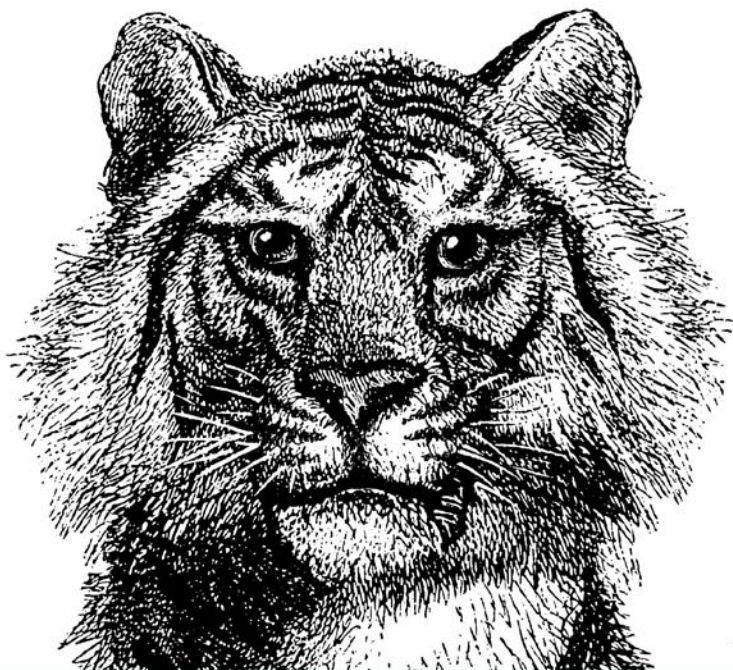


O'REILLY®

Wydanie VI



# Java

## w pigułce

POZNAJ NOWOŚCI JĘZYKA JAVA!

**Helion** 

Benjamin J. Evans  
David Flanagan

Tytuł oryginału: Java in a Nutshell, 6th Edition

Tłumaczenie: Łukasz Piwko

ISBN: 978-83-283-0623-3

© 2015 Helion S.A.

Authorized Polish translation of the English edition of Java in a Nutshell, 6th Edition, ISBN 9781449370824  
© 2015 Benjamin J. Evans and David Flanagan.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to publish and sell the same.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Wydawnictwo HELION dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Wydawnictwo HELION nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Wydawnictwo HELION  
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE  
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)  
WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Pliki z przykładami omawianymi w książce można znaleźć pod adresem:  
<ftp://ftp.helion.pl/przyklady/javpi6.zip>

Drogi Czytelniku!  
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres  
<http://helion.pl/user/opinie/javpi6>  
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

<b>Przedmowa .....</b>	<b>9</b>
<b>Wstęp .....</b>	<b>11</b>
<b>Część I. Wprowadzenie do języka Java .....</b>	<b>17</b>
<b>1. Wprowadzenie do środowiska Java .....</b>	<b>19</b>
Język, maszyna wirtualna i środowisko	19
Historia Javy i maszyny wirtualnej Javy w zarysie	23
Cykl istnienia programu Java	24
Bezpieczeństwo Javy	26
Porównanie Javy z innymi językami programowania	27
Krytyka Javy	28
<b>2. Składnia Javy od podstaw .....</b>	<b>31</b>
Budowa programu w Javie	32
Struktura leksykalna	32
Podstawowe typy danych	35
Wyrażenia i operatory	42
Instrukcje	55
Metody	71
Podstawowe wiadomości o klasach i obiektach	77
Tablice	81
Typy referencyjne	87
Pakiety i przestrzenie nazw	91
Struktura plików Javy	95
Definiowanie i uruchamianie programów Java	96
Podsumowanie	97

<b>3. Programowanie obiektowe w Javie .....</b>	<b>99</b>
Podstawowe wiadomości o klasach	99
Pola i metody	101
Tworzenie i inicjowanie obiektów	107
Podklasy i dziedziczenie	111
Ukrywanie danych i hermetyzacja	119
Klasy i metody abstrakcyjne	125
Podsumowanie wiadomości o modyfikatorach	129
<b>4. System typów Javy .....</b>	<b>131</b>
Interfejsy	131
Typy ogólne	137
Wyliczenia i adnotacje	145
Typy zagnieżdżone	148
Wyrażenia lambda	162
Podsumowanie	165
<b>5. Podstawy projektowania obiektowego w Javie .....</b>	<b>167</b>
Wartości w języku Java	167
Ważne metody klasy java.lang.Object	168
Aspekty projektowania obiektowego	172
Wyjątki i ich obsługa	180
Bezpieczne programowanie w Javie	182
<b>6. Zarządzanie pamięcią i współbieżność w Javie .....</b>	<b>185</b>
Podstawowe pojęcia zarządzania pamięcią w Javie	185
Optymalizacja procesu usuwania nieużywanych obiektów w maszynie wirtualnej	188
Sterta maszyny wirtualnej HotSpot	191
Finalizacja	193
Mechanizmy współbieżności w Javie	195
Praca z wątkami	203
Podsumowanie	205
<b>Część II. Praca na platformie Java .....</b>	<b>207</b>
<b>7. Zwyczaje programistyczne i tworzenie dokumentacji .....</b>	<b>209</b>
Konwencje nazewnicze i dotyczące stosowania wielkich liter	209
Nadawanie nazw w praktyce	211
Komentarze dokumentacyjne	212
Porady na temat pisania programów przenośnych	219

<b>8. Praca z kolekcjami i tablicami w Javie .....</b>	<b>223</b>
Wprowadzenie do API Collections .....	223
Wyrażenia lambda w kolekcjach Javy .....	239
Podsumowanie .....	245
<b>9. Obsługa najczęściej używanych formatów danych .....</b>	<b>247</b>
Tekst .....	247
Liczby i matematyka .....	253
Data i godzina w Javie 8 .....	258
Podsumowanie .....	263
<b>10. Obsługa plików oraz wejścia i wyjścia .....</b>	<b>265</b>
Klasyczny system wejścia i wyjścia Javy .....	265
Nowy system wejścia i wyjścia .....	270
Kanały i bufony NIO .....	273
Asynchroniczny system wejścia i wyjścia .....	275
Sieć .....	278
<b>11. Ładowanie klas, refleksja oraz uchwyt do metod .....</b>	<b>283</b>
Pliki klas, obiekty klas i metadane .....	283
Fazy ładowania klasy .....	285
Bezpieczne programowanie i ładowanie klas .....	287
Ładowanie klas w praktyce .....	289
Refleksja .....	292
Dynamiczne klasy pośredniczące .....	295
Uchwyt do metod .....	297
<b>12. Nashorn .....</b>	<b>301</b>
Wprowadzenie do Nashorna .....	301
Wykonywanie kodu JavaScript w Nashornie .....	302
Nashorn i pakiet javax.script .....	308
Nashorn dla zaawansowanych .....	310
Podsumowanie .....	315
<b>13. Narzędzia platformy i profile .....</b>	<b>317</b>
Narzędzia wiersza poleceń .....	317
Narzędzie VisualVM .....	329
Profile Java 8 .....	334
Podsumowanie .....	339
<b>Skorowidz .....</b>	<b>341</b>



# System typów Javy

W tym rozdziale przechodzimy od podstaw programowania obiektowego przy użyciu klas do dalszych pojęć, których znajomość również jest potrzebna każdemu, kto chce efektywnie wykorzystywać statyczny system typów języka Java.



Język programowania o **statycznej kontroli typów** to taki, w którym zmienne mają określone typy i przypisanie wartości do zmiennej nieodpowiedniego typu powoduje błąd kompilacji. Przykładem takiego języka jest Java. Języki, w których zgodność typów jest sprawdzana dopiero w czasie działania programu, nazywają się językami o **dynamicznej kontroli typów**. Przykładem takiego języka jest JavaScript.

System typów Javy składa się nie tylko z klas i typów podstawowych, ale również z innych rodzajów typów referencyjnych, które są związane z podstawową koncepcją klas, tylko różnią się od nich pod różnymi względami i zazwyczaj są traktowane przez kompilator javac lub maszynę wirtualną w specjalny sposób.

W poprzednich rozdziałach opisaliśmy już tablice i klasy, czyli dwa najczęściej używane rodzaje typów referencyjnych języka Java. W tym rozdziale zaczynamy opis kolejnego ważnego typu referencyjnego — **interfejsów**. Potem przejdziemy do typów ogólnych (generycznych), które również pełnią bardzo ważną funkcję w systemie typów Javy. Uzbrojeni w tę wiedzę przejdziemy do różnic między typami czasu kompilacji i czasu wykonywania programu.

Aby dopełnić obrazu typów referencyjnych języka Java, przyjrzymy się też dwóm specjalnym rodzajom klas i interfejsów — **wyliczeniom** i **adnotacjom**. Na końcu rozdziału dowiesz się, czym są **typy zagnieżdżone**, i poznasz wprowadzone w Javie 8 **wyrażenia lambda**.

Zacniemy od interfejsów, które są chyba najważniejszym po klasach typem referencyjnym w Javie i stanowią kluczowy składnik budowy całego systemu typów tego języka.

## Interfejsy

W rozdziale 3. opisaliśmy pojęcie dziedziczenia. Napisaaliśmy też, że w Javie każda klasa może dziedziczyć bezpośrednio tylko po jednej klasie. Jest to dość poważne ograniczenie dla rodzajów programów obiektowych, jakie można pisać. Projektanci Javy zdawali sobie z tego sprawę, ale chcieli, aby mechanizmy obiektowości w ich języku były prostsze niż np. w języku C++.

Postanowili więc zastosować inne rozwiązanie — o nazwie interfejs. **Interfejs** podobnie jak klasa stanowi definicję nowego typu referencyjnego. Zgodnie z nazwą reprezentuje on tylko interfejs API — a więc dostarcza opisu typu i metod (oraz sygnatury), które klasy **implementujące** go powinny definiować.

Ogólnie rzecz biorąc, interfejs w Javie nie dostarcza żadnego kodu implementacyjnego dla opisywanych przez siebie metod. Ich implementacja jest **obowiązkowa** dla każdej klasy, która implementuje dany interfejs.

Ale interfejs może też zawierać metody oznaczone jako opcjonalne, które nie muszą zostać zdefiniowane w klasie implementującej ten interfejs. Do oznaczania takich metod służy słowo kluczowe `default`. Metody oznaczone tym modyfikatorem muszą mieć w interfejsie **domyślną** definicję, która będzie używana we wszystkich implementacjach, w których nie zostaną zdefiniowane.



Możliwość tworzenia metod opcjonalnych w interfejsach jest nowością wprowadzoną w Javie 8. Szerzej na temat metod opcjonalnych interfejsów piszemy w podrozdziale „Metody domyślne”.

Nie da się bezpośrednio utworzyć obiektu interfejsu ani składowej typu interfejsowego. Zamiast tego należy utworzyć klasę **implementującą** dany interfejs i w niej zdefiniować niezbędne metody.

Wszystkie egzemplarze takiej klasy są obiektami zarówno typu zdefiniowanego przez tę klasę, jak i typu zdefiniowanego przez interfejs. Obiekty nienależące do tej samej klasy lub nadklasy i tak mogą być tego samego typu dzięki implementacji tego samego interfejsu.

## Definiowanie interfejsu

Definicja interfejsu wygląda bardzo podobnie do definicji klasy, w której wszystkie (niebędące domyślnymi) metody są abstrakcyjne, a słowo kluczowe `class` zastąpiono słowem `interface`. Na przykład poniżej znajduje się definicja interfejsu o nazwie `Centered`. Klasa `Shape`, np. taka jak przedstawiona w przykładach w rozdziale 3., może implementować ten interfejs, jeśli programista chce umożliwić ustawianie i sprawdzanie współrzędnych środka:

```
interface Centered {
    void setCenter(double x, double y);
    double getCenterX();
    double getCenterY();
}
```

Składowe interfejsu podlegają pewnym ograniczeniom:

- Wszystkie obowiązkowe metody interfejsu standardowo są abstrakcyjne i zamiast treści muszą mieć tylko średnik. Można stosować modyfikator `abstract`, ale zwyczajowo się go opuszcza.
- Interfejs definiuje publiczny interfejs API. Wszystkie składowe są więc publiczne i zwyczajowo opuszcza się modyfikator `public`. Definicja metody chronionej lub prywatnej w interfejsie jest błędem, który zostanie wychwycony w czasie kompilacji.



- Interfejs nie może zawierać definicji pól egzemplarzowych. Pola są szczególnie implementacyjnym, a interfejs jest specyfikacją, nie implementacją. W interfejsach dopuszczalne są jedynie stałe, zarazem statyczne, jak i finalne.
- Nie można tworzyć egzemplarzy interfejsów, więc interfejs nie może zawierać konstruktora.
- Interfejsy mogą zawierać typy zagnieżdżone, które domyślnie są statyczne i publiczne. Szczegółowy opis typów zagnieżdżonych znajduje się w podrozdziale „Typy zagnieżdżone”.
- Od Javy 8 interfejs może zawierać metody statyczne. W poprzednich wersjach języka było to niedozwolone i powszechnie uważano to za wadę projektową tego języka programowania.

## Rozszerzanie interfejsów

Interfejs może rozszerzać inny interfejs i podobnie jak klasa może w definicji zawierać klauzulę `extends`. Gdy jeden interfejs rozszerza inny, dziedziczy po nim wszystkie metody i stałe oraz może zawierać dodatkowe własne metody i stałe. Ale w odróżnieniu od klas klauzula `extends` interfejsu może zawierać więcej niż jedną nazwę nadinterfejsu. Poniżej znajduje się kilka przykładów interfejsów rozszerzających inne interfejsy:

```
interface Positionable extends Centered {
    void setUpperRightCorner(double x, double y);
    double getUpperRightX();
    double getUpperRightY();
}
interface Transformable extends Scalable, Translatable, Rotatable {}
interface SuperShape extends Positionable, Transformable {}
```

Interfejs rozszerzający kilka interfejsów dziedziczy wszystkie metody i stałe każdego z nich oraz może dodatkowo zawierać własne metody i stałe. Klasa implementująca taki interfejs musi implementować metody abstrakcyjne zdefiniowane bezpośrednio przez ten interfejs i wszystkie odziedziczone ze wszystkich nadinterfejsów.

## Implementowanie interfejsu

Podobnie jak za pomocą słowa kluczowego `extends` oznacza się nadklasę klasy, za pomocą słowa kluczowego `implements` oznacza się interfejsy, które ona implementuje. Słowo kluczowe `implements` może się znajdować w definicji klasy za klauzulą `extends`. Po nim wypisuje się rozdzielaną przecinkami listę implementowanych przez klasę interfejsów.

Deklaracja interfejsu w klauzuli `implements` klasy oznacza, że dana klasa implementuje (tzn. zawiera treść główną definicji) każdą obowiązkową metodę tego interfejsu. Jeżeli klasa implementuje interfejs, ale nie dostarcza implementacji wszystkich jego obowiązkowych metod, to dziedziczy te metody abstrakcyjne i sama musi być zadeklarowana jako abstrakcyjna. Jeśli klasa implementuje więcej niż jeden interfejs, musi implementować wszystkie obowiązkowe metody każdego z tych interfejsów (albo być zadeklarowana jako abstrakcyjna).

Poniżej znajduje się definicja klasy `CenteredRectangle`, która rozszerza klasę `Rectangle` z rozdziału 3. i implementuje interfejs `Centered`:

```
public class CenteredRectangle extends Rectangle implements Centered {
    // nowe pola egzemplarzowe
    private double cx, cy;

    // konstruktor
```

```

public CenteredRectangle(double cx, double cy, double w, double h) {
    super(w, h);
    this.cx = cx;
    this.cy = cy;
}

```

*// Klasa dziedziczy wszystkie metody klasy Rectangle, ale musi zawierać implementacje wszystkich metod interfejsu Centered.*

```

public void setCenter(double x, double y) { cx = x; cy = y; }
public double getCenterX() { return cx; }
public double getCenterY() { return cy; }
}

```

Załóżmy, że w podobny sposób zaimplementowaliśmy też klasy `CenteredCircle` i `CenteredSquare`. Każda z nich rozszerza klasę `Shape`, więc egzemplarze tych klas można traktować jak egzemplarze klasy `Shape`. Jako że każda z nich implementuje interfejs `Centered`, to ich egzemplarze można też traktować jako obiekty tego typu. W poniższym przykładzie pokazano, że obiekty mogą być jednocześnie typu klasowego i interfejsowego:

```

Shape[] shapes = new Shape[3]; // tworzy tablicę do przechowywania kształtów

```

```

// tworzy kilka wycentrowanych kształtów i zapisuje je w tablicy Shape[]

```

```

// Nie trzeba stosować rzutowania: wszystko to są konwersje rozszerzające.

```

```

shapes[0] = new CenteredCircle(1.0, 1.0, 1.0);

```

```

shapes[1] = new CenteredSquare(2.5, 2, 3);

```

```

shapes[2] = new CenteredRectangle(2.3, 4.5, 3, 4);

```

```

// oblicza średnie pole powierzchni kształtów i

```

```

// średnią odległość od początku układu współrzędnych

```

```

double totalArea = 0;

```

```

double totalDistance = 0;

```

```

for( int i = 0; i < shapes.length; i++) {

```

```

    totalArea += shapes[i].area(); // oblicza pole powierzchni kształtów

```

```

// Uwaga: zasadniczo użycie operatora instanceof w celu sprawdzenia

```

```

// typu czasu wykonywania obiektu często jest oznaką problemów projektowych programu.

```

```

if (shapes[i] instanceof Centered) { // Kształt jest typu Centered.

```

```

    // Zwróć uwagę na rzutowanie z typu Shape na Centered (nie byłoby potrzebne

```

```

    // do konwersji z typu CenteredSquare na Centered).

```

```

    Centered c = (Centered) shapes[i];

```

```

    double cx = c.getCenterX(); // pobranie współrzędnych środka

```

```

    double cy = c.getCenterY(); // obliczenie odległości od początku układu

```

```

    totalDistance += Math.sqrt(cx*cx + cy*cy);

```

```

}

```

```

}

```

```

System.out.println("Średnie pole powierzchni: " + totalArea/shapes.length);

```

```

System.out.println("Średnia odległość: " + totalDistance/shapes.length);

```



W Javie interfejsy, podobnie jak klasy, są typami danych. Gdy klasa implementuje interfejs, to egzemplarze tej klasy można przypisywać do zmiennych typu tego interfejsu.

Nie należy interpretować tego przykładu w ten sposób, że konieczne jest przypisanie obiektu typu `CenteredRectangle` do zmiennej typu `Centered` przed wywołaniem metody `setCenter()` ani do zmiennej typu `Shape` przed wywołaniem metody `area()`. Klasa `CenteredRectangle` zawiera definicje tych metod odziedziczone po nadklasie `Rectangle`, więc można je wywoływać w dowolnym momencie.

## Implementowanie kilku interfejsów

Załóżmy, że potrzebne są obiekty kształtów, które można pozycjonować nie tylko względem punktu środkowego, ale i prawego górnego rogu. Dodatkowo powiedzmy, że potrzebna jest możliwość zmniejszania i zwiększania tych kształtów. Przypomnijmy, że wprawdzie klasa może bezpośrednio dziedziczyć tylko po jednej klasie, ale może implementować dowolną liczbę interfejsów. Przy założeniu, że istnieją odpowiednie interfejsy `UpperRightCornered` i `Scalable`, klasę o żądanych właściwościach można zadeklarować w następujący sposób:

```
public class SuperDuperSquare extends Shape
    implements Centered, UpperRightCornered, Scalable {
    // Składowe klasy zostały pominięte.
}
```

Implementacja kilku interfejsów przez klasę oznacza tylko tyle, że klasa ta musi zawierać implementacje wszystkich abstrakcyjnych (obowiązkowych) metod ze wszystkich tych interfejsów.

## Metody domyślne

W języku Java 8 pojawiła się możliwość definiowania w interfejsach metod zawierających implementację. Są to metody opcjonalne w reprezentowanym przez interfejs API i najczęściej nazywa się je **metodami domyślnymi**. Ich poznawanie zaczniemy od przeanalizowania powodów, dla których są one w ogóle potrzebne.

### Zgodność wsteczna

Twórcy platformy Java od zawsze dużo uwagi poświęcają kwestiom zgodności nowych wersji ze starszymi. To sprawia, że kod napisany (a nawet skompilowany) dla starszej wersji platformy musi działać na nowszych wersjach. Zasada ta daje programistom pewność, że nowe wydanie pakietu JDK lub środowiska JRE nie spowoduje, iż aktualnie działający program nagle przestanie działać.

Zgodność wsteczna jest wielką zaletą platformy Java, ale jej utrzymanie wiąże się z pewnymi niedogodnościami. Jedną z nich jest to, że do interfejsów nie można dodawać nowych obowiązkowych metod.

Powiedzmy np., że chcemy wzbogacić interfejs `Positionable` o możliwość określania także pozycji lewego dolnego rogu:

```
public interface Positionable extends Centered {
    void setUpperRightCorner(double x, double y);
    double getUpperRightX();
    double getUpperRightY();
    void setLowerLeftCorner(double x, double y);
    double getLowerLeftX();
    double getLowerLeftY();
}
```

Jeśli po wprowadzeniu tych zmian spróbujemy użyć tego interfejsu z wcześniej napisanym kodem, to kod ten nie zadziała, ponieważ będzie w nim brakowało obowiązkowych metod `setLowerLeftCorner()`, `getLowerLeftX()` i `getLowerLeftY()`.



Opisywany problem można łatwo zaobserwować we własnym kodzie. Wystarczy skompilować plik klasy implementującej interfejs, a potem dodać do tego interfejsu nową obowiązkową metodę i spróbować uruchomić program z tą nową wersją interfejsu i starym plikiem klasy. Powinna nastąpić awaria programu z błędem `NoClassDefError`.

Ograniczenie to stanowiło problem dla projektantów Javy 8, ponieważ jednym z ich celów było uaktualnienie rdzennych bibliotek kolekcji i wprowadzenie metod używających wyrażen lambda.

Rozwiązanie wymagało wprowadzenia nowego mechanizmu umożliwiającego modyfikowanie interfejsów o dodatek nowych opcjonalnych metod bez uniemożliwiania działania starym programom.

## Implementacja metod domyślnych

Aby dodać nowe metody do interfejsu i nie spowodować niezgodności ze starszymi programami, konieczne było dostarczenie implementacji tych metod, która pozwoliłaby tym programom działać tak jak dotychczas. Zastosowano rozwiązanie w postaci metod domyślnych, które wprowadzono w Javie 8.



Metodę domyślną (czasami nazywaną metodą opcjonalną) można dodać do każdego interfejsu. Musi ona zawierać tzw. **implementację domyślną**, którą wpisuje się bezpośrednio w definicji interfejsu.

Podstawowe cechy metod domyślnych są następujące:

- Klasa implementująca może implementować metodę domyślną, ale nie musi tego robić.
- Jeżeli klasa implementuje metodę domyślną, to używana jest implementacja z tej klasy.
- Jeśli nie zostanie znaleziona inna implementacja metody, stosowana jest implementacja domyślna.

Przykładem metody domyślnej jest metoda `sort()`. Została ona dodana do interfejsu `java.util.List` w JDK 8, a jej definicja wygląda tak:

```
// Napis <E> to sposób zapisu typów ogólnych w Javie — szerzej na ich
// temat piszemy w następnym podrozdziale. Jeśli nie wiesz, czym są typy ogólne,
// na razie zignoruj ten szczegół.
interface List<E> {
    // pozostałe składowe pominięto

    public default void sort(Comparator<? super E> c) {
        Collections.<E>sort(this, c);
    }
}
```

W efekcie od Javy 8 każdy obiekt implementujący interfejs `List` ma metodę egzemplarzową `sort()`, za pomocą której można posortować listę przy użyciu odpowiedniego komparatora. Jako że typ zwrotny to `void`, można podejrzewać, iż metoda ta wykonuje sortowanie na miejscu, i jest to słuszne podejrzenie.

## Interfejsy znacznikowe

Czasami potrzebny jest kompletnie pusty interfejs. Jego implementacja przez klasę polega tylko na wymienieniu jego nazwy w klauzuli `implements`, bez konieczności pisania definicji jakichkolwiek metod. Sprawia to, że egzemplarze tej klasy automatycznie stają się też egzemplarzami tego interfejsu. W Javie można sprawdzić, czy dany obiekt jest egzemplarzem wybranego interfejsu, za pomocą operatora `instanceof`, więc technika ta pozwala na dostarczenie pewnych dodatkowych informacji o obiekcie.

Przykładem interfejsu znacznikowego jest `java.io.Serializable`. Implementuje się go w klasie po to, by poinformować strumień `ObjectOutputStream`, że egzemplarze tej klasy można bezpiecznie serializować. Innym przykładem jest interfejs `java.util.RandomAccess`. Implementują go niektóre implementacje interfejsu `java.util.List`, aby informować, że dają szybki dostęp swobodny do elementów listy. Na przykład klasa `ArrayList` implementuje interfejs `RandomAccess`, a klasa `LinkedList` nie. W algorytmach, w których ważna jest szybkość operacji dostępu swobodnego, można sprawdzać implementację interfejsu `RandomAccess` w następujący sposób:

```
// Przed posortowaniem elementów dowolnie długiej tablicy warto
// sprawdzić, czy umożliwia ona szybki swobodny dostęp do elementów.
// Jeśli nie, to szybszym rozwiązaniem może być wykonanie kopii z szybkim
// dostępem losowym i potem wykonanie sortowania. Nie jest to jednak konieczne,
// gdy używa się metody java.util.Collections.sort().
List l = ...; // jakaś lista
if (l.size() > 2 && !(l instanceof RandomAccess)) l = new ArrayList(l);
sortListInPlace(l);
```

Jak pokażemy później, system typów Javy jest bardzo ściśle powiązany z nazwami typów — rozwiązanie to nazywa się **typowaniem nominalnym** (ang. *nominal typing*). Dobrym przykładem tego jest interfejs znacznikowy, który nie ma nic **oprócz** nazwy.

## Typy ogólne

Jedną z wielkich zalet platformy Java jest jej biblioteka standardowa. Zawiera ona wiele bardzo przydatnych elementów, a w szczególności solidne implementacje często używanych struktur danych. Ich obsługa jest w miarę łatwa, a poza tym istnieje dobra dokumentacja. Biblioteki te nazywają się kolekcjami Javy (ang. *Java Collections*) i poświęciliśmy im dużą część rozdziału 8. Jeśli jednak ktoś potrzebuje znacznie obszerniejszego materiału, to może zaopatrzyć się w książkę *Java Generics and Collections* Maurice'a Naftalina i Philipa Wadlera (O'Reilly).

Wprowadzenie wcześniejsze wersje kolekcji też były przydatne, ale miały pewną poważną wadę. Polegała ona na tym, że struktura danych (często nazywana **kontenerem**) w istocie ukrywała typ przechowywanych w niej danych.



Ukrywanie i hermetyzacja to fundamenty programowania obiektowego, ale w tym przypadku nieprzezroczystość kontenera sprawiała programistom wiele problemów.

Zacniemy od naświetlenia tego problemu i pokażemy, jak wprowadzenie typów ogólnych pozwoliło go rozwiązać i ułatwić pracę rzeszom programistów Javy.

# Wprowadzenie do typów ogólnych

Jeśli ktoś chce utworzyć kolekcję egzemplarzy klasy `Shape`, to do ich przechowywania może użyć struktury danych `List`:

```
List shapes = new ArrayList(); // utworzenie listy do przechowywania kształtów

// utworzenie paru wycentrowanych kształtów i zapisanie ich w liście
shapes.add(new CenteredCircle(1.0, 1.0, 1.0));
// Taki kod jest dozwolony, ale stanowi bardzo zły wybór.
shapes.add(new CenteredSquare(2.5, 2, 3));

// List::get() zwraca obiekt typu Object, więc aby otrzymać
// obiekt typu CenteredCircle, należy zastosować rzutowanie.
CenteredCircle c = (CenteredCircle)shapes.get(0);

// Poniższy wiersz spowoduje błąd wykonywania programu.
CenteredCircle c = (CenteredCircle)shapes.get(1);
```

Problem w tym kodzie dotyczy konieczności przeprowadzenia rzutowania, aby otrzymać obiekt w nadającej się do użytku postaci — struktura `List` „nie wie”, jakiego typu obiekty zawiera. Ponadto możliwe jest zapisanie w jednym kontenerze obiektów różnych typów i wszystko będzie w porządku, dopóki ktoś nie wykona niedozwolonego rzutowania, które spowoduje awarię programu.

Potrzebna jest taka wersja listy, która rozpoznaje przechowywane w niej typy obiektów. Wówczas kompilator `javac` mógłby wykrywać niepoprawne argumenty przekazywane do metod listy i powodować błąd kompilacji, zamiast odkładać tę nieuchronną katastrofę do czasu wykonywania programu.

W Javie istnieje składnia pozwalająca rozwiązać ten problem. Aby zaznaczyć, że dany typ jest kontenerem przechowującym egzemplarze pewnego typu referencyjnego, należy umieścić nazwę typu **ładunku** tego kontenera w nawiasie trójkątnym:

```
// utworzenie listy obiektów typu CenteredCircle
List<CenteredCircle> shapes = new ArrayList<CenteredCircle>();

// utworzenie paru wycentrowanych kształtów i zapisanie ich w liście
shapes.add(new CenteredCircle(1.0, 1.0, 1.0));

// Poniższy wiersz spowoduje błąd kompilacji.
shapes.add(new CenteredSquare(2.5, 2, 3));

// List<CenteredCircle>::get() zwraca obiekt typu CenteredCircle, więc nie trzeba rzutowania.
CenteredCircle c = shapes.get(0);
```

Dzięki tej składni możliwe jest przechwytywanie już na etapie kompilacji dużej grupy błędów. Taki też jest oczywiście cel tworzenia statycznego systemu typów — eliminowanie na etapie kompilacji masy błędów, które inaczej wystąpiłyby w czasie działania programu.

Typy kontenerowe zazwyczaj nazywa się **typami ogólnymi (generycznymi)**, a deklaruje się je następująco:

```
interface Box<T> {
    void box(T t);
    T unbox();
}
```

To oznacza, że interfejs `Box` jest konstrukcją ogólną, w której można przechowywać dane dowolnego typu. Sam w sobie interfejs nie jest kompletny — jest raczej ogólnym opisem całej rodziny interfejsów, po jednej dla każdego typu, którego nazwę można wpisać w miejsce parametru `T`.

## Typy ogólne i parametry typów

Wiesz już, jak użyć typu ogólnego, aby zwiększyć poziom bezpieczeństwa programu przez wykorzystanie wiedzy dostępnej w czasie kompilacji w celu zapobieżenia powstaniu błędów podczas działania programu. W tym podrozdziale dokładniej poznasz właściwości typów ogólnych.

Składnia `<T>` ma specjalną nazwę — **parametr typu** — a inna nazwa typów ogólnych to **typy parametryzowane**. Odnosi się to do faktu, że typ kontenerowy (np. `List`) jest parametryzowany przez inny typ (przechowywanych w nim danych). Pisząc typ taki jak `Map<String, Integer>`, programista przypisuje parametrom typu konkretne wartości.

Przy tworzeniu typu parametryzowanego należy uważać, aby nie zakodować w nim żadnych założeń dotyczących parametrów typu. Zatem typ `List` w ogólnej wersji to `List<E>`. Parametr typu `E` służy jako symbol reprezentujący nazwę rzeczywistego typu, którego dane programista będzie przechowywał w tej strukturze.



Parametry typu zawsze reprezentują typy referencyjne. Nie można w ich miejsce wstawić typu prostego.

Parametru typu można używać w sygnaturach i treści metod, tak jakby był prawdziwym typem, np.:

```
interface List<E> extends Collection<E> {
    boolean add(E e);
    E get(int index);
    // pozostałe metody zostały pominięte
}
```

Należy zauważyć, że parametr typu `E` może być stosowany zarówno jako parametr typu zwróconego, jak i argumentu metody. Programista nie przyjmuje żadnego założenia, że typ ładunku ma jakiegokolwiek konkretne właściwości, a jedynie zakłada podstawową spójność — że typ wstawiony do kontenera zostanie też potem z niego pobrany.

## Składnia diamentowa

W wyrażeniu tworzącym egzemplarz typu ogólnego prawa strona przypisania zawiera powtórzenie wartości parametru typu. Najczęściej jest to niepotrzebne, ponieważ kompilator może wydedukować wartości parametrów typu. W nowych wersjach Javy można opuścić powtarzające się wartości typów przy użyciu tzw. **składni diamentowej**.

Zobaczmy, jak zastosować tę składnię, przepisując jeden z wcześniejszych przykładów:

```
// utworzenie listy obiektów typu CenteredCircle
List<CenteredCircle> shapes = new ArrayList<>();
```

Jest to drobna poprawa, jeśli chodzi o rozwlekłość instrukcji przypisania — udało się zaoszczędzić wpisywania paru znaków. Do tematu dedukcji typów wrócimy jeszcze przy okazji opisu wyrażen lambda pod koniec tego rozdziału.

## Wymazywanie typów

W podrozdziale „Metody domyślne” napisaliśmy, że właściciele Javy bardzo dbają o zgodność nowych wersji platformy ze starszymi. Dodatek typów ogólnych w Javie 5 jest kolejnym przykładem sytuacji, w której utrzymanie zgodności wstecznej sprawiało problemy.

Najważniejszą kwestią do rozwiązania było to, jak stworzyć system typów pozwalający na używanie starych, nieogólnych klas kolekcji razem z nowymi kolekcjami ogólnymi. Postanowiono zastosować rzutowanie:

```
List someThings = getSomeThings();  
// Niebezpieczne rzutowanie, ale wiadomo, że zawartość listy someThings stanowią łańcuchy.  
List<String> myStrings = (List<String>)someThings;
```

To oznacza, że typy `List` i `List<String>` są ze sobą zgodne przynajmniej na pewnym poziomie. Zgodność tę w Javie uzyskano dzięki **wymazywaniu typów**. Polega to na tym, że ogólne parametry typu są widoczne tylko w czasie kompilacji, a kompilator `javac` je usuwa, dzięki czemu w kodzie bajtowym są już nieobecne<sup>1</sup>.



Nieogólny typ `List` nazywa się **typem surowym**. Typów surowych nadal można używać, nawet jeśli mają uogólnione odpowiedniki. Jednak ich obecność prawie zawsze świadczy o niskiej jakości kodu.

Sposób działania mechanizmu wymazywania typów sprawia, że kompilator `javac` działa na nieco innym systemie typów niż maszyna wirtualna — szerzej tematem tym zajęliśmy się w podrozdziale „Typy czasu kompilacji i wykonywania programu”.

Ponadto wymazywanie typów uniemożliwia stosowanie pewnych definicji, które wydają się poprawne. W poniższym kodzie intencją programisty było policzenie zamówień znajdujących się w dwóch trochę różnych strukturach danych:

```
// nie da się skompilować  
interface OrderCounter {  
    // nazwa odnosi się do listy numerów zamówień  
    int totalOrders(Map<String, List<String>> orders);  
  
    // nazwa odnosi się do liczby wszystkich złożonych do tej pory zamówień  
    int totalOrders(Map<String, Integer> orders);  
}
```

Ten kod wygląda na poprawny, a jednak nie przejdzie kompilacji. Problem polega na tym, że mimo iż obie te metody wyglądają jak normalne przeciążone wersje, to po wymazywaniu typów ich sygnatury będą wyglądać tak:

```
int totalOrders(Map);
```

---

<sup>1</sup> Pewne ślady pozostają, co można sprawdzić przy użyciu refleksji.



Po wymazaniu typów pozostaje surowy typ kontenera, którym w tym przypadku jest `Map`. System wykonawczy nie będzie w stanie odróżnić tych dwóch metod po sygnaturach, przez co składnia ta jest niedozwolona w specyfikacji języka.

## Symbole wieloznaczne

Typ parametryzowany, taki jak `ArrayList<T>`, **nie umożliwia tworzenia egzemplarzy**. Jest tak dlatego, że `<T>` to tylko parametr typu, symbol zastępczy rezerwujący miejsce dla nazwy prawdziwego typu. Dopiero po wstawieniu w jego miejsce konkretnej wartości (np. `ArrayList<String>`) typ staje się kompletny i można stworzyć jego egzemplarz.

To powoduje problem, jeśli typ jest nieznan w czasie kompilacji, ale na szczęście w systemie typów Javy istnieje na to sposób. Utworzono specjalną konstrukcję do jawnego oznaczania **nieznanego typu** — `<?>`. Jest to najprostszy przykład **typu wieloznacznego** (ang. *wildcard*) języka Java.

Oto przykład wyrażenia z użyciem typu nieznanego:

```
ArrayList<?> mysteryList = unknownList();
Object o = mysteryList.get(0);
```

Jest to prawidłowy kod w języku Java — `ArrayList<?>` to w odróżnieniu od formy `ArrayList<T>` kompletny typ zmiennej. Nic nie wiadomo o typie możliwej zawartości listy `mysteryList`, ale nie sprawia to problemu w tym kodzie. Z używaniem typu nieznanego wiążą się pewne ograniczenia. Na przykład poniższy kod nie przejdzie kompilacji:

```
// To nie przejdzie kompilacji.
mysteryList.add(new Object());
```

Powód jest prosty — nie wiadomo, jakiego typu dane będą przechowywane w `mysteryList`! Gdyby się np. okazało, że `mysteryList` jest egzemplarzem typu `ArrayList<String>`, to nie moglibyśmy się spodziewać możliwości zapisania w tej liście obiektów typu `Object`.

Jedyną wartością, którą zawsze można wstawić do kontenera, to `null` — jak wiadomo, może ona zastąpić każdy typ referencyjny. Nie jest to jednak zbyt przydatne, więc w specyfikacji Javy zabroniono tworzenia egzemplarzy kontenerów o nieznanym typie zawartości. Na przykład:

```
// To nie przejdzie kompilacji.
List<?> unknowns = new ArrayList<?>();
```

Bardzo ważne zastosowanie typów nieznanych wynika z pytania: „Czy `List<String>` jest podtypem typu `List<Object>`?”. Innymi słowy: czy można napisać taki kod?

```
// Czy to jest dozwolone?
List<Object> objects = new ArrayList<String>();
```

Na pierwszy rzut oka może się wydawać, że ma to sens — `String` jest podklasą klasy `Object`, więc wiadomo, że każdy element typu `String` jest jednocześnie poprawnym obiektem typu `Object`. Ale spójrz na poniższy kod:

```
// Czy to jest dozwolone?
List<Object> objects = new ArrayList<String>();
```

```
// Jeżeli tak, to co zrobić z tym?
objects.add( new Object());
```

Ze względu na to, że typ kontenera `objects` został zadeklarowany jako `List<Object>`, powinno dać się wstawić do niego egzemplarz typu `Object`. Ponieważ jednak rzeczywisty egzemplarz

tego kontenera przechowuje łańcuchy, próba dodania obiektu typu `Object` oznaczałaby niezgodność typów, więc kod ten spowodowałby błąd wykonywania programu.

Należy sobie uświadomić, że mimo iż dozwolone (bo typ `String` dziedziczy po typie `Object`) jest napisanie takiego kodu:

```
Object o = new String("X");
```

nie znaczy to, że analogiczna instrukcja dla kontenera ogólnego również jest dozwolona:

```
// To nie przejdzie kompilacji.  
List<Object> objects = new ArrayList<String>();
```

Inaczej można powiedzieć w ten sposób, że `List<String>` **nie** jest podtypem typu `List<Object>`. Jeśli potrzebna jest taka relacja między kontenerami, należy użyć typu nieznanego:

```
// To jest dozwolone.  
List<?> objects = new ArrayList<String>();
```

To oznacza, że `List<String>` **jest** podtypem typu `List<?>`, mimo iż w takim przypisaniu jak powyższe zostaną utracone pewne informacje o typie. Na przykład typem zwrótnym metody `get()` jest teraz `Object`. Ponadto należy podkreślić, że `List<?>` nie jest podtypem żadnego typu `List<T>` dla jakiegokolwiek wartości `T`.

Typ nieznaną sprawia niektórym programistom kłopoty, wywołując pytania w rodzaju: „Czemu zamiast typu nieznanego nie można po prostu użyć typu `Object`?”. Jak jednak pokazaliśmy, możliwość tworzenia relacji podtypowych między typami ogólnymi wymaga istnienia pojęcia typu nieznanego.

## Symbole wieloznaczne z ograniczeniami

Tak naprawdę typy wieloznaczne w języku Java nie kończą się na typie nieznanym. Istnieją jeszcze **typy wieloznaczne z ograniczeniami**, zwane też **ograniczeniami parametrów typu**. Umożliwiają one określenie, jakie typy mogą zostać wstawione w miejsce parametru typu.

Używa się ich do opisywania hierarchii dziedziczenia głównie typów nieznanymi i tworzenia stwierdzeń w rodzaju: „Nic nie wiem o tym typie oprócz tego, że musi implementować interfejs `List`”. Stwierdzenie to należałoby wyrazić jako `? extends List` w parametrze typu. Może to być przydatna pomoc dla programisty, który zamiast używać kompletnie nieznanego typu, wie przynajmniej, jakie są jego niektóre właściwości.



Słowa kluczowego `extends` używa się zawsze, niezależnie od tego, czy typ ograniczający jest typem klasowym, czy interfejsowym.

Jest to przykład koncepcji zwanej **wariancją typów**, która jest ogólną teorią opisującą relacje między typami kontenerów i dziedziczeniem typów przechowywanych w nich danych.

### Kowariancja typów

Oznacza, że typy kontenerów łączy taka sama relacja jak typy przechowywanych w nich danych. Wyraża się to za pomocą słowa kluczowego `extends`.

### Kontrawariancja typów

Oznacza, że typy kontenerów łączy odwrotna relacja niż typy przechowywanych w nich danych. Wyraża się to za pomocą słowa kluczowego `super`.

Zasady te są wspomniane w opisach typów kontenerów pełniących funkcję producentów lub konsumentów typów. Na przykład jeżeli `Cat` rozszerza `Pet`, to `List<Cat>` jest podtypem typu `List<? extends Pet>`. `List` odgrywa rolę **producenta** obiektów typu `Cat` i odpowiednim słowem kluczowym jest `extends`.

W przypadku kontenera będącego jedynie **konsumentem** egzemplarzy jakiegoś typu należałoby użyć słowa kluczowego `super`.



Opisane zasady zostały sformułowane przez Joshuę Blocha i występują pod nazwą PECS (ang. *Producer Extends, Consumer Super*).

W rozdziale 8. przekonasz się, że kowariancja i kontrawariancja spotykane są w całej bibliotece kolekcji Javy. Ich najważniejszym zadaniem jest zapewnienie poprawnego i niezaskakującego działania typów ogólnych.

## Kowariancja tablic

W początkowych wersjach Javy, zanim w ogóle wprowadzono biblioteki kolekcji, problem dotyczący wariacji typów kontenerowych występował w odniesieniu do tablic. Bez wariacji typów trudno było poprawnie napisać nawet tak prostą metodę jak `sort()`:

```
Arrays.sort(Object[] a);
```

Dlatego tablice w Javie są kowariantne — w tamtych czasach uznano to za zło konieczne, które niestety powodowało powstanie luki w statycznym systemie typów:

```
// Ten kod jest jak najbardziej poprawny.  
String[] words = {"Witaj, świecie!" };  
Object[] objects = words;
```

```
// A niech to, błąd wykonawczy.  
objects[0] = new Integer(42);
```

Badania przeprowadzone na nowoczesnych otwartych bazach kodu sugerują, że kowariancja tablic jest bardzo rzadko spotykana i prawie zawsze stanowi usterkę w projekcie języka programowania<sup>2</sup>. Powinno się jej unikać przy pisaniu nowego kodu.

## Metody ogólne

**Metoda ogólna** to taka metoda, która przyjmuje jako argumenty obiekty dowolnego typu referencyjnego.

Na przykład poniższa metoda imituje działanie operatora `,` (przecinek) z języka C, który służy do łączenia wyrażeń mających skutki uboczne:

```
// Ta klasa nie jest ogólna.  
public class Utils  
{  
    public static <T> T comma(T a, T b) {  
        return a;  
    }  
}
```

---

<sup>2</sup> Raoul-Gabriel Urma, Janina Voigt, *Using the OpenJDK to Investigate Covariance in Java*, „Java Magazine”, maj – czerwiec 2012, s. 44 – 47.

Mimo że w definicji metody użyto parametru typu, zawierająca ją klasa nie jest ogólna. W tym przypadku specjalną składnię zastosowano tylko po to, by zaznaczyć, że metody można używać w dowolny sposób oraz że jej typ zwrotny jest taki sam jak typ zwrotny argumentu.

## Używanie i projektowanie typów ogólnych

Przy pracy z typami ogólnymi w Javie czasami dobrze jest myśleć w kategoriach dwóch poziomów wtajemniczenia:

### Praktyk

Praktyk używa istniejących bibliotek ogólnych i tworzy stosunkowo proste własne klasy ogólne. Programista taki powinien także posiadać podstawową wiedzę o wymazywaniu typów, ponieważ niektóre cechy składni Javy trudno jest zrozumieć bez przynajmniej elementarnej wiedzy o tym, jak system wykonawczy obsługuje typy ogólne.

### Projektant

Projektant nowych bibliotek zawierających typy ogólne musi dysponować o wiele szerszą wiedzą na ich temat. W specyfikacji występują pewne trudniejsze części, jak np. pełny opis typów wieloznacznych, i są opisane zaawansowane zagadnienia, takie jak wiadomości o błędach „capture of”.

Typy ogólne to jedna z najbardziej skomplikowanych części specyfikacji języka Java. Zawiera wiele pułapek, o których nie każdy programista musi wiedzieć, przynajmniej nie przy pierwszym zetknięciem z tą częścią systemu.

## Typy czasu kompilacji i wykonywania programu

Spójrz na poniższy fragment kodu:

```
List<String> l = new ArrayList<>();
System.out.println(l);
```

Można zadać pytanie: jakiego typu jest `l`? Odpowiedź zależy od tego, czy interesuje nas `l` w czasie kompilacji (tzn. typ widziany przez kompilator `javac`), czy `l` w czasie działania programu (typ widziany przez maszynę wirtualną).

Dla kompilatora `javac` `l` będzie listą łańcuchów i te informacje wykorzysta do sprawdzenia, czy nie ma błędów składniowych, np. próby dodania niedozwolonego typu.

Natomiast dla maszyny wirtualnej `l` będzie obiektem typu `ArrayList`, jak widać w wyniku instrukcji `println()`. W czasie wykonywania programu zmienna `l` ma typ surowy dzięki wymazywaniu typów.

Oznacza to, że typy czasu wykonywania i kompilacji nieco się między sobą różnią. Najdziwniejsze jest jednak to, że pod pewnymi względami typ czasu wykonywania jest jednocześnie bardziej i mniej konkretny niż typ czasu kompilacji.

Typ czasu wykonywania jest mniej specyficzny niż typ czasu kompilacji, ponieważ utracona została informacja o typie przechowywanych danych — zniknęła w wyniku wymazywania typów i pozostał tylko typ surowy.

Typ czasu kompilacji jest mniej specyficzny niż typ czasu wykonywania, gdyż nie wiadomo dokładnie, jaki konkretny typ będzie mieć `l` — wiadomo tylko, że będzie to jakiś typ zgodny z typem `List`.

## Wyliczenia i adnotacje

W Javie istnieją specjalne rodzaje klas i interfejsów odgrywające specjalne role w systemie typów. Są to **typy wyliczeniowe** i **typy adnotacyjne**, które zazwyczaj krócej nazywa się po prostu **wyliczeniami** (ang. *enum*) i **adnotacjami** (ang. *annotation*).

### Wyliczenia

Wyliczenia są rodzajem klas o ograniczonej funkcjonalności i tylko niewielkiej liczbie możliwych wartości.

Załóżmy np., że trzeba zdefiniować typ do reprezentowania kolorów czerwonego, zielonego i niebieskiego oraz że są to jedyne dopuszczalne wartości tego typu. Taki typ można zdefiniować przy użyciu słowa kluczowego `enum`:

```
public enum PrimaryColor {  
    // Na końcu listy egzemplarzy nie musi być znaku ;.  
    CZERWONY, ZIELONY, NIEBIESKI  
}
```

Do pól wyliczenia `PrimaryColor` można się teraz odwoływać tak, jakby były polami statycznymi: `PrimaryColor.CZERWONY`, `PrimaryColor.ZIELONY` i `PrimaryColor.NIEBIESKI`.



W innych językach programowania, np. C++, do tego celu najczęściej używa się stałych wartości całkowitoliczbowych, ale technika zastosowana w Javie zapewnia lepsze bezpieczeństwo typów i większą elastyczność. Na przykład jako że wyliczenia są specjalnym rodzajem klas, mogą zawierać pola i metody składowe. Jeśli mają treść główną (składającą się z pól i metod), to na końcu listy składowych wymagany jest średnik.

Załóżmy np., że potrzebne jest wyliczenie zawierające kilka wielokątów foremnych (figur geometrycznych, w których wszystkie boki i kąty są równe), na których można wykonywać pewne działania (za pomocą metod). Można w tym celu utworzyć wyliczenie przyjmujące wartość jako parametr:

```
public enum RegularPolygon {  
    // W wyliczeniach z parametrami średnik jest potrzebny.  
    TRIANGLE(3), SQUARE(4), PENTAGON(5), HEXAGON(6);  
  
    private Shape shape;  
  
    public Shape getShape() {  
        return shape;  
    }  
  
    private RegularPolygon( int sides) {  
        switch (sides) {  
            case 3:  
                // Zakładamy, że mamy kilka ogólnych konstruktorów  
                // kształtów, które pobierają jako parametry  
                // długość boku i miarę kąta w stopniach.  
                shape = new Triangle(1, 1, 1, 60, 60, 60);  
        }  
    }  
}
```

```

        break;
    case 4:
        shape = new Rectangle(1, 1);
        break;
    case 5:
        shape = new Pentagon(1, 1, 1, 1, 1, 108, 108, 108, 108, 108);
        break;
    case 6:
        shape = new Hexagon(1, 1, 1, 1, 1, 1, 120, 120, 120, 120, 120, 120);
        break;
    }
}
}

```

Parametry te (w tym przykładzie tylko jeden) są przekazywane do konstruktora w celu utworzenia poszczególnych egzemplarzy wyliczenia. Jako że egzemplarze wyliczenia są tworzone przez system wykonawczy Javy i nie mogą być tworzone z zewnątrz, konstruktor został zadeklarowany jako prywatny.

Wyliczenia mają pewne specjalne właściwości:

- Wszystkie niejawnie rozszerzają klasę `java.lang.Enum`.
- Nie mogą być ogólne.
- Mogą implementować interfejsy.
- Nie mogą być rozszerzane.
- Mogą zawierać metody abstrakcyjne tylko wtedy, gdy wszystkie wartości wyliczenia są zaimplementowane.
- Mogą mieć tylko prywatny konstruktor.

## Adnotacje

Adnotacje to specjalny rodzaj interfejsu, który jak sama nazwa wskazuje, opatruje przypisem pewną część programu.

Weźmy np. adnotację `@Override`. Była już używana w niektórych wcześniejszych przykładach i może zastanawiać się, co to jest.

Najkrótsza i dość zaskakująca odpowiedź jest taka, że adnotacja ta nic nie robi.

Nieco dłuższa (i mniej poważna) odpowiedź jest taka, że `@Override`, jak wszystkie inne adnotacje, nie wywołuje bezpośrednich efektów, tylko służy jako dodatkowa informacja na temat metody, której dotyczy — w tym przypadku oznacza, że metoda przesłania metodę z nadklasy.

Jest to przydatna wskazówka dla kompilatorów i zintegrowanych środowisk programistycznych — jeśli programista pomyli się przy wpisywaniu nazwy przesłanianej metody, to obecność adnotacji `@Override` przy metodzie, która nie przesłania żadnej innej metody, zaalarmuje kompilator, że coś jest nie tak.

Adnotacje nie mogą zmieniać semantyki programu, a ich jedynym zadaniem jest dostarczanie dodatkowych metainformacji. Ściśle rzecz biorąc, oznacza to, że adnotacje nie powinny wpływać na sposób wykonywania programu, a tylko przekazywać informacje dla kompilatora i innych narzędzi działających przed rozpoczęciem wykonywania programu.

Kilka podstawowych adnotacji platformy jest zdefiniowanych w pakiecie `java.lang`. Początkowo istniały tylko adnotacje `@Override`, `@Deprecated` i `@SuppressWarnings`, oznaczające odpowiednio przesłonięcie metody, metodę, której używania się nie zaleca, oraz to, że dana metoda generuje pewne ostrzeżenia, które należy stłumić.

W Javie 7 dodano do tego zestawu adnotację `@SafeVarargs` (rozszerzone tłumienie ostrzeżeń dla metod o zmiennej liczbie argumentów), a w Javie 8 — `@FunctionalInterface`. Adnotacja `@FunctionalInterface` oznacza, że dany interfejs może być używany jako cel dla wyrażenia lambda — jest przydatnym znacznikiem, chociaż nie ma obowiązku jego stosowania.

W porównaniu ze zwykłymi interfejsami adnotacje mają pewne specjalne właściwości:

- Wszystkie niejawnie rozszerzają interfejs `java.lang.annotation.Annotation`.
- Nie mogą być ogólne.
- Nie mogą rozszerzać żadnego innego interfejsu.
- Mogą definiować tylko metody nieprzyjmujące argumentów.
- Nie mogą definiować metod zgłaszających wyjątki.
- Mają ograniczony zestaw typów zwrotnych dla metod.
- Mogą mieć domyślną wartość zwrótną dla metod.

## Definiowanie własnych adnotacji

Definiowanie własnych adnotacji do użytku w swoich programach nie jest trudne. Służy do tego słowo kluczowe `@interface`, którego używa się bardzo podobnie jak słów kluczowych `class` i `interface`.



Kluczem do pisania własnych adnotacji jest wykorzystanie „metaadnotacji”. Jest to specjalny rodzaj adnotacji występujących w definicjach nowych typów adnotacji.

Metaadnotacje są zdefiniowane w pakiecie `java.lang.annotation` i umożliwiają zdefiniowanie zasady dotyczącej tego, gdzie dany typ adnotacji może być używany oraz jak powinien być traktowany przez kompilator i system wykonawczy.

Istnieją dwie podstawowe metaadnotacje, które są w zasadzie niezbędne przy tworzeniu nowego typu adnotacji: `@Target` i `@Retention`. Obie przyjmują wartości reprezentowane jako wyliczenia.

Metaadnotacja `@Target` określa, gdzie dana adnotacja może być używana w kodzie źródłowym. Wyliczenie `ElementType` ma następujący zestaw dopuszczalnych wartości: `TYPE`, `FIELD`, `METHOD`, `PARAMETER`, `CONSTRUCTOR`, `LOCAL_VARIABLE`, `ANNOTATION_TYPE`, `PACKAGE`, `TYPE_PARAMETER` oraz `TYPE_USE`.

Druga metaadnotacja to `@Retention`. Określa ona, w jaki sposób kompilator `javac` i system wykonawczy Javy mają przetwarzać daną adnotację. Może mieć jedną z trzech wartości reprezentowanych przez wyliczenie `RetentionPolicy`:

SOURCE

Adnotacje z tą zasadą zatrzymania są odrzucane przez kompilator `javac` w czasie kompilacji.

## CLASS

To oznacza, że adnotacja będzie obecna w pliku klasy, ale niekoniecznie będzie dostępna w czasie wykonywania programu przez maszynę wirtualną. Ustawienia tego używa się rzadko, ale czasami można je spotkać w narzędziach do statycznej analizy kodu bajtowego.

## RUNTIME

To oznacza, że adnotacja będzie dostępna w kodzie użytkownika w czasie działania programu (przy użyciu refleksji).

Spójrz na prosty przykład definicji adnotacji o nazwie `@Nickname`, która umożliwi programiście zdefiniowanie dodatkowej nazwy dla metody, aby ułatwić jej znalezienie w czasie działania programu za pomocą refleksji:

```
@Target(ElementType.METHOD)
@Retention(RetentionPolicy.RUNTIME)
public @interface Nickname {
    String[] value() default {};
}
```

To cały kod definicji adnotacji. Określono w nim element składni, przy którym adnotacja ta może występować, zasadę zatrzymywania oraz nazwę elementu. Jako że celem jest umożliwienie dodania alternatywnej nazwy dla metody, konieczne było też zdefiniowanie metody w tej adnotacji. Mimo to definicje nowych własnych adnotacji są bardzo zwarte.

Oprócz dwóch opisanych podstawowych metaadnotacji istnieją jeszcze metaadnotacje `@Inherited` i `@Documented`. Są one znacznie rzadziej używane, a ich szczegółowy opis można znaleźć w dokumentacji platformy.

## Adnotacje typów

W Javie 8 do wyliczenia `ElementType` dodano dwie nowe wartości — `TYPE_PARAMETER` i `TYPE_USE`. Umożliwiają one stosowanie adnotacji w nowych, wcześniej niedostępnych miejscach, a konkretnie wszędzie tam, gdzie użyty jest jakiś typ. To pozwala programiście na pisanie takiego kodu jak poniższy:

```
@NotNull String safeString = getMyString();
```

Dodatkowe informacje o typie przekazywane przez adnotację `@NotNull` mogą zostać wykorzystane przez specjalny system sprawdzania typów do wykrywania nieprawidłowości (w tym przypadku potencjalnego wyjątku `NullPointerException`) i przeprowadzania dodatkowej analizy statycznej. Podstawowa dystrybucja Javy 8 zawiera kilka podstawowych narzędzi do sprawdzania typów w formie wtyczek, ale dodatkowo udostępnia też infrastrukturę umożliwiającą programistom tworzenie własnych takich narzędzi.

W tym podrozdziale opisaliśmy typy wyliczeniowe i adnotacyjne języka Java. Teraz przejdziemy do opisu następczej ważnej części systemu typów Javy: typów zagnieżdżonych.

## Typy zagnieżdżone

Wszystkie klasy, interfejsy i wyliczenia pokazane do tej pory to **typy najwyższego poziomu**. To znaczy, że są bezpośrednimi składnikami pakietów, a ich definicje są niezależne od innych typów. Ale definicje typów można też zagnieżdżać w innych definicjach typów. W efekcie powstają tzw. **typy zagnieżdżone**, często nazywane „klasami wewnętrznymi”, które stanowią bardzo ważny element języka programowania Java.



Typów zagnieżdżonych używa się do dwóch różnych celów, z których oba wiążą się z hermetyzacją:

- Typ może zostać zagnieżdżony, gdy potrzebuje dostępu na szczególnych zasadach do wnętrza innego typu — będąc typem składowym, ma takie same prawa jak zmienne i metody składowe, więc może nagiąć zasady hermetyzacji.
- Dany typ może być potrzebny tylko do ściśle określonego celu i w bardzo ograniczonej części kodu. Ta ścisła izolacja jest potrzebna dlatego, że typ ten stanowi szczegół implementacyjny i powinien być oddzielony od reszty systemu.

Typy zagnieżdżone można też sobie wyobrażać jako konstrukcje, które są w jakiś sposób związane z innym typem — nie mogą istnieć całkiem niezależnie od pewnej jednostki. Typ można zagnieżdżyć w innym typie na cztery sposoby:

### Statyczne typy składowe

Statyczny typ składowy to typ zdefiniowany jako składowa statyczna innego typu. Statycznie są zawsze zagnieżdżone interfejsy, wyliczenia i adnotacje (nawet jeśli programista nie użyje słowa kluczowego `static`).

### Niestatyczne klasy składowe

Niestatyczny typ składowy to po prostu typ składowy niezadeklarowany jako statyczny. W ten sposób można deklarować tylko klasy.

### Klasy lokalne

Klasa lokalna to taka, która jest zdefiniowana i widoczna tylko w bloku kodu Java. Lokalnie nie można definiować interfejsów, wyliczeń i adnotacji.

### Klasy anonimowe

Klasa anonimowa to rodzaj klasy lokalnej pozbawionej nazwy mającej jakieś znaczenie w języku Java. Interfejsy, wyliczenia i adnotacje nie mogą być anonimowe.

Termin „typy zagnieżdżone” jest poprawny i precyzyjny, ale programiści używają go rzadko. Zamiast tego większość użytkowników Javy stosuje znacznie mniej dokładne określenie: „klasa wewnętrzna”. W zależności od sytuacji może ono oznaczać niestatyczną klasę składową, klasę lokalną lub klasę anonimową, ale nie statyczny typ składowy, i nie ma możliwości ich rozróżnienia.

Na szczęście mimo niedoskonałości terminologii dotyczącej opisu typów zagnieżdżonych składnia jest bardzo precyzyjna i z kontekstu zazwyczaj jasno wynika, o jakim typie zagnieżdżonym jest mowa.

Poniżej znajduje się bardziej szczegółowy opis każdego z czterech rodzajów typów zagnieżdżonych. W każdej sekcji opisaliśmy właściwości danego typu, ograniczenia dotyczące jego zastosowania oraz specjalne wymagania składniowe. Na zakończenie tej części przedstawiliśmy uwagę implementacyjną wyjaśniającą, jak typy zagnieżdżone działają od wewnątrz.

## Statyczne typy składowe

**Stacyjny typ składowy** jest bardzo podobny do zwykłego typu najwyższego poziomu, ale dla wygody został zagnieżdżony w przestrzeni nazw innego typu. Oto podstawowe właściwości statycznych typów składowych:

- Statyczny typ składowy jest jak pozostałe składowe statyczne klasy: pola i metody statyczne.
- Statyczny typ składowy nie jest związany z jakimkolwiek egzemplarzem zawierającej go klasy (tzn. nie ma obiektu `this`).
- Statyczny typ składowy ma dostęp tylko do statycznych składowych zawierającej go klasy.
- Statyczny typ składowy ma dostęp do wszystkich składowych statycznych (wliczając inne statyczne typy składowe) zawierającego go typu.
- Zagnieżdżone interfejsy, wyliczenia i adnotacje są domyślnie statyczne, niezależnie od tego, czy użyto słowa kluczowego `static`, czy nie.
- Każdy typ zagnieżdżony w interfejsie lub adnotacji jest domyślnie statyczny.
- Statyczny typ składowy można definiować zarówno w typach najwyższego poziomu, jak i w dowolnie głęboko zagnieżdżonych innych składowych typach statycznych.
- Statycznego typu składowego nie można zdefiniować w innym rodzaju typu zagnieżdżonego.

Przeanalizujemy krótki przykład składni definicji statycznych typów składowych. Na listingu 4.1 pokazano interfejs pomocniczy zdefiniowany jako statyczna składowa klasy. Ponadto w kodzie tym pokazano sposób użycia tego interfejsu zarówno w zawierającej go klasie, jak i w klasach zewnętrznych. Zwróć uwagę na zastosowanie hierarchicznej nazwy w klasie zewnętrznej.

#### Listing 4.1. Definiowanie i używanie statycznego interfejsu składowego

```
// klasa implementująca stos jako listę powiazaną
public class LinkedStack {

    // Ten statyczny interfejs składowy określa sposób powiązania obiektów.
    // Słowo kluczowe static jest opcjonalne: wszystkie zagnieżdżone interfejsy są statyczne.
    static interface Linkable {
        public Linkable getNext();
        public void setNext(Linkable node);
    }

    // Początek listy jest obiektem Linkable.
    Linkable head;

    // Treść metod została pominięta.
    public void push(Linkable node) { ... }

    public Object pop() { ... }
}

// Ta klasa implementuje statyczny interfejs składowy.
class LinkableInteger implements LinkedStack.Linkable {
    // Poniżej znajdują się dane węzła i jego konstruktor.
    int i;
    public LinkableInteger(int i) { this.i = i; }

    // To są dane i metody potrzebne do implementacji interfejsu.
    LinkedStack.Linkable next;

    public LinkedStack.Linkable getNext() { return next; }

    public void setNext(LinkedStack.Linkable node) { next = node; }
}
```

## Właściwości statycznych typów składowych

Stacyjny typ składowy ma dostęp do wszystkich statycznych składowych zawierającego go typu, wliczając składowe prywatne. Działa to też w drugą stronę, tzn. metody typu nadrzędnego mają dostęp do wszystkich składowych statycznego typu składowego, wliczając składowe prywatne. Stacyjny typ składowy ma nawet dostęp do wszystkich składowych każdego innego statycznego typu składowego, wliczając składowe prywatne. Stacyjny typ składowy może używać innych statycznych typów składowych bez poprzedzania ich nazwy nazwą typu nadrzędnego.



Stacyjny typ składowy nie może mieć takiej samej nazwy jak którakolwiek z zawierających go klas. Ponadto statyczne typy składowe można definiować tylko w typach najwyższego poziomu i innych statycznych typach składowych. Tak naprawdę zasada ta jest elementem szerszej reguły, zabraniającej definiowania jakichkolwiek statycznych składowych w klasach składowych, lokalnych i anonimowych.

Typy najwyższego poziomu mogą być publiczne lub prywatne w odniesieniu do pakietu (jeśli w ich deklaracji nie użyto słowa kluczowego `public`). Deklarowanie ich jako prywatnych lub chronionych nie miałyby sensu. Widoczność chroniona byłaby równoważna z prywatną pakietową, a prywatna klasa najwyższego poziomu nie mogłaby być stosowana przez jakikolwiek inny typ.

Natomiast statyczne typy składowe są składowymi, więc mogą mieć taką samą widoczność jak każda inna składowa zawierającego je typu. Modyfikatory widoczności w odniesieniu do nich mają takie samo znaczenie jak w odniesieniu do pozostałych składowych. Przypomnijmy, że wszystkie składowe interfejsów (i adnotacji) są domyślnie publiczne, więc statyczne typy składowe zagnieżdżone w interfejsach i adnotacjach nie mogą być chronione ani prywatne.

Na przykład na listingu 4.1 interfejs `Linkable` jest zadeklarowany jako publiczny, toteż może go implementować każda klasa, której obiekty powinno dać się przechowywać w strukturze `LinkedList`.

Poza klasą nadrzędną statyczny typ składowy ma nazwę składającą się z nazwy typu zewnętrznego i typu wewnętrznego (np. `LinkedList.Linkable`).

W większości przypadków składnia ta stanowi cenne przypomnienie, że klasa wewnętrzna jest powiązana z zawierającym ją typem. Ale w języku Java można też za pomocą dyrektywy `import` bezpośrednio zaimportować statyczny typ składowy:

```
import pkg.Linkable; // importuje jeden wybrany typ zagnieżdżony
// importuje wszystkie typy zagnieżdżone z klasy Linkable
import pkg.*;
```

Dzięki tej operacji typu zagnieżdżonego można używać bez dodawania nazwy zawierającego go typu (np. wystarczy napisać `Linkable`).



Stacyjny typ składowy można też zaimportować za pomocą dyrektywy `import static`. Szerzej na temat dyrektyw `import` i `import static` pisaliśmy w rozdziale 2., w podrozdziale „Pakiety i przestrzenie nazw”.

Ponieważ jednak `import` typu zagnieżdżonego powoduje ukrycie faktu, że typ ten jest ściśle związany z typem go zawierającym — co zazwyczaj jest bardzo ważną informacją — rzadko się to robi.

# Niestatyczne klasy składowe

**Niestatyczna klasa składowa** to klasa zadeklarowana jako składowa innej klasy lub wyliczenia bez użycia słowa kluczowego `static`:

- Jeżeli statyczny typ składowy jest analogiczny do pola klasy i metody klasy, to niestatyczna klasa składowa jest analogiczna do pola egzemplarza i metody egzemplarza.
- Tylko klasy mogą być niestatycznymi typami składowymi.
- Egzemplarz niestatycznej klasy składowej jest zawsze związany z egzemplarzem typu nadrzędnego.
- Kod niestatycznej klasy składowej ma dostęp do wszystkich pól i metod (statycznych i niestatycznych) typu nadrzędnego.
- Kilka cech składni Javy istnieje tylko po to, by możliwa była praca z egzemplarzem nadrzędnym niestatycznej klasy składowej.

Na listingu 4.2 pokazano sposób definicji i użycia klasy składowej. Jest to rozszerzenie poprzedniego przykładu klasy `LinkedList` o możliwość wyliczenia elementów stosu za pomocą metody `iterator()` zwracającej implementację interfejsu `java.util.Iterator`. Implementacja tego interfejsu jest zdefiniowana jako klasa składowa.

Listing 4.2. *Iterator zaimplementowany jako klasa składowa*

```
import java.util.Iterator;

public class LinkedList {

    // nasz statyczny interfejs składowy
    public interface Linkable {
        public Linkable getNext();
        public void setNext(Linkable node);
    }

    // początek listy
    private Linkable head;

    // treść metod pominięto
    public void push(Linkable node) { ... }
    public Linkable pop() { ... }

    // Ta metoda zwraca obiekt typu Iterator dla tej klasy LinkedList.
    public Iterator<Linkable> iterator() { return new LinkedIterator(); }

    // To jest implementacja interfejsu Iterator,
    // zdefiniowana jako niestatyczna klasa składowa.
    protected class LinkedIterator implements Iterator<Linkable> {
        Linkable current;

        // W konstruktorze użyto prywatnego pola klasy nadrzędnej.
        public LinkedIterator() { current = head; }

        // Trzy poniższe metody są zdefiniowane przez interfejs Iterator.
        public boolean hasNext() { return current != null; }

        public Linkable next() {
            if (current == null)
                throw new java.util.NoSuchElementException();
            Linkable value = current;
        }
    }
}
```

```

        current = current.getNext();
        return value;
    }

    public void remove() { throw new UnsupportedOperationException(); }
}

```

Zwróć uwagę na sposób zagnieżdżenia klasy `LinkedListIterator` w klasie `LinkedList`. Jako że `LinkedListIterator` jest klasą pomocniczą wykorzystywaną tylko w klasie `LinkedList`, umieszczenie jej definicji bardzo blisko miejsca użycia sprawia, że projekt klasy jest bardziej przejrzysty.

## Właściwości klas składowych

Tak jak pola i metody egzemplarzowe, tak każdy egzemplarz niestaticznej klasy składowej jest związany z egzemplarzem klasy, w której ją zdefiniowano. Oznacza to, że kod klasy składowej ma dostęp do wszystkich pól i metod egzemplarzowych (a także składowych statycznych) egzemplarza nadrzędnego, wliczając składowe prywatne.

Zostało to już zilustrowane w listingu 4.2. Poniżej jeszcze raz przedstawiamy konstruktor `LinkedList.Iterator()`:

```
public LinkedList.Iterator() { current = head; }
```

Kod ten ustawia pole `current` klasy wewnętrznej na wartość pola `head` klasy nadrzędnej. Wszystko działa poprawnie, mimo że `head` jest polem prywatnym klasy nadrzędnej.

Niestatyczna klasa składowa, jak każda składowa klasy, może mieć przypisany jeden ze standardowych modyfikatorów dostępu. Na listingu 4.2 klasa `LinkedList.Iterator` jest zadeklarowana jako chroniona, więc jest niedostępna w kodzie (w innym pakiecie) używającym klasy `LinkedList`, ale jest dostępna we wszystkich podklasach tej klasy.

## Ograniczenia dotyczące klas składowych

Klasy składowe mają dwa poważne ograniczenia:

- Niestatyczna klasa składowa nie może mieć takiej samej nazwy jak którakolwiek z klas nadrzędnych lub pakiet. Jest to bardzo ważna zasada, która **nie** dotyczy pól i metod.
- Niestatyczne klasy składowe nie mogą zawierać pól statycznych, metod ani typów, z wyjątkiem pól stałych zadeklarowanych jednocześnie jako statyczne i finalne.



Składowe statyczne są konstrukcjami najwyższego poziomu, niezwiązanymi z jakimkolwiek obiektem, natomiast każda niestatyczna klasa składowa jest związana z egzemplarzem zawierającej ją klasy. Definicja statycznej składowej najwyższego poziomu w klasie składowej niebędącej na najwyższym poziomie powodowałaby niejasności, więc zostało to zabronione.

## Składnia klas składowych

Najważniejszą właściwością klas składowych jest to, że mają dostęp do pól i metod egzemplarzowych zawierających je obiektów. Przykład tego można było zaobserwować w konstruktorze `LinkedList.Iterator()` na listingu 4.2:

```
public LinkedList.Iterator() { current = head; }
```

W tym przykładzie `head` jest polem nadrzędnej klasy `LinkedList` i zostaje ono przypisane do pola `current` klasy `LinkedListIterator` (będącego składową niestaticzną klasy składowej).

Gdybyśmy chcieli użyć jawnych referencji i słowa kluczowego `this`, to musielibyśmy się posłużyć specjalną składnią do jawnego odnoszenia się do nadrzędnego egzemplarza obiektu `this`. Na przykład w konstruktorze wyglądałoby to tak:

```
public LinkedListIterator() { this.current = LinkedList.this.head; }
```

Ogólna postać tej składni to `nazwaklasy.this`, gdzie `nazwaklasy` to nazwa klasy nadrzędnej. Zauważ, że klasy składowe same mogą zawierać klasy składowe do dowolnego poziomu głębokości zagnieżdżenia. Ponieważ jednak żadna klasa składowa nie może mieć takiej samej nazwy jak którakolwiek z klas nadrzędnych, użycie nazwy klasy nadrzędnej i słowa kluczowego `this` jest idealnym ogólnym sposobem na odnoszenie się do dowolnego egzemplarza nadrzędnego.



Ta specjalna składnia jest potrzebna tylko wtedy, gdy trzeba się odnieść do składowej klasy nadrzędnej, która jest ukryta przez składową o takiej samej nazwie w klasie składowej.

## Zakres dostępności a dziedziczenie

Zwróć uwagę, że klasa najwyższego poziomu może rozszerzać klasę składową. Po wprowadzeniu niestaticznych klas składowych dla każdej klasy należy rozważyć dwie osobne hierarchie. Pierwsza to **hierarchia dziedziczenia**, od nadklasy do podklasy, która definiuje dziedziczone przez klasę składową pola i metody. Druga to **hierarchia nadrzędności**, od klasy nadrzędnej do podrzędnej, która definiuje zestaw pól i metod znajdujących się w zakresie widoczności (dostępności) klasy składowej.

Znajomość właściwości i podstawowych zasad dotyczących tych dwóch hierarchii jest bardzo ważna:

- Hierarchie te są od siebie całkowicie niezależne i nie można ich mylić.
- Należy powstrzymać się od stwarzania kolizji nazw, tzn. sytuacji, w których pole lub metoda w nadklasie ma taką samą nazwę jak pole lub metoda w klasie nadrzędnej.
- Jeżeli konflikt nazw wystąpi, odziedziczone pole lub metoda ma pierwszeństwo przed polem bądź metodą o takiej samej nazwie z klasy nadrzędnej.
- Odziedziczone pola i metody znajdują się w zakresie klasy je dziedziczącej i mają pierwszeństwo przed polami i metodami o takiej samej nazwie z zakresów nadrzędnych.
- Aby zapobiec myleniu hierarchii klas z hierarchią nadrzędności, unikaj tworzenia głębokich hierarchii nadrzędności.
- Jeżeli klasa jest zagnieżdżona głębiej niż na dwa poziomy, to prawdopodobnie spowoduje więcej zamieszania, niż jest warta.
- Jeśli klasa ma głęboką hierarchię klas (tzn. ma wielu przodków), zastanów się, czy nie lepiej ją zdefiniować jako klasę najwyższego poziomu zamiast niestaticzną klasę składową.

# Klasy lokalne

**Klasa lokalna** jest zadeklarowana lokalnie w bloku kodu Java zamiast jako składowa klasy. Lokalnie można definiować tylko klasy. Interfejsy, wyliczenia i adnotacje jako typy składowe muszą być na najwyższym poziomie lub statyczne. Najczęściej lokalne klasy definiuje się w metodach, ale można je też definiować w statycznych inicjatorach i inicjatorach egzemplarzy klas.

Tak jak wszystkie bloki kodu w Javie muszą się znajdować w definicjach klas, tak wszystkie klasy lokalne muszą się znajdować w blokach. Z tego powodu klasy lokalne mają wiele wspólnych cech z klasami składowymi. Ale z reguły lepiej jest je traktować jak całkiem osobny rodzaj typu zagnieżdżonego.



W rozdziale 5. szczegółowo opisaliśmy, kiedy lepiej wybrać klasę lokalną, a kiedy wyrażenie lambda.

Cechą wyróżniającą klasy lokalnej jest to, że jest ograniczona do zakresu bloku kodu. Podobnie jak zmienna lokalna klasa lokalna jest dostępna tylko w tym bloku kodu, w którym została zdefiniowana. Na listingu 4.3 pokazano zmodyfikowaną metodę `iterator()` z klasy `LinkedList` w taki sposób, że klasa `LinkedListIterator` jest w niej klasą lokalną, a nie klasą składową.

Dzięki temu definicja klasy jeszcze bardziej przybliżyła się do miejsca użycia, co powinno dodatkowo zwiększyć czytelność kodu. Dla uproszczenia na listingu 4.3 pokazano tylko kod źródłowy metody `iterator()`, bez całej otaczającej ją klasy `LinkedList`.

Listing 4.3. Definiowanie i używanie klasy lokalnej

```
// Ta metoda zwraca obiekt typu Iterator dla tej klasy LinkedList.
public Iterator<Linkable> iterator() {
    // Poniżej znajduje się definicja LinkedListIterator jako klasy lokalnej.
    class LinkedListIterator implements Iterator<Linkable> {
        Linkable current;

        // W konstruktorze użyto prywatnego pola klasy nadrzędnej.
        public LinkedListIterator() { current = head; }

        // Trzy poniższe metody są zdefiniowane przez interfejs Iterator.
        public boolean hasNext() { return current != null; }

        public Linkable next() {
            if (current == null)
                throw new java.util.NoSuchElementException();
            Linkable value = current;
            current = current.getNext();
            return value;
        }

        public void remove() { throw new UnsupportedOperationException(); }
    }

    // tworzy i zwraca egzemplarz właśnie zdefiniowanej klasy
    return new LinkedListIterator();
}
```

## Właściwości klas lokalnych

Klasy lokalne mają następujące ciekawe właściwości:

- Tak jak klasy składowe klasy lokalne są związane z egzemplarzem nadrzędnym i mają dostęp do wszystkich składowych, także prywatnych, klasy nadrzędnej.
- Oprócz pól zdefiniowanych przez klasę nadrzędną klasy lokalne mają dostęp do wszystkich zmiennych lokalnych, parametrów metod i parametrów wyjątków znajdujących się w zasięgu lokalnej definicji metody i zadeklarowanych jako finalne.

## Ograniczenia dotyczące klas lokalnych

Klasy lokalne podlegają następującym ograniczeniom:

- Nazwa klasy lokalnej istnieje tylko w bloku zawierającym jej definicję. Nie można jej używać poza tym blokiem. (Ale należy zauważyć, że egzemplarze klasy lokalnej utworzone w zakresie tej klasy mogą dalej istnieć poza tym zakresem. Sytuacja ta jest bardziej szczegółowo opisana w dalszej części tej sekcji).
- Klas lokalnych nie można deklarować jako publicznych, chronionych, prywatnych ani statycznych.
- Podobnie jak klasy składowe, i z tych samych powodów, klasy lokalne nie mogą zawierać statycznych pól, metod ani klas. Jedynym wyjątkiem od tej reguły są stałe jednocześnie statyczne i finalne.
- Typów interfejsowych, wyliczeniowych i adnotacyjnych nie można definiować lokalnie.
- Klasa lokalna, tak jak klasa składowa, nie może mieć takiej samej nazwy jak którakolwiek z jej klas nadrzędnych.
- Jak napisaliśmy wcześniej, klasa lokalna może używać lokalnych zmiennych, parametrów metod, a nawet parametrów wyjątków dostępnych w jej zakresie, ale tylko pod warunkiem, że te zmienne lub parametry są finalne. Wiąże się to z tym, że czas istnienia egzemplarza klasy lokalnej może być znacznie dłuższy niż czas wykonywania metody, w którym klasa ta jest zdefiniowana.



Klasa lokalna zawiera prywatną wewnętrzną kopię wszystkich używanych przez siebie zmiennych (są one automatycznie generowane przez kompilator javac). Jedynym sposobem na zapewnienie zgodności zmiennej lokalnej z prywatną kopią jest wymuszenie, aby lokalna zmienna była finalna.

## Zakres dostępności klasy lokalnej

W części poświęconej niestatycznym klasom składowym napisaliśmy, że klasa składowa ma dostęp do wszystkich składowych odziedziczonych po nadklasie i wszystkich składowych zdefiniowanych przez klasę ją zawierającą. To samo dotyczy klas lokalnych, chociaż te mają też dostęp do finalnych lokalnych zmiennych i parametrów. Na listingu 4.4 przedstawiono różne rodzaje pól i zmiennych, które mogą być dostępne dla klasy lokalnej.

*Listing 4.4. Pola i zmienne dostępne dla klasy lokalnej*

```
class A { protected char a = 'a' ; }  
class B { protected char b = 'b' ; }
```



```

public class C extends A {
    private char c = 'c' ; // prywatne pola widoczne w klasie lokalnej
    public static char d = 'd' ;
    public void createLocalObject(final char e)
    {
        final char f = 'f' ;
        int i = 0; // zmienna i nie jest finalna, więc jest bezużyteczna dla klasy lokalnej
        class Local extends B
        {
            char g = 'g' ;
            public void printVars()
            {
                // Wszystkie te pola i zmienne są dostępne dla tej klasy.
                System.out.println(g); // (this.g) g jest polem tej klasy
                System.out.println(f); // f jest finalną zmienną lokalną
                System.out.println(e); // e jest finalnym lokalnym parametrem
                System.out.println(d); // (C.this.d) pole d klasy zawierającej
                System.out.println(c); // (C.this.c) pole c klasy zawierającej
                System.out.println(b); // b jest dziedziczone przez tę klasę
                System.out.println(a); // a jest dziedziczone przez klasę zawierającą
            }
        }
        Local l = new Local(); // utworzenie egzemplarza klasy lokalnej
        l.printVars(); // i wywołanie jego metody printVars().
    }
}

```

## Zakres leksykalny a zmienne lokalne

Zmienna lokalna jest zdefiniowana w bloku kodu określającym jej **zakres dostępności**. Poza tym blokiem zmienna lokalna jest niedostępna, ponieważ przestaje istnieć. W obrębie klamry zawierającej definicję zmiennej lokalnej zmienna ta jest dostępna w każdym miejscu.

Ten rodzaj wyznaczania zakresu dostępności, zwany **zakresem leksykalnym**, definiuje tylko sekcję kodu źródłowego, w której można używać danej zmiennej. Programiści często traktują to jak zakres **tymczasowy**, tzn. zmienna lokalna istnieje od momentu początku do końca wykonywania przez maszynę wirtualną danego bloku kodu. W większości przypadków taki sposób myślenia o zmiennych lokalnych i zakresie ich dostępności ma sens.

Ale wprowadzenie klas lokalnych nieco zaburzyło tę sielankę. Aby zrozumieć dlaczego, należy sobie uświadomić, że egzemplarze klasy lokalnej mogą istnieć dłużej, niż trwa wykonywanie bloku kodu zawierającego definicję tej klasy lokalnej.



Innymi słowy, jeżeli programista utworzy egzemplarz klasy lokalnej w bloku kodu, to egzemplarz ten nie znika automatycznie po zakończeniu wykonywania przez maszynę wirtualną tego bloku kodu. W efekcie, mimo że definicja klasy była lokalna, egzemplarze tej klasy mogą wyjść poza obszar tej definicji.

Skutki tego bywają zaskakujące dla niektórych programistów. Wiąże się to z tym, że klasy lokalne mogą używać zmiennych lokalnych, a więc mogą też zawierać kopie wartości z już nieistniejących zakresów leksykalnych. Można to zaobserwować w poniższym przykładzie:

```

public class Weird {
    // statyczny interfejs składowy używany poniżej
    public static interface IntHolder { public int getValue(); }
}

```

```

public static void main(String[] args) {
    IntHolder[] holders = new IntHolder[10];
    for(int i = 0; i < 10; i++) {
        final int fi = i;

        // klasa lokalna
        class MyIntHolder implements IntHolder {
            // użycie zmiennej finalnej
            public int getValue() { return fi; }
        }
        holders[i] = new MyIntHolder();
    }

    // Klasa lokalna jest już poza zasięgiem, więc nie można jej używać.
    // Ale w tablicy mamy 10 prawidłowych egzemplarzy tej klasy. Lokalna
    // zmienna fi jest tu poza zasięgiem, ale nadal jest w zasięgu metody
    // getValue() każdego z tych 10 obiektów. Można więc wywołać metodę
    // getValue() dla każdego obiektu, aby go wydrukować. Spowoduje to
    // wydrukowanie cyfr od 0 do 9.
    for(int i = 0; i < 10; i++) {
        System.out.println(holders[i]. getValue());
    }
}
}

```

Aby zrozumieć ten kod, należy sobie uświadomić, że zakres leksykalny metod klasy lokalnej nie ma nic wspólnego z tym, kiedy interpreter rozpoczyna i kończy wykonywanie bloku kodu zawierającego definicję tej klasy.

Każdy egzemplarz klasy lokalnej zawiera automatycznie utworzoną prywatną kopię każdej używanej w nim finalnej zmiennej lokalnej, dzięki czemu ma własną prywatną kopię zakresu, który istniał w czasie jego tworzenia.



Lokalna klasa `MyIntHolder` mogłaby zostać nazwana **zamknięciem**. Ogólnie rzecz biorąc, zamknięcie to obiekt zawierający zapisany stan zakresu i udostępniający ten stan w późniejszym czasie.

Zamknięcia są wykorzystywane w niektórych stylach programowania i mają rozmaite implementacje w różnych językach programowania. Język Java implementuje zamknięcia jako klasy lokalne, klasy anonimowe i wyrażenia lambda.

## Klasy anonimowe

**Klasa anonimowa** to lokalna klasa niemająca nazwy. Jej definicja i wyrażenie tworzące egzemplarz mieszczą się w jednym zwięzłym wyrażeniu zawierającym operator `new`. Podczas gdy definicja klasy lokalnej jest instrukcją w bloku kodu, definicja klasy anonimowej jest wyrażeniem, co znaczy, że może występować jako część większego wyrażenia, np. wywołania metody.



Klasy anonimowe opisujemy, aby dostarczyć kompletnych informacji o języku Java, ale należy pamiętać, że w Javie 8 klasy te w większości zastosowań zostały wyparte przez wyrażenia lambda (patrz „Podsumowanie”).

Spójrz na listing 4.5, na którym znajduje się implementacja `LinkedIterator` jako klasy anonimowej w metodzie `iterator()` klasy `LinkedStack`. Porównaj to z listingiem 4.4, na którym widać tę samą klasę zaimplementowaną jako klasa lokalna.

Listing 4.5. Wyliczenie zaimplementowane przy użyciu klasy anonimowej

```
public Iterator<Linkable> iterator() {
    // Klasa anonimowa jest zdefiniowana jako część instrukcji zwrotnej.
    return new Iterator<Linkable>() {
        Linkable current;
        // zamiana konstruktora na inicjator egzemplarza
        { current = head; }

        // Trzy poniższe metody są zdefiniowane przez interfejs Iterator.
        public boolean hasNext() { return current != null; }
        public Linkable next() {
            if (current == null)
                throw new java.util.NoSuchElementException();
            Linkable value = current;
            current = current.getNext();
            return value;
        }
        public void remove() { throw new UnsupportedOperationException(); }
    }; // Zwróć uwagę na średnik, który jest w tym miejscu niezbędny i oznacza koniec instrukcji return.
}
```

Jak widać, składnia definicji klasy anonimowej i tworzenia jej egzemplarza składa się ze słowa kluczowego `new`, nazwy klasy i treści klasy w klamrze. Jeśli po słowie kluczowym `new` znajduje się nazwa klasy, to zostaje utworzona klasa anonimowa będąca podklasą klasy o tej nazwie. Jeżeli nazwa za słowem kluczowym `new` należy do interfejsu, jak w dwóch poprzednich przykładach, to klasa anonimowa implementuje ten interfejs i rozszerza klasę `Object`.



Składnia klas anonimowych nie przewiduje możliwości użycia klauzuli `extends` i `implements` ani określenia nazwy dla tej klasy.

Jako że klasa anonimowa nie ma nazwy, w jej treści nie da się zdefiniować konstruktora. Jest to jedno z podstawowych ograniczeń tego rodzaju klas. Wszystkie argumenty podane w nawiasie za nazwą nadklasy są niejawnie przekazywane do konstruktora tej nadklasy. A ponieważ klasy anonimowe często tworzy się jako rozszerzenia prostych klas, których konstruktory nie przyjmują żadnych argumentów, nawiasy w definicjach klas anonimowych często pozostają puste. W każdym przedstawionym przykładzie klasa anonimowa implementowała interfejs i rozszerzała klasę `Object`. Jako że konstruktor `Object()` nie przyjmuje żadnych argumentów, nawias był zawsze pusty.

## Ograniczenia dotyczące klas anonimowych

Ponieważ klasa anonimowa jest rodzajem klasy lokalnej, klasy anonimowe mają podobne ograniczenia jak klasy lokalne. Klasa anonimowa nie może zawierać żadnych statycznych pól, metod ani klas, z wyjątkiem stałych `static final`. Interfejsów, wyliczeń i adnotacji nie można definiować anonimowo. Ponadto klasy anonimowe, podobnie jak lokalne, nie mogą być publiczne, prywatne, chronione ani statyczne.

Składnia definicji klasy anonimowej łączy definicję z tworzeniem egzemplarza. Nie należy używać takiej klasy zamiast klasy lokalnej, jeśli potrzeba więcej niż jednego egzemplarza przy każdym wykonywaniu danego bloku kodu.

Ponieważ klasa anonimowa nie ma nazwy, nie da się w niej zdefiniować konstruktora. Jeżeli konstruktor jest potrzebny, to należy utworzyć klasę lokalną, chociaż zamiast konstruktora często można użyć inicjatora egzemplarza.

Wprawdzie zakres zastosowań inicjatorów egzemplarzy (opisanych w podrozdziale „Domyślne wartości i inicjatory pól”) nie ogranicza się do klas anonimowych, ale zostały one wprowadzone do języka właśnie ze względu na nie. Klasa anonimowa nie może zawierać definicji konstruktora, więc ma tylko konstruktor domyślny. Przy użyciu inicjatora egzemplarza można jednak to ograniczenie obejść.

## Jak działają typy zagnieżdżone

W kilku poprzednich podrozdziałach opisaliśmy właściwości czterech rodzajów typów zagnieżdżonych. Wiedza ta powinna być wystarczająca, szczególnie dla tych programistów, którzy planują tylko używać tych typów. Ale niektórym w ich zrozumieniu może pomóc też znajomość sposobu ich implementacji.



Wprowadzenie typów zagnieżdżonych nie spowodowało zmian w maszynie wirtualnej Javy ani formacie plików klas tego języka. Natomiast dla interpretera nie istnieje coś takiego jak typ zagnieżdżony — wszystkie klasy są najwyższego poziomu.

Aby typ zagnieżdżony rzeczywiście zachowywał się jak typ zdefiniowany w innej klasie, kompilator Javy wstawia do generowanych klas specjalne ukryte pola, metody i argumenty konstruktora. Te ukryte pola i metody często określa się jako **syntetyczne**.

Aby zobaczyć, jakie sztuczki kompilator stosuje w celu zapewnienia działania typów zagnieżdżonych, można za pomocą narzędzia `javap` zdekompilować zawierające je pliki klas (szerzej na temat narzędzia `javap` piszemy w rozdziale 13.).

Implementacja typów zagnieżdżonych opiera się na tym, że kompilator `javac` tworzy dla każdego z nich osobny plik klasy reprezentujący klasę najwyższego poziomu. Te skompilowane pliki klas mają specjalne nazwy, których nie dałoby się utworzyć w normalnym kodzie użytkownika.

Przypomnijmy pierwszy przykład klasy `LinkedList` (listing 4.1) zawierającej statyczny interfejs składowy o nazwie `Linkable`. W wyniku kompilacji tej klasy powstaną dwa pliki klas. Pierwszy z nich zgodnie z oczekiwaniami będzie mieć nazwę `LinkedList.class`.

Ale drugiemu zostanie nadana nazwa `LinkedList$Linkable.class`. Znak `$` jest automatycznie wstawiany przez kompilator. W pliku tym zostanie zapisana implementacja statycznego interfejsu składowego, o którym była mowa.

Jako że typy zagnieżdżone w czasie kompilacji są zamieniane na zwykłe klasy najwyższego poziomu, tracą one przywileje dostępu do składowych swojego kontenera. Jeśli zatem statyczny typ składowy używa składowej prywatnej (lub innej wymagającej zwiększonych uprawnień dostępu) typu go zawierającego, kompilator generuje syntetyczne metody dostępowe (z domyślnym dostępem pakietowym) i konwertuje wyrażenia używające prywatnych składowych w wyrażenia wywołujące te specjalnie wygenerowane metody.

Oto zasady nadawania nazw każdemu z czterech rodzajów typów zagnieżdżonych:

### Typy składowe (statyczne i niestacyjne)

Typom składowym nazwy są nadawane zgodnie ze wzorem *TypZawierający\$TypSkładowy*.  
↳ *class*.

### Klasy anonimowe

Jako że klasy anonimowe nie mają nazw, nazwy reprezentujących je plików są szczególnie implementacyjnym. Kompilator `javac` Oracle/OpenJDK oznacza je numerami (np. *TypZawierający\$1.class*).

### Klasy lokalne

Klasom lokalnym nazwy nadawane są zgodnie z kombinacją (np. *TypZawierający\$1TypSkładowy.class*).  
↳ *Składowy.class*).

Zobaczymy też, jak kompilator `javac` udostępnia syntetyczny dostęp w niektórych specyficznych przypadkach potrzebnych typom zagnieżdżonym.

## Implementacja niestaticznej klasy składowej

Każdy egzemplarz niestaticznej klasy składowej jest związany z egzemplarzem klasy zawierającej. Kompilator egzekwuje tę zależność przez zdefiniowanie w każdej klasie składowej syntetycznego pola o nazwie `this$0`. W polu tym przechowywana jest referencja do egzemplarza zawierającego.

Konstruktor każdej niestaticznej klasy składowej otrzymuje dodatkowy parametr inicjujący to pole. Przy każdym wywołaniu konstruktora klasy składowej kompilator automatycznie przekazuje referencję do klasy zawierającej dla tego dodatkowego parametru.

## Implementacja klasy lokalnej i anonimowej

Klasa lokalna może się odnosić do pól i metod zawierającej ją klasy z dokładnie tych samych powodów co niestaticzna klasa składowa. Klasa ta otrzymuje ukrytą referencję do klasy zawierającej w konstruktorze i zapisuje ją w prywatnym polu syntetycznym dodanym przez kompilator. Podobnie jak niestaticzne klasy składowe klasy lokalne mogą używać pól i metod prywatnych klasy zawierającej, ponieważ kompilator dodaje wszystkie niezbędne do tego metody dostępowe.

Klasy lokalne od klas składowych odróżnia to, że mogą odwoływać się do zmiennych lokalnych w zakresie, w którym są zdefiniowane. Najważniejszym ograniczeniem w tym przypadku jest jednak to, że klasy lokalne mogą się odwoływać tylko do zmiennych lokalnych i parametrów finalnych. Powód tego ograniczenia jest oczywisty w implementacji.

Klasa lokalna może wykorzystywać zmienne lokalne, gdyż kompilator `javac` automatycznie dodaje do niej prywatne pola egzemplarzowe do przechowywania kopii każdej zmiennej lokalnej używanej przez tę klasę.

Ponadto kompilator dodaje ukryte parametry do każdego konstruktora klasy lokalnej służące do inicjacji tych automatycznie utworzonych prywatnych pól. Klasa lokalna w rzeczywistości nie używa zmiennych lokalnych, a jedynie własnych prywatnych kopii tych zmiennych. Powodowałoby to niespójność, gdyby zmienne lokalne można było zmieniać poza klasą lokalną<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Szerzej tym tematem zajmujemy się w opisie pamięci i stanu zmiennego w rozdziale 6.

# Wyrażenia lambda

Wyrażenia lambda są jedną z najbardziej oczekiwanych nowości wprowadzonych w Javie 8. Umożliwiają one wpisywanie niewielkich porcji kodu w linii jako literałów i stosowanie bardziej funkcyjnego stylu programowania.

W rzeczywistości wiele z tych technik dało się stosować już od dawna za pomocą typów zagnieżdżonych, poprzez wywołania zwrótne i procedury obsługowe, ale problem stanowiła niezgrabna składnia. W szczególności, aby np. zdefiniować pojedynczy wiersz kodu w wywołaniu zwrótnym, trzeba było zdefiniować kompletnie nowy typ.

Jak napisaliśmy w rozdziale 2., definicja wyrażenia lambda składa się z listy parametrów (których typy są z reguły dedukowane) powiązanych z treścią metody:

```
(p, q) -> { /* treść metody */ }
```

Jest to bardzo zwięzły sposób reprezentowania prostych metod, który może całkowicie wyprzeć z użycia klasy anonimowe.



Wyrażenie lambda ma prawie wszystkie części metody, oczywiście z wyjątkiem nazwy. Z tego powodu wielu programistów lubi traktować te wyrażenia tak, jakby były „metodami anonimowymi”.

Weźmy np. metodę `list()` z klasy `java.io.File`, która zwraca listę plików znajdujących się w katalogu. Ale przed zwróceniem tej listy przekazuje nazwę każdego pliku do obiektu `FilenameFilter`, który musi dostarczyć programista. Obiekt ten akceptuje lub odrzuca każdy z tych plików.

Poniżej znajduje się przykładowa definicja klasy `FilenameFilter`, przepuszczająca tylko pliki o nazwach zakończonych napisem `.java`. Jest to klasa anonimowa:

```
File dir = new File("/src" ); // katalog, którego pliki mają zostać zwrócone

// wywołanie metody list() z pojedynczą anonimową implementacją
// klasy FilenameFilter jako argumentem
String[] filelist = dir.list( new FilenameFilter() {
    public boolean accept(File f, String s) {
        return s.endsWith(".java" );
    }
});
```

Przy użyciu wyrażeń lambda kod ten można uprościć:

```
File dir = new File("/src" ); // katalog, którego pliki mają zostać zwrócone

String[] filelist = dir.list((f, s) -> { return s.endsWith(".java" ); });
```

Dla każdego pliku na liście zostaje wykonane wyrażenie lambda. Jeżeli metoda zwraca `true` (co ma miejsce w przypadku, gdy nazwa pliku kończy się napisem `.java`), to plik zostaje dodany do wyjściowej tablicy `filelist`.

Technika, w której blok kodu sprawdza, czy element kontenera spełnia pewien warunek, i zwraca tylko te elementy, które ten warunek spełniają, nazywa się **idiomem filtrowania** (ang. *filter idiom*) — jest to jedna ze standardowych technik programowania funkcyjnego, którą warto poznać trochę dokładniej.

## Konwersja wyrażeń lambda

Gdy kompilator javac napotyka wyrażenie lambda, interpretuje je jako treść metody o specyficznej sygnaturze — tylko której metody?

W celu znalezienia odpowiedzi na to pytanie kompilator przegląda pobliski kod. Aby być prawidłowym kodem Java, wyrażenie lambda musi spełniać następujące warunki:

- Musi występować tam, gdzie jest oczekiwany egzemplarz typu interfejsowego.
- Oczekiwany typ interfejsowy powinien mieć dokładnie jedną metodę obowiązkową.
- Oczekiwana metoda interfejsu powinna mieć sygnaturę dokładnie odpowiadającą sygnaturze wyrażenia lambda.

Jeśli warunki te są spełnione, następuje utworzenie egzemplarza typu implementującego ten oczekiwany interfejs i treść lambda zostaje użyta jako implementacja obowiązkowej metody.

Te nieco skomplikowane zasady wynikają z decyzji, aby zachować czystą nominatywność systemu typów Javy (tzn. by pozostał oparty na nazwach). Mówi się, że wyrażenie lambda jest **konwertowane** na egzemplarz odpowiedniego typu interfejsowego.

Niektórzy programiści lubią też nazywać typ, na który konwertowana jest lambda, **interfejsem zawierającym jedną metodę abstrakcyjną** (ang. *single abstract method type* — SAM). Należy zwrócić uwagę, że dla mechanizmu wyrażeń lambda przydatny jest jedynie interfejs zawierający tylko jedną metodę niedomyślną.



Mimo podobieństwa wyrażeń lambda do klas anonimowych lambda **nie** są tylko cukrem syntaktycznym. Lambdy są zaimplementowane przy użyciu uchwytów do metod (opisanych w rozdziale 11.) i specjalnej nowej instrukcji kodu bajtowego maszyny wirtualnej i `invokedynamic`.

Jak widać, wprowadzone w Javie 8 wyrażenia lambda zostały dopasowane do istniejącego systemu typów tego języka programowania, w którym główną rolę odgrywa typowanie nominalne.

## Referencje do metod

Przypomnijmy, że wyrażenia lambda można traktować jak metody pozbawione nazw. Spójrz więc na poniższe wyrażenie lambda:

```
// W prawdziwym programie kod ten byłby pewnie krótszy dzięki inferencji typów.  
(MyObject myObj) -> myObj.toString()
```

Wyrażenie to zostanie automatycznie przekonwertowane na implementację interfejsu `@FunctionalInterface` zawierającego jedną niedomyślną metodę przyjmującą jeden obiekt klasy `MyObject` i zwracającą obiekt typu `String`. Ale można odnieść wrażenie, że to przerost formy nad treścią, i dlatego w Javie 8 dodano składnię ułatwiającą odczyt i zapis takich rzeczy:

```
MyObject::toString
```

Jest to skrót o nazwie **referencja do metody** (ang. *method reference*), który polega na użyciu istniejącej metody jako wyrażenia lambda. Można to traktować jak zastosowanie istniejącej metody przy jednoczesnym zignorowaniu jej nazwy, co pozwala na wykonanie normalnej automatycznej konwersji lambda.



# Programowanie funkcyjne

Java to obiektowy język programowania. Ale od chwili dodania do niego wyrażień lambda stał się znacznie bliższy także językom funkcyjnym.



Nie istnieje ogólnie przyjęta definicja **funkcyjnego języka programowania**, ale przynajmniej wszyscy się zgadzają, że język taki powinien umożliwiać reprezentowanie funkcji jako wartości, którą można zapisać w zmiennej.

W Javie od zawsze (od wersji 1.1) istnieje możliwość reprezentowania funkcji przez klasy wewnętrzne, ale składnia tego jest skomplikowana i niejasna. Sytuację tę znacznie poprawiły wyrażenia lambda, w związku z czym wielu programistów będzie się z pewnością starać wykorzystywać elementy programowania funkcyjnego w Javie, ponieważ stało się to o wiele łatwiejsze.

Pierwszą próbką programowania funkcyjnego, z którą prawdopodobnie zetkną się programiści Javy, będą trzy podstawowe i niezwykle przydatne techniki:

`map()`

Technika mapy jest stosowana z listami i innymi kontenerami o podobnej budowie. Polega ona na przekazaniu funkcji, która zostaje użyta, do każdego elementu kolekcji i utworzeniu nowej kolekcji zawierającej wyniki zastosowania tej funkcji do każdego z tych elementów po kolei. W efekcie może nastąpić przekształcenie kolekcji jednego typu w kolekcję innego typu.

`filter()`

Przykład zastosowania techniki filtrowania już przedstawiliśmy w opisie sposobu zamiany anonimowej implementacji klasy `FilenameFilter` na wyrażenie lambda. Filtr służy do utworzenia nowego podzbioru kolekcji na podstawie pewnych kryteriów. Zwróć uwagę, że w programowaniu funkcyjnym normą jest tworzenie nowej kolekcji zamiast modyfikowania istniejącej.

`reduce()`

Technika redukcji występuje w kilku postaciach. Jest to operacja agregacyjna mogąca występować pod nazwami `fold`, `accumulate`, `aggregate` lub `reduce`. Jej działanie polega na tym, że bierze się wartość początkową i funkcję agregacyjną (bądź redukcyjną) i wykonuje się tę funkcję po kolei na każdym elemencie kolekcji, tworząc ostateczny wynik przez wykonanie serii wyników pośrednich — coś podobnego do sumy bieżącej.

W Javie te i kilka innych podstawowych technik mają pełne wsparcie. Bardziej szczegółowe objaśnienie implementacji znajduje się w rozdziale 8., poświęconym struktutom danych i kolekcjom Javy oraz przede wszystkim abstrakcji **strumienia**, dzięki której to wszystko jest możliwe.

Na koniec chcielibyśmy dodać kilka słów ostrzeżenia. Javę należy traktować jako język „trochę wspomagający programowanie funkcyjne”. Nie jest to typowy język funkcyjny, nigdy też nie było takich aspiracji. Oto kilka cech Javy, które świadczą o tym, że z pewnością nie jest ona funkcyjnym językiem programowania:

- W Javie nie ma typów strukturalnych, co oznacza brak „prawdziwych” typów funkcyjnych. Każde wyrażenie lambda jest automatycznie konwertowane na odpowiedni typ nominalny.



- Wymazywanie typów stanowi utrudnienie dla programowania funkcyjnego — funkcje wyższego rzędu mogą tracić bezpieczeństwo typowe.
- Java jest inherentnie zmienna (patrz rozdział 6.), a zmienność jest często postrzegana jako wysoce niepożądana cecha funkcyjnych języków programowania.

Mimo tych niedogodności dostępność podstawowych narzędzi programowania funkcyjnego — a w szczególności takich idiomów, jak mapa, filtr i redukcja — jest wielkim krokiem naprzód dla całej społeczności skupionej wokół Javy. Te podstawowe idiomy są tak przydatne, że większość programistów Javy nigdy nie będzie potrzebować żadnych bardziej zaawansowanych udogodnień dostępnych w typowo funkcyjnych językach programowania.

## Podsumowanie

Przeanalizowaliśmy system typów Javy i otrzymaliśmy wyraźny obraz jego podstawowych właściwości. Poniżej znajduje się zwięzły opis najważniejszych cech systemu typów języka Java:

### Nominalny

Nazwa typu w Javie jest bardzo ważna. W języku tym nie można używać typów strukturalnych, które są dostępne w niektórych innych językach programowania.

### Statyczny

Typy wszystkich zmiennych w Javie są znane w czasie kompilacji.

### Obiektowy/imperatywny

Kod źródłowy w Javie jest obiektowy i w całości musi się mieścić w metodach, które z kolei muszą się znajdować w klasach. Jedynie typy podstawowe uniemożliwiają przyjęcie zasady, że „wszystko jest obiektem”.

### Odrobinę funkcyjny

W Javie możliwe jest stosowanie niektórych podstawowych technik programowania funkcyjnego, ale jest to głównie udogodnienie dla programistów, a nie coś poważniejszego.

### Czasami z możliwością dedukcji typów

Kod Java ma być maksymalnie czytelny (nawet dla początkujących programistów) i preferowane są w nim bezpośrednie instrukcje, nawet jeśli oznacza to konieczność stosowania powtórzeń informacji.

### O wysokim poziomie zgodności wstecznej

Java to głównie język biznesowy, więc zgodność wsteczna i ochrona istniejących baz kodu są traktowane priorytetowo.

### Z wymazywaniem typów

W Javie można używać typów parametryzowanych, ale informacje te są niedostępne w czasie wykonywania programu.

System typów Javy zmieniał się w czasie (choć była to powolna i ostrożna ewolucja) i dzięki dodatkowi wyrażen lambda stał się równorzędny z systemami typów innych popularnych języków programowania. Lambdy i metody domyślne stanowią największą zmianę od Javy 5 i wprowadzenia typów ogólnych, adnotacji oraz związanych z nimi rozwiązań.

Metody domyślne oznaczają poważną zmianę w metodyce programowania obiektowego w Javie — możliwe, że największą od czasu powstania tego języka. Od Javy 8 interfejsy mogą zawierać kod implementacyjny. To całkowicie zmienia naturę Javy. Wcześniej był to język z pojedynczym dziedziczeniem, a teraz obsługuje wielodziedziczenie (choć tylko zachowań — nadal nie da się dziedziczyć w ten sposób stanów).

Mimo tych innowacji system typów Javy nie dorównuje (i nie ma takich planów) pod względem możliwości systemom typów takich języków, jak Scala czy Haskell. System typów Javy z założenia ma być prosty, czytelny i łatwy do opanowania przez początkujących.

Ponadto Java wiele skorzystała na rozwoju technik typowania rozwijanych w innych językach w ciągu ostatnich 10 lat. Na przykład Scala jest statycznie typowanym językiem, w którym mimo to osiągnięto wiele cech funkcyjnego języka programowania dzięki użyciu inferencji typów. Twórcy Javy skorzystali z wielu rozwiązań zastosowanych w tym języku, mimo że języki te znacznie się między sobą różnią pod względem projektu.

Długo oczekiwane wyrażenia lambda zostały wreszcie dodane, dzięki czemu Java stała się jeszcze lepszym językiem programowania. To, czy większość zwykłych programistów Javy będzie potrzebować dodatkowych możliwości — z którymi nierozwalnie wiąże się zwiększona złożoność — zaawansowanego (i znacznie mniej nominalnego) systemu typów, takiego jak w języku Scala, czy wystarczą im „odrobinę funkcjonalne narzędzia programistyczne” dodane w Javie 8 (np. mapa, filtr, redukcja itp.), okaże się w przyszłości. Powinno być ciekawie.

.NET, 19

## A

abstrakcja, 223  
  Stream, 242  
  wejścia i wyjścia, 273  
adnotacja, 88, 131, 145, 146  
  @Deprecated, 147, 284  
  @override, 168  
  @Override, 146, 147  
  @SuppressWarnings, 147  
  nazwa, 210  
  tworzenie, 147  
  typu, 148  
adres URL, 278, 279  
algorytm  
  oznaczanie i usuwanie,  
    185, 186, 192  
  usuwania śmieci, 185  
alokacja wątkowa, 190  
annotation, *Patrz:* adnotacja  
aplikacja, 21  
Apple, 20  
array, *Patrz:* tablica  
arytmetyka  
  zmiennoprzecinkowa, 255  
asercja, 70, 71  
autoboxing, *Patrz:*  
  opakowywanie  
  automatyczne  
autounboxing, *Patrz:*  
  rozpakowywanie  
  automatyczne

## B

backtick, 305  
benign data race, *Patrz:* dane  
  łagodny wyścig  
bezpieczeństwo, 120, 182, 220,  
  335  
  współbieżności, *Patrz:*  
    współbieżność  
    bezpieczeństwo  
bezpieczny moment, 187  
biblioteka standardowa, 137  
Bloch Joshua, 143  
blocking queue, *Patrz:* kolejka  
  blokująca  
blokada, *Patrz:* monitor  
błąd, 67  
  składniowy, 144  
bound method reference, *Patrz:*  
  referencja wiązana do  
  metody  
bufor  
  bajtów mapowany, 275  
  MappedByteBuffer, 275  
  NIO, 273

## C

catch, *Patrz:* wyjątek  
  przechwycenie  
CMS, 192  
codepoint, *Patrz:* jednostka  
  kodowa  
Collection, *Patrz:* kolekcja  
Collection view, *Patrz:*  
  kolekcja widok

concurrent mark and sweep,  
  *Patrz:* CMS  
czas, 258, 262, 263  
  zapytanie, 261  
  znacznik, 259

## D

dane  
  kontrola dostępu, 124  
  łagodny wyścig, 250  
  typ, *Patrz:* typ  
data, 258, 262, 263  
deklaracja  
  import, 32, 93  
  package, 32, 92  
delegacja, 176  
demon, 202, 304  
doc comment, *Patrz:*  
  komentarz dokumentacyjny  
dokument  
  miejskowy, *Patrz:*  
    dokument śródliniowy  
    śródliniowy, 306  
dokumentacja, 212, 213  
konstruktor, 114  
dostępność pakietowa, 121  
dyrektywa  
  import, 95  
  import static, 95  
  package, 95  
dziedziczenie, 100, 111, 128,  
  133, 177  
  hierarchia, 154  
  kontrola dostępu, 123, 124

## E

eager evaluation, *Patrz:*  
wartościowanie gorliwie  
egzemplarz, 143  
encapsulation, *Patrz:*  
hermetyzacja  
enum, *Patrz:* wyliczenie  
evacuating collector, *Patrz:*  
śmieciarka ewakuacyjna  
evacuation, *Patrz:* ewakuacja  
ewakuacja, 189

## F

filtr, 240, 241, *Patrz:* technika  
filtrowania  
finalizacja, 193, 194  
Fujitsu, 20  
funkcja  
agregacyjna, 164  
bez nazwy, 80  
obsługi wejścia i wyjścia,  
265, 270  
asynchroniczna, 275, 276,  
277  
wady, 269  
redukcyjna, 164  
trygonometryczna, 257

## G

G1, 193  
garbage collector,  
*Patrz:* śmieciarka  
Garbage First, *Patrz:* G1  
GC, *Patrz:* śmieciarka  
GC root, *Patrz:* korzeń GC  
generator liczb  
pseudolosowych, 258  
generic method, *Patrz:* metoda  
ogólna  
graceful completion, *Patrz:*  
wzorzec eleganckiego  
zakończenia

## H

heredoc, *Patrz:* dokument  
śródliniowy  
hermetyzacja, 100, 119, 120, 137  
HP, 20

## I

IBM, 20  
identyfikator, 34  
implementacja, 12, 219, 220  
Stack, 231  
Vector, 231  
inicjator  
egzemplarza, 110  
statyczny, 110  
instrukcja, 32, 55, 56  
assert, 70  
break, 61  
break, 65  
continue, 65  
dekrementacji, 56  
do, 62  
for, 63, 64  
foreach, 64  
if, 58, 59  
if-else, 58, 59, 60  
klauzula else if, 59  
inkrementacji, 56  
pętli, *Patrz:* pętla  
przypisania, 56  
pusta, 57  
return, 61, 66  
switch, 60, 61  
synchronized, 66  
throw, 61, 67, 73  
try, 70  
try z zasobami, 70, 269  
try-catch-finally, 67, 68, 69  
tworzenia obiektu, 56  
while, 62  
wyrażeniowa, 56  
wywołania metody, 56  
z etykietą, 57  
złożona, 57  
interfejs, 100, 131, 132, 134, 173  
AutoCloseable, 269  
BlockingQueue, 235, 236  
Callable, 312  
Cloneable, 82, 85, 225  
Closeable, 269  
Collection, 223, 224, 225,  
226, 227, 231, 235  
Comparable, 168  
CompletionHandler, 276  
definicja, 132  
Future, 276

implementowanie, 133, 135  
Iterable, 223  
Iterator, 223, 230  
java.io.ObjectStreamConsta  
nts, 172  
java.io.Serializable, 137  
java.lang.Comparable, 171  
java.lang.Iterable, 229  
java.util.function.Function,  
174  
java.util.List, 93, 137  
javax.script, 310  
komentarz dokumentacyjny,  
*Patrz:* komentarz  
dokumentacyjny  
interfejsu  
List, 223, 224, 227, 228, 231,  
245  
Map, 223, 225, 231, 232,  
233, 234  
Method Handles, 297  
nazwa, 210  
Path, 271  
Predicate, 240  
pusty, 137  
Queue, 224, 235, 236  
refleksji, 292, 294  
rozszerzanie, 133  
Serializable, 82, 225  
Set, 223, 224, 226  
SortedMap, 223, 233  
SortedSet, 223, 227  
strumienia, 242  
TemporalQuery, 261  
użytkownika graficzny,  
317, 329  
zawierający jedną metodę  
abstrakcyjną, *Patrz:* SAM  
znacznikowy, 137  
interpreter, 21, 26  
iterator, 64

## J

Java, 20, 27  
bezpieczeństwo, 26, 30  
ekosystem, 22  
historia, 23  
implementacja,  
*Patrz:* implementacja

- kod przenośny, 219, 220
- kod źródłowy, 24
- kolekcja, *Patrz:* kolekcja maszynowa wirtualna,
  - Patrz:* JVM
- OpenJDK, *Patrz:* OpenJDK
- składnia, *Patrz:* składnia środowiska wykonawczego, 19
- wersja, 23, 29
- wydajność, 29
- zgodność wsteczna, 135
- Java EE, 20
- Java Enterprise Edition,
  - Patrz:* Java EE
- Java ME, 20
- Java Mobile Edition,
  - Patrz:* Java ME
- Java SE, 20
- Java Standard Edition,
  - Patrz:* Java SE
- Java Virtual Machine,
  - Patrz:* JVM
- pakiet, 223
- interfejs, 137, 173
- javac, *Patrz:* program javac
- javadoc, 317
- program, 213
- jednostka
  - kodowa, 37
  - kompilacji, 32
- język
  - bezpieczny pod względem typów, 182
  - C, 27
  - C++, 27
  - funkcyjny, 80, 164
  - Haskell, 80
  - interpretowany, 26
  - Java, *Patrz:* Java
  - JavaScript, 28, 301, 302, 309
    - Nashorn, 313, 314
    - rozszerzenie, 313
    - wyrażenie lambda, 312
  - Lisp, 80
  - obiektyw, 27, 164
  - OCaml, 80
  - PHP, 27
  - proceduralny, 27
  - typowany
    - dynamicznie, 28
    - statycznie, 28

- języka
  - kontrola typów
    - dynamiczna, 131
    - statyczna, 131
- Jigsaw, 334
- JIT, 22, 25, 29
- Just-In-Time compilation,
  - Patrz:* JIT
- JVisualVM, 329
- JVM, 19, 20, 21, 328, 332
  - HotSpot, 22, 29
  - proces aktywny, 324

## K

- kanał, 274
- klasa, 77, 99
  - abstrakcyjna, 101, 126, 133, 173
  - anonimowa, 149, 158, 159, 161
    - ograniczenia, 159
  - ArrayList, 137
  - AsynchronousFileChannel, 275
  - AsynchronousServerSocket
    - ↳ Channel, 275
  - AsynchronousSocket
    - ↳ Channel, 275
  - bez dokumentacji, 220
  - Boolean, 90
  - BufferedReader, 267
  - BufferedWriter, 267
  - Byte, 39, 90
  - Channel, 275, 276, 277
  - Character, 37, 90
  - Class, 80
  - ClassLoader, 288
  - ConcurrentHashMap, 233
  - ConcurrentSkipListMap, 233
  - CopyOnWriteArraySet, 226
  - DateFormatter, 259
  - definiowanie, 78, 101
  - dezassembler, 328
  - Double, 40, 91
  - efektywnie niezmienna, 250
  - Error, 76
  - Exception, 76, 181
- Externalizable, 216
- File, 265, 266, 275
  - wady, 269
- FileInputStream, 267
- FileOutputStream, 267
- FileReader, 267
- Files, 270
- FileWriter, 267
- finalna, 112
- Float, 40, 91
- hierarchia, 113, 128
- identyfikator, 34
- implementacja interfejsu,
  - 100, 101, 132
- inicjacja, 287
- InputStream, 267
- InputStreamReader, 267
- Integer, 39, 91
- java.io.InterruptedIOException, 181
- java.lang.Character, 34
- java.lang.ClassLoader, 289
- java.lang.Error, 180
- java.lang.Exception, 180
- java.lang.invoke.MethodHandle, 298
- java.lang.Math, 115, 257
- java.lang.Object, 82, 112, 168, 286
- java.lang.reflect.Proxy, 295
- java.lang.String, 112
- java.lang.System, 115
- java.math.BigDecimal, 256
- java.time.Duration, 259
- java.util.ArrayList, 173
- java.util.Arrays, 86
- java.util.Collections, 237
- java.util.Date, 258, 263
- java.util.Formatter, 221
- komentarz dokumentacyjny, 219
- konkretna, 126
- konsolidacja, 285
- kontrola dostępu, 121, 123, 124
- LinkedList, 236
- lokalna, 149, 155, 156, 161
  - zakres, 156
- Long, 39, 91
- ładowanie, 24, 285, 287, 288, 289

- klasa
- hierarchia programów, 290
  - Object, 172
  - ObjectInputStream, 172
  - ObjectOutputStream, 172, 173
  - otokowa, 90
  - OutputStream, 267
  - Paths, 272
  - Pattern, 251
  - pośrednicząca dynamiczna, 295, 296, 297
  - PrintWriter, 267
  - przygotowywanie do
    - użycia, 286
  - publiczna, 96
  - Reader, 267
  - rozszerzanie, 100, 101, 111
  - RuntimeException, 181
  - serializacja, 215, 216
  - ServerSocket, 280
  - Short, 39, 90
  - singletonowa, 180
  - składowa, 149, 152, 153, 161
  - Socket, 280
  - Stream, 243
  - String, 37, 79, 128, 247
  - StringBuffer, 249
  - StringBuilder, 249
  - sun.misc.Unsafe, 220
  - sygnatura, 100
  - Thread, 197, 201
  - Throwable, 180, 181
  - ukrywanie danych,
    - Patrz:* hermetyzacja
  - URL, 278
  - URLClassLoader, 289
  - URLConnection, 278
  - usunięta, 331
  - weryfikacja, 286
  - wewnętrzna, 149
  - Writer, 267
  - załadowana, 331
- klucz, 231
- kod
- aplikacji, 21
  - bajtowy, 25, 26
    - invokedynamic, 297
    - weryfikacja, 26
  - instrukcji, 25
  - źródłowy, 32
    - kompilator, 318
  - kolejka, 234, 236
    - blokująca, 235
    - FIFO, 234
    - LIFO, 234
    - priorytetowa, 234
  - kolekcja, 137, 223, 239
    - konwersja na tablicę, 238
    - opakowaniowa, 236
    - przekształcenie, 164
    - pusta, 237
    - widok, 231
  - komentarz, 33
    - dokumentacyjny, 33, 212, 213, 215
      - interfejsu, 219
    - klasy, 219
    - konstruktora, 219
    - metody, 219
    - odniesienie, 217
    - pakietu, 219
    - jednowierszowy, 33
    - skryptowy, 305
    - unikosowy, 305
    - wielowierszowy, 33, 212
  - kompilacja na czas, *Patrz:* JIT
  - kompilator
    - JIT, 320
    - kliencki, 320
    - serwerowy, 320
  - kompozycja, 175
  - konstruktor, 32, 73, 107, 133
    - definiowanie, 107, 108
    - domyślny, 114, 115
    - komentarz
      - dokumentacyjny, 219
    - łańcuch, 114
    - podklasy, 113
    - wywoływanie, 108
  - kontener, 137, 138, 164
    - ByteBuffer, 273
  - konwersja, 128
    - rozszerzająca, 40, 127
    - rzutowania, 55
    - tablicy, *Patrz:* tablica
      - konwersja
        - zawężająca, 40, 127, 128
    - korzeń GC, 187
- ## L
- lazy evaluation, *Patrz:* wartościowanie leniwe
- List, *Patrz:* lista
- lista, 138, 164, 223, 230
  - oparta na tablicach, 223
- literał, 35, 42
  - całkowitoliczbowy, 41
    - binarny, 38
    - notacja, 38
    - ósemkowy, 38
  - liczbowy, 35
  - łańcuchowy, 33, 34, 35, 79
  - typowy, 80
  - zmiennoprzecinkowy, 39
  - znakowy, 35
- ## Ł
- łańcuch, 33, 79, 247
  - interpolacja, 305
  - kod skrótu, 250
  - konkatenacja, 248
  - konwersja na wartości
    - liczbowe, 39
  - niezmiennosc, 249
  - tekstowy, *Patrz:* łańcuch wielowierszowy, 306
  - wyszukanie, *Patrz:* wyrażenie regularne
- ## M
- Map, *Patrz:* słownik
- mapa, *Patrz:* technika mapy
- mark and sweep, *Patrz:* algorytm oznaczanie i usuwanie
- maszyna wirtualna
  - HotSpot, 185, 187, 190, 320, 334
  - sterta, 191
  - Javy, *Patrz:* JVM
- mechanizm
  - finalizacji, 29
  - ładowania klas, 24
- metaadnotacja, 147
  - @Retention, 147
  - @Target, 147

metaznak, 251, 252  
 method reference, *Patrz:*  
   referencja do metody  
 metoda, 32, 71  
   abs, 257  
   abstrakcyjna, 72, 74, 126  
   accept, 280  
   add, 225, 226, 235  
   addAll, 226, 227  
   allocateDirect, 273  
   anonimowa, 73  
   argument, 71, 73  
     zmienna liczba, 76  
   arraycopy, 86, 238  
   Arrays.toString, 86  
   AsynchronousFileChannel.  
     ↳open, 277  
   binarySearch, 86  
   brakująca, 245  
   Byte.parseByte, 39  
   call, 312  
   Class.forName, 289  
   Class::defineClass, 297  
   ClassLoader::defineClass,  
     285  
   clear, 225  
   clone, 82, 85, 172  
   collect, 240  
   Collection.remove, 235  
   Collection::parallelStream,  
     245  
   Collection::removeIf, 245  
   Collection::spliterator, 245  
   Collection::stream, 245  
   compareTo, 171, 236  
   completed, 276  
   contains, 226  
   countStackFrames, 203  
   deepEquals, 86  
   deepHashCode, 86  
   deepToString, 86  
   defineClass, 289  
   DELETE, 279  
   destroy, 203  
   domyślna, 135, 239  
     implementacja, 136  
   dostępowa, 177  
   drainTo, 235  
   drukująca tekst  
     sformatowany, 76  
     egzemplarza, 105, 152  
     egzemplarzowa, 102, 119,  
       174, 175  
   element, 236  
   equals, 86, 90, 170  
     przesłanie, 171  
   exp, 257  
   fabryczna, 273  
   failed, 276  
   filter, 240, 241  
   finalize, 193, 194  
   finalna, 74, 126  
   findConstructor, 298  
   findGetter, 298  
   findSetter, 298  
   findStatic, 298  
   findVirtual, 298  
   firstKey, 233  
   flatMap, 244  
   floor, 257  
   format, 76, 221  
   generyczna, *Patrz:* metoda  
     ogólna  
   get, 227, 276  
   GET, 279  
   getDeclaredMethod, 294  
   getId, 201  
   getInstance, 180  
   getMethod, 294  
   getName, 201  
   getPriority, 201  
   getState, 202  
   hashCode, 170, 171, 250  
   hasNext, 230  
   HEAD, 279  
   headMap, 233  
   identyfikator, 34  
   inicjacyjna, 109, 110  
   Integer.parseInt, 39  
   interrupt, 202  
   invoke, 299  
   invokeExact, 299  
   isAlive, 202  
   isDone, 276  
   isJavaIdentifierPart, 34  
   isJavaIdentifierStart, 34  
   iterator, 230, 231  
   java.util.Arrays.equals, 90  
   jjs, 302, 303, 304  
   join, 202  
   jrunscript, 302, 303  
   klasowa, 74, 102, 150, 174,  
     175  
   klasy, 104  
   klauzula throws, 73  
   komentarz dokumentacyjny,  
     *Patrz:* komentarz  
     dokumentacyjny metody  
   lastKey, 233  
   List::sort, 245  
   loadClass, 289  
   log, 257  
   log10, 257  
   macierzysta, 219  
   main, 96, 319  
   map, 241  
   Map::compute, 245  
   Map::computeIfAbsent, 245  
   Map::computeIfPresent,  
     245  
   Map::forEach, 245  
   Map::getOrDefault, 245  
   Map::merge, 245  
   Map::putIfAbsent, 245  
   Map::remove, 245  
   Map::replace, 245  
   Math.ceil, 41  
   Math.floor, 41  
   Math.round, 41  
   Math.sqrt, 46  
   max, 257  
   MethodHandles.lookup,  
     298  
   min, 257  
   modyfikator, *Patrz:*  
     modyfikator  
   nazwa, 72, 73, 210  
   next, 230  
   niepubliczna, 294  
   notify, 204, 205  
   offer, 235, 236  
   ogólna, 72, 143  
   opakowująca, 236  
   OPTIONS, 279  
   parametr, 210  
   peek, 236  
   poll, 235, 236  
   pop, 204  
   POST, 279  
   pow, 257



## metoda

printf, 221  
println, 221  
prywatna, 126  
przeciążanie, 73, 95  
przesłanie, *Patrz:*  
  przesłanie  
put, 235, 236  
PUT, 279  
queryFrom, 261  
reduce, 241, 244  
referencja wiązana, *Patrz:*  
  referencja wiązana  
  do metody  
remove, 225, 226, 235  
removeAll, 227  
resume, 203  
retainAll, 225, 227  
Runtime.exec, 219  
set, 227  
setAccessible, 294, 298  
setDaemon, 202  
setName, 201  
setPriority, 201  
setUncaughtException  
  ↳ Handler, 202  
singleton, 237  
singletonList, 237  
singletonMap, 237  
skutki uboczne, 72  
sleep, 202  
sort, 86  
specyfikacja, 72  
start, 202  
statyczna, 39, 126  
stop, 203  
stream, 242  
String.hashCode, 250  
subList, 228  
subMap, 233  
suspend, 203  
sygnatura, 72, 100, 297  
  typ, 73  
synchronizowana, 199  
System.arraycopy, 85  
System.getenv, 219  
System.out.printf, 76  
System.out.println, 73, 175,  
  248  
tailMap, 233

take, 235, 236  
toString, 170, 248  
TRACE, 279  
uchwył, 297, 298  
uogólniona, *Patrz:* metoda  
  ogólna  
valueOf, 248  
varargs, 76  
wait, 202, 204, 205  
writeExternal, 216  
wyjątek, 75  
wyjątek kontrolowany, 72,  
  73, 76  
wyszukiwanie, 297  
  wirtualne, 118  
wywołanie, 55, 56  
żądania, 279  
Microsoft .NET, 19  
modyfikator, 73, 74, 101, 129  
  abstract, 74, 101, 129, 132  
  default, 129, 132  
  dostępu, 100, 103, 120  
  final, 74, 101, 103, 112, 129  
  native, 74, 130  
  private, 74, 100, 120, 130  
  protected, 74, 100, 120, 130  
  public, 74, 100, 120, 130  
  static, 74, 103, 104, 130  
  strictfp, 75, 101, 130  
  synchronized, 75, 130  
  transient, 103, 130  
  volatile, 103, 130  
monitor, 200, 203, 331

## N

nadinterfejs, 133  
nadklasa, 100, 112, 154  
  pola ukrywanie, 115  
nadrzędność hierarchia, 154  
Nashorn, 301, 302  
  dowiązanie symboliczne,  
  308  
  funkcja pomocnicza, 307  
  wywoływanie Javy, 310  
  zmienna specjalna, 305  
Nashorna, 309  
  polecenie powłoki, 303  
nominal typing, *Patrz:*  
  typowanie nominalne

## O

obiekt, 77, 78, 79, 100  
  alokacja, *Patrz:* alokacja  
  awansowanie, 190  
  domyślnie widoczny, 198  
  grupa, *Patrz:* kolekcja  
  java.lang.Throwable, 180  
  klasy, 283, 284  
  Method, 293  
  nieużywany, 190, 191, 192  
  osiągalny, 187  
  pokolenie, *Patrz:* pokolenie  
  porównywanie, 90  
  producent, 143  
  przejściowy, 188  
  składowa, 54  
  tworzenie, 55, 56, 78  
   próbki, 332  
  zmiennosc, 198  
  żywy, *Patrz:* obiekt  
  osiągalny  
odśmianie z podziałem na  
  pokolenia, 189  
ograniczenie parametrów  
  typu, *Patrz:* typ  
  wieloznaczny z  
  ograniczeniami  
opakowywanie automatyczne,  
  91  
OpenJDK, 20  
operator, 35, 42, 44  
  !, 50  
  !=", 49  
  %, 47  
  &, 50, 51  
  &&, 46, 49, 50  
  (), 55  
  (), 55  
  \*, 47  
  ., 54  
  /, 47  
  ?;, 46, 53  
  [], 55  
  ^, 51, 52  
  |, 50, 51  
  ||, 46, 50  
  ~, 51  
  +, 46, 47  
  ++, 46, 48



+=, 47, 53  
<, 49  
<<, 52  
<=, 49  
=, 53  
==, 40, 48, 49, 90, 170  
>, 49  
>=, 55  
>=, 49  
>>, 52  
>>>, 52  
alternatywa bitowa, 51, 52  
alternatywa logiczna, 50  
argument, 45  
arytmetyczny, 46  
binarny, 45  
bitowa alternatywa  
  wykluczająca, 52  
bitowy, 51  
definicji wyrażenia lambda,  
  55  
dekrementacji, 48  
dodawania, 46  
dopełnienie bitowe, 51  
dostępu do elementów  
  tablicy, 55  
dostępu do składowych  
  obiektu, 54  
dwuargumentowy, *Patrz:*  
  operator binarny  
dzielenia, 47  
dzielenia modulo, 47  
iloczyn bitowy, 51  
iloczyn logiczny, 50  
instanceof, 54  
jednoargumentowy, 45  
  minus, 47  
konwersji rzutowania, 55  
logiczna alternatywa  
  wykluczająca, 51  
logiczny, 49  
łączność, 42, 44  
mniejszości, 49  
mniejszy lub równy, 49  
mnożenia, 47  
negacja logiczna, 50  
new, 55, 107  
nierówności, 49  
niskopoziomowy, 51  
odejmowania, 47

postinkrementacji, 48  
preinkrementacji, 48  
priorytet, 42  
przeciążanie, 27  
przesunięcia, 51  
  w lewo, 52  
  w prawo bez znaku, 52  
  w prawo ze znakiem, 52  
przypisania, 52, 53  
równości, 40, 48, 90  
skutki uboczne, 46  
trójargumentowy, 45  
tworzenia nowego obiektu,  
  55  
warunkowa alternatywa  
  logiczna, 50  
warunkowy, 45, 53  
warunkowy iloczyn  
  logiczny, 49  
większy lub równy, 49  
wywołania metody, 46, 55  
Oracle Corporation, 20

## P

pakiet, 91, 218, 335  
  deklaracja, 92  
  java.awt.peer, 220  
  java.lang, 92, 93  
  java.lang.annotation, 147  
  java.lang.concurrent, 235  
  java.lang.reflect, 91  
  java.nio.channels, 274  
  java.time.chrono, 259  
  java.time.format, 259  
  java.time.temporal, 259  
  java.time.zone, 259  
  java.util.concurrent, 233, 331  
  javax.net, 278  
  javax.script, 308, 309  
  komentarz dokumentacyjny,  
    *Patrz:* komentarz  
    dokumentacyjny pakietu  
  kontrola dostępu, 120  
  nazwa, 92, 209  
  org.apache.commons.net, 92  
  org.w3c, 91  
  p, 93  
pamięć  
  alokacja, 327  
  współdzielenie, 195  
  wyciek, 186, 269  
  zarządzanie, 185  
para zastępcza, 37  
PECS, 143  
pętla, 62  
  do, 62  
  for, 63, 64, 229  
  część inicjacyjna, 58  
  foreach, 64, 229  
  while, 62  
planista, 195  
plik, 95, 266  
  java, 96  
  JAR, 209  
  klasy, 283  
  nazwa, 96, 221  
  overview.html, 219  
  package.html, 219  
podklasa, 100, 111, 112, 154  
  konstruktor, *Patrz:*  
  konstruktor podklasy  
pokolenie, 188, 190  
  długość życia  
  przewidywana, 188  
  młode, 191  
  Eden, 191  
  stare, 191  
pole, 32  
  deklaracja, 102  
  egzemplarza, 105, 152  
  egzemplarzowe, 102, 133  
  klasowe, 102, 103, 150  
  wartość domyślna, 109  
  nazwa, 210  
  statyczne, 103, 104  
  publiczne, 104  
polecenie  
  curl, 305  
  jar, 322  
polimorfizm, 27  
Postel Jon, 281  
powłoka  
  jjs, 304  
  Nashorna, 303  
prawo Postela, 281  
primitive specialization, *Patrz:*  
  klasa Stream specjalizacja  
  podstawowa

primitive type, *Patrz:* typ prosty  
priority queue, *Patrz:* kolejka priorytetowa  
profil, 335  
  kompaktowy, 335, 337, 338  
program, 96  
  autor, 214  
  do ładowania klas, 290, 291  
  jar, 317, 321, 322  
  java, 317, 319, 320, 321  
  javac, 24, 25, 36, 218, 317, 318, 319, 323  
  przełącznik, 318  
  javadoc, 34, 212, 213, 219, 322  
  javap, 317, 328, 329  
  jconsole, 329  
  jdeps, 317, 323, 324  
  jinfo, 317, 326  
  jmap, 317, 327, 332  
  jps, 317, 324, 325  
  jstack, 317, 327, 331  
  jstat, 317, 325  
  jstatd, 317, 324, 325, 326, 329  
  jvisualvm, 317, 329  
  tworzenie, 96  
  uruchamianie, 96  
  zbiór roboczy, 188  
programowanie funkcyjne, 164  
projektowanie obiektowe, 172  
protokół  
  HTTP, 278  
  IP, 282  
  IPv6, 282  
  sieciowy, 278  
  TCP, 280  
przepełnienie, 38  
przesłanie, 100, 116, 117, 147, 171  
  wywoływanie, 118  
przestrzeń  
  nazw, 28, 32, 91, 92  
  obiektów ocalałych, 190

## Q

queue, *Patrz:* kolejka

## R

Red Hat, 20  
redukcja, 241, *Patrz:* technika redukcji  
referencja, 167, 186  
  do metody, 163  
  kopia, 89  
  this, 106  
  wiązana do metody, 241  
refleksja, 292, 294, 295  
regex, *Patrz:* wyrażenie regularne  
regex, *Patrz:* wyrażenie regularne  
regulator, 262  
rozpakowywanie automatyczne, 91  
run until shutdown, *Patrz:* wzorzec działaj do zamknięcia  
rzutowanie, 41  
  konwersja, 55

## S

safepoint, *Patrz:* bezpieczny moment  
SAM, 163  
SAP, 20  
scheduler, *Patrz:* planista  
sekcja krytyczna, 199  
sekwencja specjalna, 36, *Patrz też:* znak \u  
separator, 35  
Set, *Patrz:* zbiór  
single abstract method type, *Patrz:* SAM  
składnia, 31, 34  
  diamentowa, 139  
składowa, 32, 132, 218  
  klasowa, *Patrz:* składowa statyczna  
kontrola dostępu, 121, 123, 124  
niestatyczna, 100  
statyczna, 100, 101, 150  
  importowanie, 94, 95  
widoczność, 179

słaba hipoteza pokoleń,

*Patrz:* WGH

słownik, 223, 231, 240, 241  
słowo

kluczowe, 33, 34

@interface, 147

assert, 70

break, 61, 65

class, 101

default, 100, 132

extends, 101, 142

implements, 101, 133

import static, 94

interface, 132

new, 83

null, 80

package, 92

protected, 179

public, 73

static, 73, 110

super, 119, 142

synchronized, 199, 200

this, 106, 108

throws, 74

transient, 216

unsigned, 38

void, 73

volatile, 200

zarezerwowane, 34

default, 34

false, 35, 36

final, 34

null, 35

true, 35, 36

stała, 172

finalna, 210

MAX\_VALUE, 39, 40

MIN\_VALUE, 39, 40

NaN, 40

NEGATIVE\_INFINITY, 40

POSITIVE\_INFINITY, 40

statyczna, 210

stan, 101

standard IEEE 754-1985, 39

statement, *Patrz:* instrukcja

stop-the-world pause, *Patrz:*

STW

strumień, 164

wejścia i wyjścia, 267

STW, 187

Sun, 20  
superclass, *Patrz:* nadklasa  
symbol wieloznaczny, 141,  
*Patrz też:* typ wieloznaczny

## Ś

śmieciarka, 185, 186  
ewakuacyjna, 189, 190  
implementacja, 185

## T

tablica, 81  
alokacji, 186  
długość, 81, 83  
element, 55, 81, 84  
numeracja, 81  
indeks, 81  
inicjowanie, 83  
iterowanie, 85  
konwersja, 128  
na kolekcję, 238  
kopiowanie, 85  
kowariancja, 82, 143  
przeszukiwanie, 86  
skrótów, 223  
sortowanie, 86  
typ, 81, 82  
wielowymiarowa, 86

technika  
filtrowania, 164, 165, 240,  
241  
mapy, 164, 165  
redukcji, 164, 165, 241  
refleksji, 292, 294, 295  
słownika, 240, 241  
użycia buforów  
bezpośrednich, 273

thread, *Patrz:* wątek  
thread-local allocation buffer,  
*Patrz:* alokacja bufor  
wątkowy  
throw, *Patrz:* wyjątek  
zgłoszenie  
token, 34, 35  
leksykalny, 32  
TWR, *Patrz:* instrukcja try  
z zasobami

typ, 218  
boolean, 36, 40  
byte, 38, 41  
ByteBuffer, 273  
całkowitoliczbowy, 35, 36,  
38, 40, 41  
dzielenie, 39  
modulo przez zero, 39  
reprezentacja, 254  
char, 36, 37, 41, 79  
Class, 294  
czasu kompilacji, 144, 145  
czasu wykonywania, 144  
double, 39, 40  
nieskończoność, 39  
zero, 40  
egzemplarz, 54  
float, 39, 40  
generyczny, *Patrz:* typ  
ogólny  
inferencja, 81  
int, 37, 38, 41, 51  
java.lang.Throwable, 180  
kontrawariancja, 142  
kowariancja, 142, 143  
logiczny, *Patrz:* typ boolean  
long, 38, 41, 51  
MethodType, 297  
obiektowy, 36  
Object, 294  
ogólny, 91, 137, 138, 144  
parametr, 139, 141  
ograniczenie, *Patrz:* typ  
wieloznaczny  
z ograniczeniami  
parametryzowany, *Patrz:*  
typ ogólny  
Path, 271, 272  
podstawowy, 167  
prosty, 35, 88, 167  
konwersja, 40, 41, *Patrz  
też:* konwersja  
rzutowanie, rzutowanie  
referencyjny, 32, 36, 87, 88,  
100, 131  
nadklasa, 128  
nazwa, 209  
short, 38, 41  
składowy

niestatyczny, 149, 152,  
153, 161  
statyczny, 149, 151, 161  
string, 37  
wariancja, 142  
wartościowy, 167  
wieloznaczny, 141, 142  
wyliczeniowy, 210  
wymazywanie, 140  
zagnieżdżony, 148, 149, 160  
nazwa, 161  
zaimportowany, 93  
zbiorczy, 88  
zmiennoprzecinkowy, 35,  
39, 40, 75  
reprezentacja, 255  
zwrotny, 45  
kowariantny, 116  
type safe language, *Patrz:*  
język bezpieczny pod  
względem typów  
typowanie nominalne, 137

## V

VisualGC, 334  
VisualVM, 329

## W

wartościowanie  
gorliwe, 244  
leniwe, 244  
wątek, 75, 195, 203  
cykl życia, 196  
licznik programu, 195  
sterta, 197  
stos, 195, 197  
uśpiony, 197  
weak generational hypothesis,  
*Patrz:* WGH  
WGH, 188, 189  
wielodziedziczenie, 27  
wielowątkowość, *Patrz:*  
współbieżność  
wiersz poleceń, 21, 317  
uruchamianie skryptów,  
303  
-version, 214

- wildcard, *Patrz:* typ wieloznaczny
  - wrapper class, *Patrz:* klasa otokowa
  - wrapper method, *Patrz:* metoda opakowująca
  - współbieżność, 185, 195, 203
    - bezpieczeństwo, 198
  - wstrzykiwanie zależności, 180
  - wydra, 34
  - wyjątek, 67, 181
    - ArithmeticException, 39
    - ArrayStoreException, 82
    - ClassCastException, 225
    - CloneNotSupportedException, 82, 85
    - ClosedByInterruptException, 202
    - FileNotFoundException, 75
    - IllegalAccessException, 297
    - java.io.EOFException, 181
    - java.io.FileNotFoundException, 181
    - java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException, 181
    - kontrolowany, 72, 73, 75, 76, 181
    - MalformedURLException, 76
    - niekontrolowany, 72, 75, 181, 225
    - NullPointerException, 75, 148, 225
    - obsługa, 67, 68
    - projektowanie, 180
    - przechwycenie, 67
    - UnsupportedOperationException, 174
    - zgłoszenie, 67
  - wykluczanie, 199
  - wyliczenie, 88, 131, 145
    - ElementType, 147
    - RetentionPolicy, 147
    - Thread.State, 196
  - wyrażenie, 42
    - inicjacyjne, *Patrz:* inicjator
    - lambda, 55, 80, 162, 163, 239, 312
    - konwersja, 163
    - składnia, 80
    - podstawowe, 42
    - regularne, 250, 252
    - metaznak, 251, 252
  - wzorzec
    - Dekorator, 176
    - działaj do zamknięcia, 201
    - eleganckiego zakończenia, 201
    - projektowy, 167
    - Singleton, 179, 180
    - wyszukania w tekście, *Patrz:* wyrażenie regularne
- ## Z
- zakres
    - dostępności zmiennej, 58
    - leksykalny, 157
    - tymczasowy, 157
  - zbiór, 223, 225
  - zmienna, 42
    - globalna, 104
    - identyfikator, 34
    - inicjator, 57
    - lokalna, 57, 186
    - nazwa, 210
    - zakres, 157, *Patrz też:* zakres
    - zakres dostępności, 58
  - zmiennosc zawartości obiektowej, 167
  - znacznik
    - dokumentacyjny, 213
    - @author, 214
    - @deprecated, 215
    - @exception, 215
    - @link, 213, 219
    - @param, 214
    - @return, 214
    - @see, 215, 217, 219
    - @serial, 215
    - @serialData, 216
    - @serialField, 216
    - @since, 215
    - @throws, 215
    - @version, 214
  - HTML, 213
  - śródliniowy, 216
    - @code, 217
    - @docRoot, 217
    - @inheritDoc, 217
    - @link, 216, 217
    - @linkPLAIN, 216, 217
    - @literal, 217
    - @value, 217
  - znak
    - \', 37
    - !, 50
    - !=, 49
    - ", 37
    - #, 305
    - #!, 308
    - \$, 34
    - %, 47
    - &, 50, 51
    - &&, 50
    - (), 55
    - \*, 47, 51, 251
    - \*/, 33, 212
    - ., 54
    - /, 47
    - /\*, 33, 212
    - \*\*, 33, 212
    - //, 33, 305
    - ?:, 53
    - [], 55
    - \, 36, 37
    - ^, 51, 52
    - \_, *Patrz:* znak podkreślenia
    - |, 51
    - + , 46, 47
    - ++, 48
    - +=, 47
    - <<, 52
    - =, 53
    - ==, 40, 48, 90, 170
    - >, 49
    - >, 55
    - >=, 49
    - >>, 52
    - >>>, 52
    - \000, 36
    - \b, 37
    - backtick, 305
    - biały, 33
    - chiński, 37
    - cudzysłowu, 33, 37
    - dolara, 34
    - \f, 37

Han, 37  
interpunkcyjny, 34, 35  
kanji, 34  
Latin-1, 37  
\n, 37, 221  
nowego wiersza, 33, 37  
podkreślenia, 34

podwójnego cudzysłowu,  
34, 37, 79  
\r, 37, 221  
\r\n, 221  
separatora, 221  
spacji, 33  
\t, 36, 37  
tabulatora, 33, 37

\u, 36, 37  
u05D0, 36  
Unicode, 36, 37, 73  
UTF-8, 36  
waluty, 34  
\ xxx, 37  
懶, *Patrz:* znak kanji



# PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION



- 1. ZAREJESTRUJ SIĘ**
- 2. PREZENTUJ KSIĄŻKI**
- 3. ZBIERAJ PROWIZJĘ**

Zmień swoją stronę WWW  
w działający bankomat!

**Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!**

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA WYDAWNICZA

 **Helion SA**



# Java w pigułce



Java to język programowania wybierany wszędzie tam, gdzie są wymagane najwyższe bezpieczeństwo i wydajność. Znajduje zastosowanie przy tworzeniu systemów bankowych oraz zaawansowanych aplikacji do zarządzania przedsiębiorstwami. Są to obszary, w których pomyłki bywają niezwykle drogie. To niejedyne zastosowania Javy! Ten język sprawdza się również wtedy, gdy trzeba szybko stworzyć aplikację internetową (niezależnie od jej wielkości) albo narzędzia różnego przeznaczenia. Java przyda się wszędzie!

W ostatnim czasie na rynku pojawiły się dwie kolejne wersje tego języka, oznaczone numerami 7 i 8. Zawierają one wiele nowości i ulepszeń, dzięki którym życie programisty staje się prostsze, a tworzone oprogramowanie – lepsze. Najnowsze wydanie tej cenionej książki zostało uzupełnione o informacje na temat tych właśnie wersji. Dzięki niej błyskawicznie poznasz i wykorzystasz nowe techniki w codziennej pracy. Sięgnij po ten podręcznik i poznaj najlepsze techniki programowania współbieżnego, zasady podejścia obiektowego oraz możliwości asynchronicznego wykonywania operacji wejścia-wyjścia. Ta książka jest obowiązkową lekturą dla wszystkich programistów języka Java!

## Przekonaj się, jak:

- wykorzystać najnowsze elementy języka Java
- zwiększyć wydajność dzięki narzędziom pakietu OpenJDK
- wykonywać asynchroniczne operacje wejścia-wyjścia
- używać narzędzi pakietu OpenJDK

## Poznaj najskrytsze tajemnice języka Java!

**Benjamin J. Evans** – Java Champion, JavaOne Rockstar, współzałożyciel firmy jClarity, specjalista w zakresie oceny wydajności dla zespołów programistycznych i operacyjnych, prelegent zajmujący się tematyką platformy Java, wydajności i współbieżności.

**David Flanagan** – specjalista ds. programowania interfejsów użytkownika, autor książek poświęconych językowi Ruby oraz bibliotece jQuery.

## Helion

32733 numer katalogowy  
księgarnia internetowa

<http://helion.pl>

zamówienia telefoniczne



0 801 339900



0 601 339900

Sprawdź najnowsze promocje:

• <http://helion.pl/promocje>

Książki najchętniej czytane:

• <http://helion.pl/bestsellery>

Zamów informacje o nowościach:

• <http://helion.pl/nowosci>

Helion SA  
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice  
tel.: 32 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)  
<http://helion.pl>

sięgnij po WIĘCEJ



KOD KORZYŚCI

ISBN 978-83-283-0623-3



9 788328 306233