря на то, что лямбда-выражения не ссылаются на имя метода, код, в котором используются лямбда-выражения должен ссылаться на соответствующие методы интерфейса.

Типизированные и обобщенные интерфейсы

- **Тип задан**
  - Примеры (существует множество других интерфейсов)
    - `IntPredicate (int in, boolean out)`
    - `LongUnaryOperator (long in, long out)`
    - `DoubleBinaryOperator(double in1, double in2, double out)`
  - Пример
    - ```
      DoubleBinaryOperator f =
              (d1, d2) -> Math.cos(d1 + d2);
      ```
- **Обобщенные**
  - Также существуют обобщенные интерфейсы (`Function<T,R>`, `Predicate<T>`) с более широкой степенью применения
      ```

Пример. Численное интегрирование

Можно заменить в предыдущем примере

```
public static double integrate(Integrable function,...)
   {
... function.eval(...); ...
}
```

на следующий код

```
public static double integrate(DoubleUnaryOperator
   function,...) {
... function.applyAsDouble(...); ...
}
```

Пример. Численное интегрирование

- После этого можно удалить интерфейс **`Integable`**, т.к. **`DoubleUnaryOperator`** – функциональный (SAM) интерфейс, который содержит метод с точно такой же синатурой как у метода интерфейса **`Integrable`**.

Интерфейсы `java.util.function`

- **`java.util.function`** содержит много интерфейсов различного назначения
- Например, простые интерфейсы: **`IntPredicate`**, **`LongUnaryOperator`**, **`DoubleBinaryOperator`**
- А также обобщенные
- **`Predicate<T>`** — аргумент **`T`** , возвращает boolean
- **`Function<T,R>`** — аргумент **`T`** , возвращает **`R`**
- **`Consumer<T>`** — аргумент **`T`**, ничего не возвращает (**`void`**)
- **`Supplier<T>`** — нет аргументов, возвращает **`T`**
- **`BinaryOperator<T>`** — аргументы **`T`** и **`T`**, возвращает **`T`**

Общий случай

- Если вы собираетесь создать функциональный интерфейс для лямбда-выражения, посмотрите документацию **`java.util.function`** и убедитесь, что можете использовать один из функциональных интерфейсов:
  - **`DoubleUnaryOperator`**, **`IntUnaryOperator`**, **`LongUnaryOperator`**
    - Аргумент **`double/int/long`**, возвращает такой же тип
  - **`DoubleBinaryOperator, IntBinaryOperator, LongBinaryOperator`**

Общий случай

- **`DoublePredicate, IntPredicate, LongPredicate`**
  - Аргумент **`double/int/long`**, возвращает **`boolean`**
- **`DoubleConsumer, IntConsumer, LongConsumer`**
  - Аргумент **`double/int/long`**, не возвращат значение (**`void`**)
- Обобщенные интерфейсы: **`Function, Predicate, Consumer`** и др.

Интерфейс **`Predicate`**

- **`boolean test(T t)`**
  - Позволяет задать «функцию» для проверки условия•
- Преимущество
  - Позволяет искать по коллекции элементы, которые соответствуют условию, написать гораздо более краткий код, чем без лямбда-выражений
- Пример синтаксиса

```
Predicate<Employee> matcher =
                    e -> e.getSalary() > 50000;
if(matcher.test(someEmployee)) {
   doSomethingWith(someEmployee);
}
```

Пример. Без `Predicate`

Поиск сотрудника по имени

```
public static Employee findEmployeeByFirstName
                        (List<Employee> employees,
                                    String firstName) {
  for(Employee e: employees) {
    if(e.getFirstName().equals(firstName)) {
      return(e);
    }
  }
return(null);
}
```

Пример. Без `Predicate`

Поиск сотрудника по зарплате

```
public static Employee findEmployeeBySalary
                        (List<Employee> employees,
                             double salaryCutoff) {
  for(Employee e: employees) {
    e.getSalary() >= salaryCutoff) {
      return(e);
    }
  }
return(null);
}
```

Рефакторинг 1

Поиск первого сотрудника, удовлетворяющего условию

```
public static Employee firstMatchingEmployee
                    (List<Employee> candidates,
             Predicate<Employee> matchFunction) {
  for(Employee possibleMatch: candidates) {
    if(matchFunction.test(possibleMatch)) {
      return(possibleMatch);
    }
  }
return(null);
}
```

Рефакторинг 1. Преимущества

- Теперь можно передать различные функции для поиска по разным критериям. Код более краткий и понятный.

```
firstMatchingEmployee(employees,
        e -> e.getSalary() > 500000);
firstMatchingEmployee(employees,
        e -> e.getLastName().equals("..."));
firstMatchingEmployee(employees,
        e -> e.getId() < 10);
```

- Но код по-прежнему «привязан» к классу **`Employee`**

Рефакторинг 2

Поиск первого сотрудника, удовлетворяющего условию

```
public static <T> T firstMatch
                      (List<T> candidates,
                      Predicate<T> matchFunction) {
  for(T possibleMatch: candidates) {
    if(matchFunction.test(possibleMatch)) {
      return(possibleMatch);
    }
  }
return(null);
}
```

Метод `firstMatch`

Предыдущий пример по-прежнему работает:

```
firstMatch(employees,
        e -> e.getSalary() > 500000);
firstMatch(employees,
        e -> e.getLastName().equals("..."));
firstMatch(employees,
        e -> e.getId() < 10);
```

Метод `firstMatch`

Но также работают и более общие примеры кода

```
Country firstBigCountry = firstMatch(countries,
                c -> c.getPopulation() > 1000000);

Car firstCheapCar = firstMatch(cars,
                c -> c.getPrice() < 15000);

Company firstSmallCompany = firstMatch(companies,
                c -> c.numEmployees() <= 50);

String firstShortString = firstMatch(strings,
                s -> s.length() < 4);
```

Интерфейс **`Function`**

- **`R apply(T t)`**
  - Позволяет задать «функцию», которая принимает аргумент **`T`** и возвращает **`R`**.
  - Интерфейс **`BiFunction`** работает аналогичным образом, но метод apply принимает два аргумента типа **`T`**.
- Преимущество
  - Позволяет преобразовать значение или коллекцию значений, написать гораздо более краткий код, чем без лямбда-выражений

Интерфейс **`Function`**

- Пример синтаксиса

```
Function <Employee, Double> raise =
                        e -> e.getSalary() + 1000;
for(Employee employee: employees) {
  employee.setSalary(raise.apply(employee));
}
```

Пример. Без `Function`

Вычисление суммы зарплат сотрудников

```
public static int salarySum(List<Employee> employees)
   {
   int sum = 0;
   for(Employee employee: employees) {
     sum += employee.getSalary();
   }
   return(sum);
}
```

Пример. С `Function`

Вычисление суммы произвольных объектов

```
public static <T> int mapSum(List<T> entries,
                             Function<T, Integer> mapper) {
  int sum = 0;
  for(T entry: entries) {
    sum += mapper.apply(entry);
  }
  return(sum);
}
```

Интерфейс **`BinaryOperator`**

- **`T apply(T t1, T t2)`**
  - Позволяет задать «функцию», которая принимает два аргумента **`T`** и возвращает **`T`**
- Синтаксис

```
BinaryOperator <Integer> adder = (n1, n2) -> n1 + n2;
// в правой части также можно записать
//Integer::sum
int sum = adder.apply(num1, num2);
```

Применение `BinaryOperator`

- Делает **`mapSum`** более гибкой
- Вместо

```
mapSum(List<T> entries, Function<T, Integer> mapper)
```

- Можно обобщить ее, передав оператор (который был жестко задан в методе **`mapSum`**):

```
mapCombined(List<T> entries,
            Function<T, R> mapper,
            BinaryOperator<R> combiner)
```

Интерфейс **`Consumer`**

- **`void accept(T t)`**
  - Позволяет задать «функцию», которая принимает аргумент **`T`** и выполняет некоторый побочный эффект
- Синтаксис

```
Consumer <Employee> raise =
                e -> e.setSalary(e.getSalary() * 1.1);
for(Employee employee: employees) {
  raise.accept(employee);
}
```

Применение **Consumer**

- Во встроенном метода **forEach** класса **Stream** используется интерфейс **Consumer**

```
employees.forEach(
e -> e.setSalary(e.getSalary()*11/10))

values.forEach(System.out::println)

textFields.forEach(field -> field.setText(""))
```

Интерфейс **`Supplier`**

- **`T get()`**
  - Позволяет задать «функцию» без аргументов и возвращает **`T`**. и выполняет некоторый побочный эффект
- Синтаксис

```
Supplier <Employee> maker1 = Employee::new;
Supplier <Employee> maker2 =
                        () -> randomEmployee();
Employee e1 = maker1.get();
Employee e2 = maker2.get();
```

Область видимости переменных

- Лямбда-выражения используют статические области действия переменных
- Выводы:
  - Ключевое слово **`this`** ссылается на внешний класс, а не на анонимный (тот, в который преобразуется лямбда-выражение)
  - Нет переменной **`OuterClass.this`**
    - До тех пор, пока лямбда внутри вложенного класса
  - Лямбда не может создавать новые переменные с такими же именами как у метода, вызвавшего лямбда
  - Лямбда может ссылаться (но не изменять) локальные переменные из окружающего кода
  - Лямбда может обращаться (и изменять) переменные экземпляра окружающего класса

Примеры

- Ошибка: повторное использование имени переменной

```
double x = 1.2;
someMethod(x -> doSomethingWith(x));
```

- Ошибка: повторное использование имени переменной

```
double x = 1.2;
someMethod(y -> { double x = 3.4; ... });
```

- Ошибка: лямбда изменяет локальную переменную

```
double  x = 1.2;
someMethod(y -> x = 3.4);
```

Примеры

- Изменение переменной экземпляра

```
private double x = 1.2;
public void foo() { someMethod(y -> x = 3.4);}
```

- Имя переменной в лямбда совпадает с именем переменной экземпляра

```
private double x = 1.2;
public void bar() {
    someMethod(x -> x + this.x);
}
```

Ссылка на методы

- Ссылки на методы можно использовать в лямбда-выражениях.
- Если есть метод, сигнатура которого совпадает с сигнатурой абстрактного метода функционального интерфейса, можно использовать ссылку `ИмяКласса::имяМетода`.

Ссылка на методы

Вызов метода	Пример	Эквивалентное лямбда
`Класс::статМетод`	`Math::cos`	`x -> Math.cos(x)`
`переменная::методЭкземпляраКласса`	`someString::toUpperCase`	`() -> someString.toUpperCase()`
`Класс::методЭкземпляраКласса`	`String::toUpperCase`	`s -> s.toUpperCase()`
`Класс::new`	`Employee::new`	`() -> new Employee()`

Вызов метода экземпляра класса

- **`переменная::методЭкземпляраКласса`**
  - Создает лямбда-выражение, которое принимает то количество аргументов, которое указано в методе.

```
String test = "PREFIX:";
List<String> result1 = transform(strings, test::concat);
```

- **`Класс::методЭкземпляраКласса`**
  - Создает лямбда-выражение, которое принимает на один аргумент больше, чем соответствующий метод. Первый аргумент – объект, от которого вызывается метод, остальные аргументы – параметры метода.

```
List<String> result2=
                transform(strings,String::toUpperCase);
```

Методы по умолчанию

- В функциональных интерфейсах должен быть только один абстрактный метод. Этот метод и определяет лямбда-выражение. Но в интерфейсы Java 8 можно включать методы с реализацией, а также статические методы.
- Т.о. интерфейсы в Java 8 становятся похожими на абстрактные классы.

Исходный код **Function**

```
@FunctionalInterface
public interface Function<T, R> {
    R apply(T t);

    default <V> Function<V, R> compose
        (Function<? super V, ? extends T> before) {
        ...
    }

    default <V> Function<T, V> andThen(...) { ... }

    static <T> Function<T, T> identity() {
        return t -> t;
    }
}
```

Методы, возвращающие лямбда

- Метод может возвращать лямбда-выражение (в действительности, объект, который реализует функциональный интерфейс).
  - В интерфейсах Predicate, Function, Consumer есть встроенные методы, возвращающие лямбда-выражение.

```
Predicate<Employee> isRich =
                    e -> e.getSalary() > 200000;
Predicate<Employee> isEarly =
                    e -> e.getEmployeeId() <= 10;
allMatches(employees,isRich.and(isEarly))
```

Методы интерфейса **`Predicate`**

- **`and`**
  - В качестве аргумента принимает **`Predicate`**, возвращает **`Predicate`**, в котором метод **`test`** возвращает **`true`**, если оба исходных объекта **`Predicate`** возвращают **`true`** для заданных аргументов. Метод по умолчанию.
- **`or`**
  - В качестве аргумента принимает **`Predicate`**, возвращает **`Predicate`**, в котором метод **`test`** возвращает **`true`**, если хотя бы один из исходных объектов **`Predicate`** возвращает **`true`** для заданных аргументов. Метод по умолчанию.

Методы интерфейса **`Predicate`**

- **`negate`**
  - Метод без аргументов. Возвращает **`Predicate`**, в котором метод **`test`** возвращает отрицание возвращаемого значения исходного объекта **`Predicate`**. Метод по умолчанию.
- **`isEqual`**
  - Принимает в качестве аргумента **`Object`**, возвращает **`Predicate`**, в котором метод **`test`** возвращает **`true`**, если объект **`Predicate`** эквивалентен аргументу **`Object`**. Статический метод.

Пример

```
Predicate<Employee> isRich =
                e -> e.getSalary() > 200000;
Predicate<Employee> isEarly =
                e -> e.getEmployeeId() <= 10;
System.out.printf("Состоятельные: %s.%n",
                allMatches(employees, isRich));

System.out.printf("Нанятые раньше: %s.%n",
                allMatches(employees, isEarly));

System.out.printf("Состоятельные и раньше нанятые: %s.%n",
                allMatches(employees, isRich.and(isEarly)));

System.out.printf("Состоятельные или раньше нанятые:
   %s.%n",      allMatches(employees, isRich.or(isEarly)));

System.out.printf("Не состоятельные: %s.%n",
                allMatches(employees, isRich.negate()));
```

Методы интерфейса **`Function`**

- **`compose`**
  - **`f1.compose(f2)`** означает сначала выполнить **`f2`** и затем передать результат **`f1`**. Метод по умолчанию.
- **`andThen`**
  - **`f1.andThen (f2)`** означает сначала выполнить **`f1`** и затем передать результат **`f2`**. Т.е. **`f2.andThen(f1)`** это то же самое, что **`f1.compose(f2)`**. Метод по умолчанию.
- **`identity`**
  - Создает функцию, у которой метод **`apply`** возвращает аргумент без изменений. Статический метод.

Цепочки функций

- Можно заменить метод transform так, чтобы он принимал произвольное количество Function (вместо одного).

```
public static <T> List<T> transform2(List<T>
  origValues, Function<T,T> ... transformers) {
   Function<T,T> composedFunction
                          = composeAll(transformers);
   return transform(origValues, composedFunction);
}
```

```
public static <T> Function<T,T> composeAll
                  (Function<T,T> ... functions) {
   Function<T,T> result =
                       Function.identity();
   for (Function<T,T> f: functions) {
      result = result.compose(f);}
   return result;}
```

Пример

```
List<Double> nums = Arrays.asList(2.0, 4.0, 6.0, 8.0);
System.out.printf("Числа: %s.%n", nums);
Function<Double,Double> square = x -> x * x;
Function<Double,Double> half = x -> x / 2;
System.out.printf("square.compose(half): %s.%n",
                  transform(nums, square.compose(half)));
System.out.printf("square.andThen(half): %s.%n",
                  transform(nums,square.andThen(half)));
System.out.printf("half.andThen(square): %s.%n",
                  transform(nums,half.andThen(square)));
// transform2
System.out.printf("square.compose(half): %s.%n",
                  transform2(nums, square, half));
System.out.printf("identity: %s.%n",
                  transform(nums, Function.identity()));
Function<Double,Double> round = Math::rint;
System.out.printf("округленный корень: %s.%n",
             transform(nums, round.compose(Math::sqrt)));
```

Пример

```
Числа: [2.0, 4.0, 6.0, 8.0].
square.compose(half): [1.0, 4.0, 9.0, 16.0].
square.andThen(half): [2.0, 8.0, 18.0, 32.0].
half.andThen(square): [1.0, 4.0, 9.0, 16.0].
square.compose(half): [1.0, 4.0, 9.0, 16.0].
identity: [2.0, 4.0, 6.0, 8.0].
округленный корень: [1.0, 2.0, 2.0, 3.0].
```

Методы интерфейса **`Consumer`**

- **`andThen`**
  - **`f1.andThen(f2)`** возвращает **`Consumer`**, который передает аргумент в **`f1`** (т.е. его методу **`accept`**), после этого передает аргумент **`f2`**. Метод по умолчанию.
- **Различие методов в `Consumer` и `Function`**
  - В метода **`andThen`** **`Consumer`** аргумент передается методу **`accept`** из **`f1`**, а затем тот же аргумент передается в **`f2`**.
  - В методе **`andThen`** из **`Function`** аргумент передается методу **`apply`** из **`f1`**, а затем полученный результат передается в метод **`apply`** из **`f2`**.

Пример

```
List<Employee> myEmployees = Arrays.asList(
  new Employee("Bill", "Gates", 1, 200000),
  new Employee("Larry", "Ellison", 2, 100000));
System.out.println("Сотрудники:");
processEntries(myEmployees, System.out::println);
Consumer<Employee> giveRaise =
            e -> e.setSalary(e.getSalary() * 11 / 10);
System.out.println(«Сотрудники после повышения:");
processEntries(myEmployees,
            giveRaise.andThen(System.out::println));
```

```
Сотрудники:
Bill Gates [Employee#1 $200,000]
Larry Ellison [Employee#2 $100,000]
Сотрудники после повышения:
Bill Gates [Employee#1 $220,000]
Larry Ellison [Employee#2 $110,000]
```