

Joshua Bloch

# Java

EFEKTYWNE PROGRAMOWANIE



Wydanie III

Helion 

Tytuł oryginału: Effective Java (3rd Edition)

Tłumaczenie: Rafał Jońca

Projekt okładki: Studio Gravite / Olsztyn; Obarek, Pokoński, Pazdrijowski, Zaprucki

ISBN: 978-83-283-4576-8

Authorized translation from the English language edition, entitled: EFFECTIVE JAVA, Third Edition; ISBN 0134685997; by Joshua Bloch; published by Pearson Education, Inc, publishing as Addison-Wesley Professional. Copyright © 2018 by Pearson Education, Inc.

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 Pearson Education, Inc. Polish language edition published by HELION S.A. Copyright © 2018.

Portions copyright © 2001-2008 Oracle and/or its affiliates.

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)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<http://helion.pl/user/opinie/javep3>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

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

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

---

# Spis treści

Słowo wstępne .....	9
Przedmowa .....	11
Podziękowania .....	15
<b>Rozdział 1. Wprowadzenie .....</b>	<b>19</b>
<b>Rozdział 2. Tworzenie i usuwanie obiektów .....</b>	<b>23</b>
Temat 1. Tworzenie statycznych metod fabrycznych zamiast konstruktorów .....	23
Temat 2. Zastosowanie budowniczego do obsługi wielu parametrów konstruktora .....	28
Temat 3. Wymuszanie właściwości singleton za pomocą prywatnego konstruktora lub typu enum .....	36
Temat 4. Wykorzystanie konstruktora prywatnego w celu uniemożliwienia utworzenia obiektu .....	38
Temat 5. Stosuj wstrzykiwanie zależności zamiast odwoływania się do zasobów na sztywno .....	39
Temat 6. Unikanie powielania obiektów .....	41
Temat 7. Usuwanie niepotrzebnych referencji do obiektów .....	45
Temat 8. Unikanie finalizatorów i oczyszczaczy .....	48
Temat 9. Preferuj konstrukcję try z zasobami zamiast try-finally .....	54
<b>Rozdział 3. Metody wspólne dla wszystkich obiektów .....</b>	<b>57</b>
Temat 10. Zachowanie założeń w trakcie przedefiniowywania metody equals .....	58
Temat 11. Przedefiniowywanie metody hashCode wraz z equals .....	70
Temat 12. Przedefiniowywanie metody toString .....	75

Temat 13. Rozsądne przedefiniowywanie metody clone .....	78
Temat 14. Implementacja interfejsu Comparable .....	86
<b>Rozdział 4. Klasy i interfejsy .....</b>	<b>93</b>
Temat 15. Ograniczanie dostępności klas i ich składników .....	93
Temat 16. Stosowanie metod akcesorów zamiast pól publicznych w klasach publicznych .....	98
Temat 17. Zapewnianie niezmienności obiektu .....	100
Temat 18. Zastępowanie dziedziczenia kompozycją .....	107
Temat 19. Projektowanie i dokumentowanie klas przeznaczonych do dziedziczenia .....	113
Temat 20. Stosowanie interfejsów zamiast klas abstrakcyjnych ....	119
Temat 21. Projektowanie interfejsów na długie lata .....	124
Temat 22. Wykorzystanie interfejsów jedynie do definiowania typów .....	127
Temat 23. Zastępowanie oznaczania klas hierarchią .....	129
Temat 24. Zalety stosowania statycznych klas składowych .....	132
Temat 25. Ograniczenie pliku źródłowego do pojedynczej klasy głównego poziomu .....	135
<b>Rozdział 5. Typy ogólne .....</b>	<b>139</b>
Temat 26. Nie korzystaj z typów surowych .....	139
Temat 27. Eliminowanie ostrzeżeń o braku kontroli .....	144
Temat 28. Korzystanie z list zamiast tablic .....	147
Temat 29. Stosowanie typów ogólnych .....	151
Temat 30. Stosowanie metod ogólnych .....	156
Temat 31. Zastosowanie związanych szablonów do zwiększania elastyczności API .....	159
Temat 32. Ostrożne łączenie typów ogólnych i parametrów varargs .....	166
Temat 33. Wykorzystanie heterogenicznych kontenerów bezpiecznych dla typów .....	171
<b>Rozdział 6. Typy wyliczeniowe i adnotacje .....</b>	<b>177</b>
Temat 34. Użycie typów wyliczeniowych zamiast stałych int .....	177
Temat 35. Użycie pól instancyjnych zamiast kolejności .....	188
Temat 36. Użycie EnumSet zamiast pól bitowych .....	189
Temat 37. Użycie EnumMap zamiast indeksowania kolejnością ...	191
Temat 38. Emulowanie rozszerzalnych typów wyliczeniowych za pomocą interfejsów .....	196
Temat 39. Korzystanie z adnotacji zamiast wzorców nazw .....	200
Temat 40. Spójne użycie adnotacji Override .....	207
Temat 41. Użycie interfejsów znacznikowych do definiowania typów .....	210

---

<b>Rozdział 7. Lambdy i strumienie .....</b>	<b>213</b>
Temat 42. Stosuj lambdy zamiast klas anonimowych .....	213
Temat 43. Wybieraj referencje do metod zamiast lambd .....	217
Temat 44. Korzystaj ze standardowych interfejsów funkcyjnych ...	219
Temat 45. Rozważnie korzystaj ze strumieni .....	223
Temat 46. Stosuj w strumieniach funkcje bez efektów ubocznych .....	231
Temat 47. Zwracaj kolekcje zamiast strumieni .....	236
Temat 48. Ostrożnie korzystaj ze strumieni zrównoleglonych .....	242
<b>Rozdział 8. Metody .....</b>	<b>247</b>
Temat 49. Sprawdzanie poprawności parametrów .....	247
Temat 50. Defensywne kopiowanie .....	250
Temat 51. Projektowanie sygnatur metod .....	255
Temat 52. Rozsądne korzystanie z przeciążania .....	257
Temat 53. Rozsądne korzystanie z metod varargs .....	263
Temat 54. Zwracanie pustych tablic lub kolekcji zamiast wartości null .....	265
Temat 55. Rozsądne zwracanie obiektów opcjonalnych .....	267
Temat 56. Tworzenie komentarzy dokumentujących dla udostępnianych elementów API .....	272
<b>Rozdział 9. Programowanie .....</b>	<b>281</b>
Temat 57. Ograniczanie zasięgu zmiennych lokalnych .....	281
Temat 58. Stosowanie pętli for-each zamiast tradycyjnych pętli for .....	284
Temat 59. Poznanie i wykorzystywanie bibliotek .....	287
Temat 60. Unikanie typów float i double, gdy potrzebne są dokładne wyniki .....	290
Temat 61. Stosowanie typów prostych zamiast opakowanych typów prostych .....	292
Temat 62. Unikanie typu String, gdy istnieją bardziej odpowiednie typy .....	296
Temat 63. Problemy z wydajnością przy łączeniu ciągów znaków .....	298
Temat 64. Odwoływanie się do obiektów poprzez interfejsy .....	299
Temat 65. Stosowanie interfejsów zamiast refleksyjności .....	301
Temat 66. Rozważne wykorzystywanie metod natywnych .....	304
Temat 67. Unikanie przesadnej optymalizacji .....	306
Temat 68. Wykorzystanie ogólnie przyjętych konwencji nazewnictwa .....	309

<b>Rozdział 10. Wyjątki</b> .....	<b>313</b>
Temat 69. Wykorzystanie wyjątków w sytuacjach nadzwyczajnych .....	313
Temat 70. Stosowanie wyjątków przechwytywanych i wyjątków czasu wykonania .....	316
Temat 71. Unikanie niepotrzebnych wyjątków przechwytywanych .....	318
Temat 72. Wykorzystanie wyjątków standardowych .....	320
Temat 73. Zgłaszanie wyjątków właściwych dla abstrakcji .....	323
Temat 74. Dokumentowanie wyjątków zgłaszanych przez metodę .....	325
Temat 75. Udostępnianie danych o błędzie .....	326
Temat 76. Zachowanie atomowości w przypadku błędu .....	328
Temat 77. Nie ignoruj wyjątków .....	330
<b>Rozdział 11. Współbieżność</b> .....	<b>333</b>
Temat 78. Synchronizacja dostępu do wspólnych modyfikowalnych danych .....	333
Temat 79. Unikanie nadmierowej synchronizacji .....	338
Temat 80. Stosowanie wykonawców, zadań i strumieni zamiast wątków .....	344
Temat 81. Stosowanie narzędzi współbieżności zamiast wait i notify .....	346
Temat 82. Dokumentowanie bezpieczeństwa dla wątków .....	352
Temat 83. Rozsądne korzystanie z późnej inicjalizacji .....	355
Temat 84. Nie polegaj na harmonogramie wątków .....	358
<b>Rozdział 12. Serializacja</b> .....	<b>361</b>
Temat 85. Stosuj rozwiązania alternatywne wobec serializacji Javy .....	361
Temat 86. Rozsądne implementowanie interfejsu Serializable .....	365
Temat 87. Wykorzystanie własnej postaci serializowanej .....	368
Temat 88. Defensywne tworzenie metody readObject .....	375
Temat 89. Stosowanie typów wyczerpieniowych zamiast readResolve do kontroli obiektów .....	381
Temat 90. Użycie pośrednika serializacji zamiast serializowanych obiektów .....	385
<b>Dodatek A</b> <b>Tematy odpowiadające drugiemu wydaniu</b> .....	<b>389</b>
<b>Dodatek B</b> <b>Zasoby</b> .....	<b>393</b>
<b>Skorowidz</b> .....	<b>399</b>

---

# Typy wyliczeniowe i adnotacje

Java obsługuje dwie rodziny specjalnych typów referencyjnych — pewien rodzaj klas nazwany **typem wyliczeniowym** oraz pewien rodzaj interfejsu nazwany **typem adnotacyjnym**. W tym rozdziale przedstawimy najlepsze praktyki związane z wykorzystywaniem obu rodzin typów.

## Temat 34. Użycie typów wyliczeniowych zamiast stałych int

**Typ wyliczeniowy** to typ, którego prawidłowe wartości tworzy stały zbiór, na przykład pory roku, planety w systemie słonecznym lub rodzaje kart w talii. Zanim do języka został dodany typ wyliczeniowy, standardową praktyką reprezentowania takich typów było deklarowanie grupy zmiennych typu `int`, po jednej dla każdej wartości typu.

*// Wzorzec typu wyliczeniowego z użyciem int - bardzo niedoskonały!*

```
public static final int APPLE_FUJI      = 0;
public static final int APPLE_PIPPIN   = 1;
public static final int APPLE_GRANNY_SMITH = 2;

public static final int ORANGE_NAVEL   = 0;
public static final int ORANGE_TEMPLE  = 1;
public static final int ORANGE_BLOOD  = 2;
```

Technika ta, znana pod nazwą **wzorca wyliczeniowego int**, ma wiele wad. Nie zapewnia ona żadnej formy bezpieczeństwa typów i jest mało wygodna. Kompilator nie będzie protestował, jeżeli prześlemy jabłko do metody oczekującej pomarańczy, porównamy jabłko z pomarańczą za pomocą operatora == lub co gorsza:

```
// Smaczny sok jabłkowy z domieszką cytrusów!
int i = (APPLE_FUJI - ORANGE_TEMPLE) / APPLE_PIPPIN;
```

Jak można zauważyć, nazwa każdej ze stałych dla jabłka zaczyna się od APPLE\_, a nazwa każdej stałej pomarańczy zaczyna się od ORANGE\_. Dzieje się tak, ponieważ Java nie zapewnia przestrzeni nazw dla grup wartości wyliczeniowych typu int. Prefiksy zapobiegają powtórzeniu nazw, gdy dwie grupy wyliczeniowe mają tak samo nazwane stałe, co pozwala odróżnić od siebie ELEMENT\_MERCURY i PLANET\_MERCURY.

Programy korzystające z wzorca wyliczeniowego int są niewygodne. Ponieważ stałe wyliczeniowe int są **zmiennymi stałymi** [JLS, 4.12.4], są kompilowane do programów klienckich, które je wykorzystują [JLS, 13.1]. Jeżeli wartość int związana ze stałą wyliczeniową zmieni się, klient musi być ponownie skompilowany. W przeciwnym razie będzie nadal działał, ale jego zachowanie będzie niezdefiniowane.

Nie istnieje prosty sposób przetłumaczenia stałej wyliczeniowej na napis do wyświetlenia. Jeżeli drukujemy taką stałą lub wyświetlamy ją w debugerze, widzimy tylko liczbę, co nie jest zbyt pomocne. Nie istnieje niezawodny sposób na iterowanie po wszystkich wartościach int w typie wyliczeniowym, a nawet określenie wielkości grupy stałych int.

Można również spotkać odmianę tego wzorca, w którym w miejsce stałych int są używane stałe String. Wariant ten, nazywany **wzorcem wyliczeniowym String**, jest nawet mniej polecany. Choć zapewnia on czytelne napisy dla stałych, może prowadzić do problemów z wydajnością, ponieważ korzysta z porównywania napisów. Co gorsza, może doprowadzić do tego, że niedoświadczeni użytkownicy na stałe wpiszą stałe znakowe do kodu klienta, zamiast korzystać z nazw pól. Jeżeli taki wpisany napis zawiera błąd typograficzny, wymknie się spod kontroli w czasie kompilacji i spowoduje błąd w czasie działania aplikacji.

Na szczęście Java zapewnia alternatywę pozwalającą na ominięcie wad wzorców wyliczeniowych int i String, dającą wiele nowych korzyści. Typ ten jest zdefiniowany w podręczniku jako **typ enum** [JLS, 8.9]. W najprostszej postaci wygląda następująco:

```
public enum Apple { FUJI, PIPPIN, GRANNY_SMITH }
public enum Orange { NAVEL, TEMPLE, BLOOD }
```

Na pierwszy rzut oka typ wyliczeniowy może wyglądać podobnie do typów znanych z innych języków, takich jak C, C++ i C#, ale podobieństwo jest mylące. Typ wyliczeniowy w języku Java jest w pełni wartościową klasą, znacznie bardziej zaawansowaną niż odpowiedniki w innych językach, w których typ wyliczeniowy jest właściwie zbiorem wartości int.



Podstawowe założenie leżące u podstaw typu wyliczeniowego w języku Java jest proste — są to klasy eksportujące po jednym obiekcie dla każdej stałej wyliczenia z użyciem finalnego statycznego pola publicznego. Typy wyliczeniowe są w efekcie finalne, dzięki temu, że nie jest dostępny konstruktor. Ponieważ klienci nigdy nie tworzą obiektów typu wyliczeniowego ani po nich nie dziedziczą, nie mogą istnieć instancje inne niż zadeklarowane stałe wyliczeniowe. Inaczej mówiąc, typy wyliczeniowe są kontrolowanymi instancjami (temat 1.). Są one generalizacją singletonów (temat 3.), które są w praktyce jednoelementowymi typami wyliczeniowymi.

Typ wyliczeniowy zapewnia bezpieczeństwo typów w czasie kompilacji. Jeżeli zadeklarujemy, że parametr będzie typu `Apple`, to gwarantowane jest, że przekazana do parametru referencja obiektu różna od `null` będzie jedną z trzech prawidłowych wartości typu `Apple`. Próba przekazania wartości niewłaściwego typu spowoduje błąd kompilacji, tak samo jak próba przypisania wyrażenia jednego typu wyliczeniowego do zmiennej innego albo użycia operatora `==` do porównywania wartości różnych typów wyliczeniowych.

Typy wyliczeniowe o identycznie nazwanych stałych mogą bez problemów współistnieć, ponieważ każdy typ posiada własną przestrzeń nazw. Można dodawać lub zmieniać kolejność stałych w typie wyliczeniowym bez konieczności ponownej kompilacji klientów, ponieważ pola eksportujące stałe zapewniają warstwę izolacyjną pomiędzy typem wyliczeniowym i jego klientami — stałe nie są wkompiłowywane w klienty, tak jak miało to miejsce w przypadku wzorca typu wyliczeniowego `int`. Można również tłumaczyć wartości typu wyliczeniowego na czytelne napisy przez wywoływanie ich metody `toString`.

Oprócz naprawiania niedociągnięć typu wyliczeniowego korzystającego z `int` nowe typy wyliczeniowe pozwalają dopisać dowolne metody i implementować dowolne interfejsy. Zapewniają wysokiej jakości implementacje wszystkich metod klasy `Object` (rozdział 3.), implementują `Comparable` (temat 14.) i `Serializable` (rozdział 12.), a ich serializowana postać jest zaprojektowana tak, aby przetrwać większość zmian typu wyliczeniowego.

Do czego jest potrzebna możliwość dodawania do typu wyliczeniowego metod i pól? Przykładem może być możliwość skojarzenia danych ze stałymi. Nasze typy `Apple` i `Orange` mogą na przykład zawierać metodę zwracającą kolor owocu lub nawet jego zdjęcie. Można wzbogacać typ wyliczeniowy o dowolną metodę, która wydaje się nam odpowiednia. Typ wyliczeniowy może rozpocząć życie jako prosta kolekcja stałych wyliczeniowych i przeobrazić się w rozbudowaną abstrakcję.

Dobrym przykładem takiego bogatego typu wyliczeniowego może być typ modelujący osiem planet naszego systemu słonecznego. Każda planeta ma masę i promień, a na podstawie tych dwóch parametrów można obliczyć grawitację na powierzchni.

To z kolei pozwala obliczyć ciężar obiektu na powierzchni planety na podstawie masy obiektu. Poniżej zamieszczony jest przykład takiego typu wyliczeniowego. Liczby w nawiasach po stałych wyliczeniowych są parametrami przekazywanymi do konstruktora. W tym przypadku jest to masa i promień planety:

```
// Typ wyliczeniowy z danymi i operacjami
public enum Planet {
    MERCURY(3.302e+23, 2.439e6),
    VENUS (4.869e+24, 6.052e6),
    EARTH (5.975e+24, 6.378e6),
    MARS (6.419e+23, 3.393e6),
    JUPITER(1.899e+27, 7.149e7),
    SATURN (5.685e+26, 6.027e7),
    URANUS (8.683e+25, 2.556e7),
    NEPTUNE(1.024e+26, 2.477e7);

    private final double mass; // w kilogramach
    private final double radius; // w metrach
    private final double surfaceGravity; // w m / s^2

    // uniwersalna stała grawitacyjna w m^3 / kg s^2
    private static final double G = 6.67300E-11;

    // konstruktor
    Planet(double mass, double radius) {
        this.mass = mass;
        this.radius = radius;
        surfaceGravity = G * mass / (radius * radius);
    }

    public double mass() { return mass; }
    public double radius() { return radius; }
    public double surfaceGravity() { return surfaceGravity; }

    public double surfaceWeight(double mass) {
        return mass * surfaceGravity; // F = ma
    }
}
```

Jak widać, bardzo łatwo jest napisać bogaty typ wyliczeniowy, taki jak `Planet`. **Aby skojarzyć dane ze stałymi wyliczenia, należy zadeklarować pola instancyjne i napisać konstruktor pobierający dane i zapisujący je w polach.** Typy wyliczeniowe są z natury niezmiennie, więc wszystkie pola powinny być oznaczone `final` (temat 17.). Mogą być one publiczne, ale znacznie lepiej zadeklarować je jako prywatne i udostępnić publiczne akcesory (temat 16.). W przypadku typu `Planet` konstruktor oblicza i zapisuje grawitację na powierzchni, ale jest to tylko optymalizacja. Grawitacja może być wyliczana na podstawie masy i promienia przy każdym wywołaniu metody `surfaceWeight`, który pobiera masę obiektu i zwraca jego ciężar na planecie reprezentowanej przez stałą.

Choć typ wyliczeniowy `Planet` jest prosty, daje on zaskakująco dużo możliwości. Poniżej znajduje się krótki program pobierający wagę obiektu na Ziemi (w dowolnej jednostce) i wyświetla elegancką tabelę wag obiektu na wszystkich ośmiu planetach (w tej samej jednostce):

```
public class WeightTable {
    public static void main(String[] args) {
        double earthWeight = Double.parseDouble(args[0]);
        double mass = earthWeight / Planet.EARTH.surfaceGravity();
        for (Planet p : Planet.values())
            System.out.printf("Waga na %s wynosi %f%n",
                               p, p.surfaceWeight(mass));
    }
}
```

Należy zwrócić uwagę, że `Planet`, podobnie jak inne typy wyliczeniowe, posiada metodę statyczną `values`, która zwraca tablicę wartości typu w kolejności ich zadeklarowania. Należy również zwrócić uwagę, że metoda `toString` zwraca zadeklarowaną nazwę każdej z wartości typu wyliczeniowego, co pozwala w łatwy sposób drukować ją za pomocą `println` i `printf`. Jeżeli nie jesteśmy usatysfakcjonowani reprezentacją tekstową stałej, można ją zmienić przez nadpisanie metody `toString`. Poniżej zamieszczony jest wynik działania naszego małego programu `WeightTable` (wyliczenie nie przysłania metody `toString`) z przekazaną w wierszu poleceń wartością 185:

```
Waga na MERCURY wynosi 69.912739
Waga na VENUS wynosi 167.434436
Waga na EARTH wynosi 185.000000
Waga na MARS wynosi 70.226739
Waga na JUPITER wynosi 467.990696
Waga na SATURN wynosi 197.120111
Waga na URANUS wynosi 167.398264
Waga na NEPTUNE wynosi 210.208751
```

Aż do roku 2006, czyli dwa lata po dodaniu typu wyliczeniowego do Javy, Pluton był planetą. Warto w tym momencie zadać sobie pytanie, co się stanie, jeśli usuniemy element z typu wyliczeniowego. Dowolny klient, który nie korzystał bezpośrednio z usuniętego elementu, nadal będzie działał prawidłowo. Nasz przykładowy program `WeightTable` nadal działałby prawidłowo — po prostu wyświetlałby jeden wiersz mniej. Co stanie się z programem, który jawnie korzystał z usuniętego elementu (w tym przypadku `Planet.PLUTO`)? Jeśli program będzie kompilowany ponownie, proces ten się nie powiedzie i zostanie wyświetlony komunikat o błędzie wskazujący na odniesienie do zdegradowanej planety. Jeśli nie dojdzie do ponownej kompilacji, program wyświetli podobny komunikat w trakcie działania. To najlepsze zachowanie, na jakie można liczyć, znacznie przyjemniejsze od tego, które dostarczyłby wzorzec wyliczenia `int`.

Niektóre operacje związane ze stałymi wyliczanymi mogą być używane wyłącznie w klasie lub pakiecie, w którym jest zdefiniowany typ wyliczeniowy. Takie operacje najlepiej zaimplementować jako metody prywatne lub prywatne w ramach pakietu. Każda ze stałych posiada wtedy ukrytą kolekcję operacji, które pozwalają na odpowiednie reagowanie w klasie lub pakiecie w przypadku manipulacji na stałych. Tak samo jak w przypadku innych klas, o ile nie mamy ważnej potrzeby udostępniania metod klientom, należy zadeklarować je jako prywatne lub, jeżeli jest to wymagane, prywatne w ramach pakietu (temat 15.).

Jeżeli typ wyliczeniowy jest ogólnie przydatny, powinien być klasą najwyższego poziomu, natomiast jeżeli jest używany w klasie najwyższego poziomu, powinien być jej składnikiem (temat 24.). Na przykład typ wyliczeniowy `java.math.RoundingMode` reprezentuje tryb zaokrąglania ułamków dziesiętnych. Tryby zaokrąglania są wykorzystywane w klasie `BigDecimal`, ale zapewniają one przydatną abstrakcję, która nie jest fundamentalnie związana z `BigDecimal`. Przez umieszczenie typu wyliczeniowego `RoundingMode` na najwyższym poziomie projektanci biblioteki zachęcają programistów potrzebujących trybu zaokrąglania do ponownego użycia tego typu, dzięki czemu uzyskuje się większą spójność API.

Techniki zademonstrowane w przykładzie `Planet` są wystarczające dla większości typów wyliczeniowych, ale czasami potrzeba więcej. Z każdą stałą `Planet` są związane różne dane, ale czasami potrzebujemy skojarzyć całkowicie inne **działanie** z każdą ze stałych. Załóżmy, że chcemy napisać typ wyliczeniowy reprezentujący operacje na prostym kalkulatorze czterodziałaniowym i chcemy zapewnić metodę do wykonania operacji arytmetycznych reprezentowanych przez każdą ze stałych. Jednym ze sposobów realizacji jest wybór wyrażenia w zależności od wartości wyliczenia:

```
// Typ wyliczeniowy z wyborem spośród własnych wartości - niedoskonały
public enum Operation {
    PLUS, MINUS, TIMES, DIVIDE;

    // wykonanie operacji arytmetycznej reprezentowanej przez stałą
    public double apply(double x, double y) {
        switch(this) {
            case PLUS: return x + y;
            case MINUS: return x - y;
            case TIMES: return x * y;
            case DIVIDE: return x / y;
        }
        throw new AssertionError("Nieznana operacja: " + this);
    }
}
```

Kod ten działa, ale nie jest zbyt ładny. Nie kompiluje się on bez instrukcji `throw`, ponieważ koniec metody jest technicznie osiągalny, nawet jeżeli nie zostanie nigdy osiągnięty [JLS, 14.21]. Co gorsza, kod ten jest delikatny. Jeżeli dodamy nową

stałą wyliczeniową, a zapomnimy dodać odpowiedni przypadek w switch, typ nadal będzie się kompilował, ale wystąpi błąd w czasie działania przy próbie wykonania nowej operacji.

Na szczęście istnieje lepszy sposób na kojarzenie różnych operacji z każdą stałą wyliczenia — można zadeklarować abstrakcyjną metodę apply w typie wyliczeniowym i nadpisywać ją w konkretnej metodzie dla stałej umieszczonej w **treści klasy specyficznej dla stałej**. Takie metody są znane jako **implementacje metod specyficznych dla stałych**.

```
// Typ wyliczeniowy z implementacją metod specyficznych dla stałej
public enum Operation {
    PLUS { public double apply(double x, double y){return x + y;} },
    MINUS { public double apply(double x, double y){return x - y;} },
    TIMES { public double apply(double x, double y){return x * y;} },
    DIVIDE { public double apply(double x, double y){return x / y;} };

    public abstract double apply(double x, double y);
}
```

Jeżeli dodamy nową stałą do drugiej wersji Operation, mało prawdopodobne jest, że zapomnimy napisać metody apply, ponieważ znajduje się ona zaraz po deklaracji każdej ze stałych. W mało prawdopodobnym przypadku, gdy jednak jej zapomnimy, kompilator przypomni nam o tym, ponieważ metody abstrakcyjne w typie wyliczeniowym muszą być przesłaniane konkretnymi metodami w każdej ze stałych.

Implementacja metody specyficzna dla stałej może być łączona z danymi specyficznymi dla stałej. Poniżej znajduje się na przykład kolejna wersja Operation, w której nadpisujemy metodę toString w celu zwrócenia symbolu skojarzonego z operacją.

```
// Typ wyliczeniowy z treścią klasy specyficzną dla stałej oraz z danymi
public enum Operation {
    PLUS("+") {
        public double apply(double x, double y) { return x + y; }
    },
    MINUS("-") {
        public double apply(double x, double y) { return x - y; }
    },
    TIMES("*") {
        public double apply(double x, double y) { return x * y; }
    },
    DIVIDE("/") {
        public double apply(double x, double y) { return x / y; }
    };
    private final String symbol;
    Operation(String symbol) { this.symbol = symbol; }
    @Override public String toString() { return symbol; }

    public abstract double apply(double x, double y);
}
```

Na przykład przedstawiona powyżej implementacja `toString` pozwala łatwo wyświetlać wyrażenia arytmetyczne w sposób pokazany przez ten mały program.

```
public static void main(String[] args) {
    double x = Double.parseDouble(args[0]);
    double y = Double.parseDouble(args[1]);
    for (Operation op : Operation.values())
        System.out.printf("%f %s %f = %f%n",
            x, op, y, op.apply(x, y));
}
```

Uruchomienie tego programu z wartościami 2 i 4 przekazanymi w wierszu poleceń daje nam następujący wynik:

```
2.000000 + 4.000000 = 6.000000
2.000000 - 4.000000 = -2.000000
2.000000 * 4.000000 = 8.000000
2.000000 / 4.000000 = 0.500000
```

Typy wyliczeniowe mają automatycznie generowaną metodę `valueOf(String)`, która przekształca nazwę stałej na samą stałą. Jeżeli nadpiszemy metodę `toString` w typie wyliczeniowym, warto rozważyć również napisanie metody `fromString` w celu przekształcenia własnej reprezentacji na odpowiednią stałą. Poniższy kod (po odpowiedniej zmianie typu) realizuje to zadanie dla dowolnego typu wyliczeniowego, o ile każda stała będzie miała unikatową reprezentację znakową.

```
// Implementacja metody fromString dla typu wyliczeniowego
private static final Map<String, Operation> stringToEnum =
    Stream.of(values()).collect(
        toMap(Object::toString, e -> e));

// zwraca Operation dla napisu lub null, jeżeli napis jest nieprawidłowy
public static Optional<Operation> fromString(String symbol) {
    return Optional.ofNullable(stringToEnum.get(symbol));
}
```

Należy zwrócić uwagę, że stałe `Operation` są umieszczane w odwzorowaniu `stringToEnum` w bloku statycznym, który jest wykonywany po utworzeniu stałych. Przedstawiony kod używa strumienia (rozdział 7.) dla tablicy zwróconej przez metodę `values()`. Przed Javą 8 musielibyśmy utworzyć pusty obiekt `HashMap`, a następnie przejść po każdej wartości z tablicy i wstawić ją do odwzorowania. Oczywiście jeśli chcesz, możesz nadal korzystać z takiego rozwiązania. Pamiętaj jednak, że próba umieszczenia każdej stałej w odwzorowaniu w jej konstruktorze **nie** zadziała. Spowoduje błąd kompilacji, co jest prawidłowym działaniem, ponieważ nastąpiłoby wygenerowanie `NullPointerException`, jeżeli takie przypisanie byłoby legalne. Konstruktory typu wyliczeniowego nie mogą korzystać z pól statycznych typu z wyjątkiem zmiennych stałych (temat 34.). Takie ograniczenie jest niezbędne, ponieważ te pola statyczne nie są zainicjowane w momencie wykonywania

konstruktorów. Specjalnym przypadkiem tego ograniczenia jest to, że stała wyliczeniowa nie może uzyskać dostępu do innej stałej wyliczenia z poziomu swojego konstruktora.

Zwróć uwagę, że metoda `fromString` zwraca `Optional<String>`. Umożliwia to metodzie wskazanie, że tekst, który został do niej przekazany, nie reprezentuje żadnej poprawnej operacji, co zmusza klienta do uwzględnienia takiej możliwości (temat 55.).

Wadą specyficznych dla stałych implementacji metod jest to, że powodują utrudnienie współdzielenia kodu pomiędzy stałymi wyliczenia. Jako przykład weźmy typ wyliczeniowy reprezentujący dni tygodnia w pakiecie księgowym. Taki typ wyliczeniowy posiada metodę obliczającą wynagrodzenie pracownika za dany dzień na podstawie podstawowego wynagrodzenia (za godzinę) oraz liczby minut przepracowanych danego dnia. W pięciu dniach tygodnia każda minuta przekraczająca zwykłą zmianę powoduje wygenerowanie płacy w nadgodzinach, a w dwóch dniach weekendu cały czas pracy jest traktowany jako nadliczbowy. Przy użyciu instrukcji `switch` można łatwo wykonać takie obliczenia przez zastosowanie wielu etykiet dla dwóch fragmentów kodu.

```
// Typ wyliczeniowy wybierający na podstawie własnych wartości w celu
// współdzielenia kodu - wątpliwe
enum PayrollDay {
    MONDAY, TUESDAY, WEDNESDAY, THURSDAY, FRIDAY,
    SATURDAY, SUNDAY;

    private static final int MINS_PER_SHIFT = 8 * 60;

    double pay(double minutesWorked, double payRate) {
        double basePay = minutesWorked * payRate;

        double overtimePay;
        switch(this) {
            case SATURDAY: case SUNDAY: // weekend
                overtimePay = basePay / 2;
                break;
            default: // zwykle dni tygodnia
                overtimePay = minutesWorked <= MINS_PER_SHIFT ?
                    0 : (minutesWorked - MINS_PER_SHIFT) * payRate / 2;
        }

        return basePay + overtimePay;
    }
}
```

Kod ten jest bez wątplenia spójny, ale z perspektywy jego utrzymania dosyć niebezpieczny. Załóżmy, że dodajemy element do wyliczenia, być może specjalną wartość oznaczającą urlop, ale zapomnimy dodać odpowiedniego przypadku do instrukcji `switch`. Program nadal będzie się kompilował, ale metoda `pay` po cichu zapłaci pracownikowi taką samą kwotę jak za zwykły dzień tygodnia.

Aby bezpiecznie wykonać obliczenie przy użyciu implementacji specyficznej dla stałej, konieczne będzie powielenie obliczenia nadgodzin dla każdej stałej lub przeniesienie obliczeń do dwóch metod pomocniczych (jednej dla weekendów i jednej dla dni roboczych) i wywoływanie odpowiedniej metody pomocniczej z każdej ze stałych. Oba podejścia powodują powstanie sporej ilości kodu narzędziowego, co znacznie zmniejsza czytelność i zwiększa możliwość popełnienia błędu.

Kod narzędziowy może być zmniejszony przez zastąpienie metody abstrakcyjnej `overtimePay` w `PayrollDay` metodą konkretną, w której wykonamy obliczenie nadgodzin dla dni powszednich. W takim przypadku konieczne jest nadpisanie metody wyłącznie dla weekendów. Ma to jednak takie same wady jak instrukcja `switch` — jeżeli dodamy kolejny dzień bez nadpisywania metody `overtimePay`, odziedziczy ona obliczenia dla dni tygodnia bez żadnej informacji o tym fakcie.

Potrzebujemy więc **wymuszenia** wyboru strategii płacy nadgodzin za każdym razem, gdy dodamy stałą wyliczenia. Na szczęście istnieje łatwy sposób osiągnięcia tego efektu. Polega to na przeniesieniu obliczenia nadgodzin do prywatnego zagnieżdżonego typu wyliczeniowego i przekazanie obiektu tego typu **wyliczeniowego strategii** do konstruktora typu wyliczeniowego `PayrollDay`. Typ wyliczeniowy `PayrollDay` deleguje obliczenie płacy w nadgodzinach do typu wyliczeniowego strategii, co eliminuje potrzebę zastosowania polecenia `switch` lub implementacji metod specyficznych dla stałych w `PayrollDay`. Choć ten wzorzec jest mniej zwięzły niż instrukcja `switch`, jest bezpieczniejszy i bardziej elastyczny:

*// Wzorzec typu wyliczeniowego strategii*

```
enum PayrollDay {
    MONDAY, TUESDAY, WEDNESDAY, THURSDAY, FRIDAY,
    SATURDAY(PayType.WEEKEND), SUNDAY(PayType.WEEKEND);

    private final PayType payType;

    PayrollDay(PayType payType) { this.payType = payType; }
    PayrollDay() { this(PayType.WEEKDAY); } // domyślny

    int pay(int minutesWorked, int payRate) {
        return payType.pay(minutesWorked, payRate);
    }

    // typ wyliczeniowy strategii
    private enum PayType {
        WEEKDAY {
            int overtimePay(int minsWorked, int payRate) {
                return minsWorked <= MINS_PER_SHIFT ? 0 :
                    (minsWorked - MINS_PER_SHIFT) * payRate / 2;
            }
        },
        WEEKEND {
            int overtimePay(int minsWorked, int payRate) {
```



```

        return minsWorked * payRate / 2;
    }
};

abstract int overtimePay(int mins, int payRate);
private static final int MINS_PER_SHIFT = 8 * 60;

int pay(int minsWorked, int payRate) {
    int basePay = minsWorked * payRate;
    return basePay + overtimePay(minsWorked, payRate);
}
}
}

```

Jeżeli instrukcje switch w typach wyliczeniowych nie są dobre do implementowania operacji specyficznych dla stałych w typach wyliczeniowych, to **do czego się one nadają? Instrukcje wyboru w typach wyliczeniowych są dobre do wzbogacania zewnętrznych typów wyliczeniowych o operacje specyficzne dla stałych.** Załóżmy, że typ wyliczeniowy Operation jest poza naszą kontrolą i chcemy dodać metodę instancyjną zwracającą odwrotność każdej operacji. Można symulować ten efekt za pomocą następującej metody statycznej:

```

// Wybór ze stałej do symulowania brakującej metody
public static Operation inverse(Operation op) {
    switch(op) {
        case PLUS: return Operation.MINUS;
        case MINUS: return Operation.PLUS;
        case TIMES: return Operation.DIVIDE;
        case DIVIDE: return Operation.TIMES;

        default: throw new AssertionError("Nieznana operacja: " + op);
    }
}

```

Skorzystaj z tej techniki również dla typów wyliczeniowych, które są pod Twoją kontrolą, jeśli metoda po prostu nie należy do typu wyliczeniowego. Metoda może być potrzebna przy niektórych wyliczeniach, ale nie jest na tyle użyteczna, aby rozważyć dołączenie jej do typu wyliczeniowego.

Typy wyliczeniowe są porównywalne pod względem wydajności ze stałymi int. Niewielki spadek wydajności w stosunku do stałych int jest związany z ładowaniem i inicjowaniem typu wyliczeniowego. Poza urządzeniami o ograniczonych zasobach, takich jak telefony komórkowe czy tostery, mało prawdopodobne jest, aby było to w praktyce zauważalne.

Kiedy należy więc korzystać z typów wyliczeniowych? **Za każdym razem, gdy potrzebujemy stałego zestawu stałych znanych w momencie kompilacji.** Oczywiście, obejmuje to „naturalne typy wyliczeniowe”, takie jak planety, dni tygodnia

i figury szachowe. Oprócz tego mogą to być inne zbiory, których wszystkie możliwe wartości są znane w czasie kompilacji, takie jak pozycje menu, kody operacji i znaczniki wiersza poleceń. **Nie jest konieczne, aby zbiór stałych w typie wyliczeniowym był stały przez cały czas.** Mechanizm typów wyliczeniowych został zaprojektowany tak, aby pozwolić na binarną zgodność ewolucji typów wyliczeniowych.

Podsumujmy. Zalety typu wyliczeniowego w stosunku do stałych *int* są zachęcające. Typ wyliczeniowy jest znacznie bardziej czytelny, bezpieczny i daje większe możliwości. Wiele typów wyliczeniowych nie wymaga jawnego konstruktora ani składników, ale wiele innych korzysta z zalet skojarzenia danych z każdą stałą i zapewnienia metod, których działanie jest zależne od tych danych. Znacznie mniej typów wyliczeniowych korzysta z kojarzenia wielu operacji z jedną metodą. W tych względnie rzadkich przypadkach lepiej użyć metod specyficznych dla stałych, sterowanych własnymi wartościami. Jeżeli wiele stałych wyliczeniowych korzysta z tych samych operacji, warto rozważyć zastosowanie wzorca typu wyliczeniowego strategii.

## Temat 35. Użycie pól instancyjnych zamiast kolejności

Wiele typów wyliczeniowych jest naturalnie skojarzonych z wartościami *int*. Wszystkie takie typy mają metodę *ordinal*, która zwraca pozycję numeryczną każdej stałej wyliczenia w tym typie. Można ulec pokusie skorzystania z wartości *int* metody *ordinal*:

```
//Nadużycie kolejności do uzyskania skojarzonej wartości - NIE RÓB TAK
public enum Ensemble {
    SOLO, DUET, TRIO, QUARTET, QUINTET,
    SEXTET, SEPTET, OCTET, NONET, DECTET;

    public int numberOfMusicians() { return ordinal() + 1; }
}
```

Choć ten typ wyliczeniowy działa, jest on koszmarem utrzymania. Jeżeli kolejność stałych zostanie zmieniona, metoda *numberOfMusicians* zawiedzie. Jeżeli chcemy dodać drugą stałą wyliczenia skojarzoną z wartością *int*, która była już użyta, mamy sporego pecha. Założmy, że chcemy dodać stałą do **podwójnego kwartetu**, który podobnie jak okteta składa się z ośmiu muzyków, ale nie ma sposobu na wykonanie tej operacji.

Dodatkowo nie można dodać stałej dla wartości *int* bez dodawania stałej dla kolejnych wartości *int*. Chcemy na przykład dodać stałą reprezentującą **potrójny kwartet**, który składa się z dwunastu muzyków. Nie istnieje standardowy termin

dla zespołu składającego się z jedenastu muzyków, więc jesteśmy zmuszeni do dodania dodatkowej stałej dla nieużywanej wartości `int` (11). Jest to co najmniej nieładne. Jeżeli mamy wiele nieużywanych wartości `int`, jest to niepraktyczne.

Na szczęście istnieje proste rozwiązanie tych problemów. **Nigdy nie należy kojarzyć wartości skojarzonej z wartością wyliczaną na podstawie kolejności; należy zamiast tego przechować ją w polu instancyjnym:**

```
public enum Ensemble {
    SOLO(1), DUET(2), TRIO(3), QUARTET(4), QUINTET(5),
    SEXTET(6), SEPTET(7), OCTET(8), DOUBLE_QUARTET(8),
    NONET(9), DECTET(10), TRIPLE_QUARTET(12);

    private final int numberOfMusicians;
    Ensemble(int size) { this.numberOfMusicians = size; }
    public int numberOfMusicians() { return numberOfMusicians; }
}
```

Specyfikacja Enum zawiera następujące objaśnienie dla metody `ordinal`: „Większość programistów nie skorzysta z tej metody. Jest zaprojektowana do użycia przez ogólne struktury danych bazujące na typach wyliczeniowych, takie jak `EnumSet` i `EnumMap`”. Jeżeli nie piszemy tego typu struktur danych, najlepiej unikać metody `ordinal`.

## Temat 36. Użycie EnumSet zamiast pól bitowych

Jeżeli element typu wyliczeniowego był używany przede wszystkim w zbiorach, zwykle wykorzystywany był wzorzec typu wyliczeniowego `int` (temat 34.), w którym każdej stałej przypisywana była inna potęga 2:

```
// Bitowe stałe typu wyliczeniowego - PRZESTARZALE!
public class Text {
    public static final int STYLE_BOLD = 1 << 0; // 1
    public static final int STYLE_ITALIC = 1 << 1; // 2
    public static final int STYLE_UNDERLINE = 1 << 2; // 4
    public static final int STYLE_STRIKETHROUGH = 1 << 3; // 8

    // parametr jest bitową sumą zero lub więcej stałych STYLE_
    public void applyStyles(int styles) { ... }
}
```

Ta reprezentacja pozwala użyć bitowej operacji OR do połączenia kilku stałych ze zbioru, co jest znane pod nazwą **poła bitowego**:

```
text.applyStyles(STYLE_BOLD | STYLE_ITALIC);
```

Reprezentacja pola bitowego pozwala również na efektywne wykonywanie zbioru operacji, takich jak suma lub część wspólna, przy użyciu arytmetyki bitowej. Pola bitowe mają wszystkie wady stałych `int`, jak również swoje własne. Jest nawet trudniej zinterpretować pole bitowe niż zwykłą stałą wyliczeniową `int` po jej wyświetleniu w postaci liczby. Dodatkowo nie istnieje prosty sposób na iterowanie po wszystkich elementach reprezentowanych przez pole bitowe. Co więcej, trzeba przewidzieć maksymalną liczbę bitów, która kiedykolwiek będzie potrzebna, gdy pisze się API, i na tej podstawie dobrać typ pola (`int` lub `long`). Po wybraniu typu nie można przekroczyć jego szerokości (32 lub 64 bity) bez zmiany API.

Niektórzy programiści, korzystający z typów wyliczeniowych zamiast stałych `int`, nadal upierają się przy korzystaniu z pól bitowych, gdy muszą przekazywać zbiory stałych. Nie ma powodu, aby to robić, ponieważ istnieje lepsza alternatywa. W pakiecie `java.util` znajduje się klasa `EnumSet`, która pozwala efektywnie reprezentować zbiór wartości jednego typu wyliczeniowego. Klasa ta implementuje interfejs `Set`, dzięki czemu daje bogactwo, bezpieczeństwo typów i możliwości współpracy zapewniane przez wszystkie inne implementacje `Set`. Jednak wewnętrznie każdy `EnumSet` jest reprezentowany jako wektor bitowy. Jeżeli bazowy typ wyliczeniowy ma nie więcej niż sześćdziesiąt cztery elementy — czyli w większości przypadków — cały `EnumSet` jest reprezentowany za pomocą jednej liczby `long`, więc wydajność jest porównywalna do pól bitowych. Operacje masowe, takie jak `removeAll` i `retainAll`, są implementowane za pomocą arytmetyki bitowej, tak samo jak wykonujemy to ręcznie w przypadku pól bitowych. Jesteśmy jednak izolowani od brzydoty i podatności na błędy ręcznych manipulacji na bitach — `EnumSet` wykonuje za nas całą ciężką pracę.

Poniżej zamieszczony jest poprzedni przykład korzystający z typu wyliczeniowego zamiast pól bitowych. Jest krótszy, czytelniejszy i bezpieczniejszy:

```
// EnumSet - nowoczesny następcza pól bitowych
public class Text {
    public enum Style { BOLD, ITALIC, UNDERLINE, STRIKETHROUGH }

    // może być przekazany dowolny Set, ale EnumSet jest najlepszy
    public void applyStyles(Set<Style> styles) { ... }
}
```

Poniżej mamy kod klienta, który przekazuje obiekt `EnumSet` do metody `applyStyles`. `EnumSet` zapewnia bogaty zestaw statycznych metod fabrycznych dla ułatwienia tworzenia zbioru i jedna z nich jest użyta w tym fragmencie kodu:

```
text.applyStyles(EnumSet.of(Style.BOLD, Style.ITALIC));
```

Należy zwrócić uwagę, że metoda `applyStyles` oczekuje `Set<Style>`, a nie `EnumSet` `↳<Style>`. Choć wydaje się prawdopodobne, że wszystkie klienty będą przekazywać do metody obiekt `EnumSet`, to jednak dobrą praktyką jest akceptowanie typu interfejsu zamiast typu implementacji (temat 64.). Pozostawia to możliwość przekazania przez klienta w niektórych przypadkach innych implementacji `Set`.

Podsumujmy. **Użycie typu wyliczeniowego w zbiorach nie jest powodem jego reprezentacji przy użyciu pól bitowych.** Klasa EnumSet łączy w sobie spójność i wydajność pól bitowych z wieloma zaletami typów wyliczeniowych opisanych w temacie 34. Jedyną rzeczywistą wadą EnumSet jest to, że nadal w Java 9 niemożliwe jest utworzenie niezmiennego obiektu EnumSet, ale najprawdopodobniej zostanie to poprawione w kolejnej wersji. Na razie można opakować EnumSet za pomocą Collections.unmodifiableSet, ale wtedy zmniejszona zostanie zwężłość i wydajność.

## Temat 37. Użycie EnumMap zamiast indeksowania kolejnością

Czasami można napotkać kod korzystający z indeksowania tablicy lub listy za pomocą metody ordinal (temat 35.). Oto prosty przykład klasy reprezentującej roślinę:

```
class Plant {
    enum LifeCycle { ANNUAL, PERENNIAL, BIENNIAL }

    final String name;
    final LifeCycle lifeCycle;

    Plant(String name, LifeCycle lifeCycle) {
        this.name = name;
        this.lifeCycle = lifeCycle;
    }

    @Override public String toString() {
        return name;
    }
}
```

Załóżmy teraz, że mamy tablicę reprezentującą rośliny w ogrodzie i chcemy wyświetlić te rośliny zorganizowane względem typu (roczne, wieloletnie lub dwuletnie). W tym celu utworzymy trzy zbiory, po jednym dla każdego cyklu życia i będziemy iterować po elementach ogrodu, umieszczając każdą roślinę w odpowiednim zbiorze. Niektórzy programiści umieszciliby te zbiory w tablicy indeksowanej wartością ordinal cyklu życia:

```
// Zastosowanie ordinal() do indeksowania tablicy - NIE RÓB TAK!
Set<Plant>[] plantsByLifeCycle =
    (Set<Plant>[]) new Set[Plant.LifeCycle.values().length];
for (int i = 0; i < plantsByLifeCycle.length; i++)
    plantsByLifeCycle[i] = new HashSet<>();

for (Plant p : garden)
    plantsByLifeCycle[p.lifeCycle.ordinal()].add(p);
```

```
// wyświetlenie wyników
for (int i = 0; i < plantsByLifeCycle.length; i++) {
    System.out.printf("%s: %s%n",
        Plant.LifeCycle.values()[i], plantsByLifeCycle[i]);
}
```

Technika ta działa, ale powoduje wiele problemów. Ponieważ tablice nie są zgodne z typami ogólnymi (temat 28.), program wymaga niekontrolowanego rzutowania, więc nie skompiluje się bez problemu. Ponieważ tablica nie ma żadnych informacji na temat tego, co reprezentuje indeks, konieczne jest ręczne nadawanie etykiet w czasie wyświetlania. Jednak najpoważniejszym problemem jest to, że przy odwoływaniu się do tablicy poprzez indeks będący kolejnością w typie wyliczeniowym spoczywa na nas odpowiedzialność za użycie właściwej wartości `int`; liczby `int` nie zapewniają bezpieczeństwa typów, tak jak typ wyliczeniowy. Jeżeli użyjemy niewłaściwej wartości, program wykona niewłaściwą operację lub — jeżeli będziemy mieli szczęście — zgłosi wyjątek `ArrayIndexOutOfBoundsException`.

Na szczęście istnieje znacznie lepszy sposób na osiągnięcie tego samego efektu. Tablica efektywnie służy jako odwzorowanie pomiędzy typem wyliczeniowym a wartością, więc można w takim przypadku zastosować `Map`. Dokładniej — dostępna jest bardzo szybka implementacja `Map`, zaprojektowana do wykorzystywania z kluczami typu wyliczeniowego, o nazwie `java.util.EnumMap`. Poprzedni program korzystający z `EnumMap` wygląda następująco:

```
// Zastosowanie EnumMap do skojarzenia typu wyliczeniowego z danymi
Map<Plant.LifeCycle, Set<Plant>> plantsByLifeCycle =
    new EnumMap<>(Plant.LifeCycle.class);
for (Plant.LifeCycle lc : Plant.LifeCycle.values())
    plantsByLifeCycle.put(lc, new HashSet<>());
for (Plant p : garden)
    plantsByLifeCycle.get(p.lifeCycle).add(p);
System.out.println(plantsByLifeCycle);
```

Program ten jest krótszy, czytelniejszy i bezpieczniejszy, a dodatkowo ma wydajność zbliżoną do pierwszej wersji. Nie ma tu niebezpiecznego rzutowania; nie ma potrzeby ręcznego wyświetlania etykiet, ponieważ klucze odwzorowania są typu wyliczeniowego, który może się przekształcić na czytelną postać, a dodatkowo nie ma możliwości popełnienia błędu przy obliczaniu indeksów tablicy. Obiekty `EnumMap` mają porównywalną wydajność z tablicami indeksowanymi za pomocą kolejności, ponieważ korzystają one wewnętrznie właśnie z tablic. Jednak ukrywają szczegóły implementacji przed programistą, łącząc bogactwo i bezpieczeństwo typów `Map` z wydajnością tablicy. Należy zwrócić uwagę, że konstruktor `EnumMap` oczekuje jako klucza obiektu `Class` — jest to **token typu związanego**, który zapewnia dostęp do typu ogólnego w czasie działania (temat 33.).

Przedstawiony powyżej program można skrócić jeszcze bardziej, wykorzystując strumienie (temat 45.) do zarządzania odwzorowaniem. Oto najprostszy kod bazujący na strumieniach, który w dużej mierze powiela działanie wcześniejszego przykładu:

```
// Uprozczone podejście wykorzystujące strumienie - jest wątpliwe,
// czy doprowadzi do utworzenia EnumMap!
System.out.println(Arrays.stream(garden)
    .collect(groupingBy(p -> p.lifeCycle)));
```

Problemem w tym kodzie jest to, że wybierze on własną implementację odwzorowania, czyli w praktyce inną klasę niż EnumMap, a tym samym nie zapewni wydajności i zwężłości pamięciowej rozwiązania stosującego EnumMap w sposób jawny. Aby rozwiązać ten problem, użyjmy trójparametrowej wersji Collectors.groupingBy, która pozwala kodowi wywołującemu wskazać implementację odwzorowania w parametrze mapFactory:

```
// Wykorzystanie strumienia i EnumMap do powiązania danych z wyliczeniem
System.out.println(Arrays.stream(garden)
    .collect(groupingBy(p -> p.lifeCycle,
        () -> new EnumMap<>(LifeCycle.class), toSet())));
```

Tego rodzaju optymalizacja nie jest warta dodatkowego nakładu pracy w tak prostym przykładzie jak prezentowany, ale może mieć duże znaczenie w programie wykorzystującym odwzorowania w sposób niezwykle intensywny.

Zachowanie wersji bazującej na strumieniu różni się nieco od wersji z EnumMap. Wersja EnumMap zawsze tworzy zagnieżdżone odwzorowanie dla każdego cyklu życia rośliny, a wersja strumieniowa tworzy zagnieżdżone odwzorowanie tylko wtedy, gdy ogród zawiera jedną roślinę lub więcej roślin o danym cyklu życia. Jeśli więc ogród zawiera rośliny jednoroczne i wieloletnie, ale nie dwuletnie, rozmiar plantsByLifeCycle będzie w wersji EnumMap wynosił trzy, a w obu wersjach strumieniowych dwa.

Można się spotkać również z tablicami tablic, indeksowanymi (dwukrotnie!) kolejnościami w typie, reprezentującymi odwzorowanie pomiędzy dwoma wartościami wyliczeniowymi. Na przykład poniższy program korzysta z takich tablic do reprezentowania przejść pomiędzy dwoma stanami (z ciekłego na stały to zamarzanie, z ciekłego do gazowego to parowanie i tak dalej).

```
// Zastosowanie ordinal() do indeksowania tablicy tablic - NIE RÓB TAK!
public enum Phase {
    SOLID, LIQUID, GAS;

    public enum Transition {
        MELT, FREEZE, BOIL, CONDENSE, SUBLIME, DEPOSIT;

        // wiersze indeksowane kolejnością źródłową, kolumny docelową
        private static final Transition[][] TRANSITIONS = {
            { null, MELT, SUBLIME },
            { FREEZE, null, BOIL },
            { DEPOSIT, CONDENSE, null }
        };
    }
};
```

```

//zwraca przejście fazowe z jednego stanu do drugiego
public static Transition from(Phase from, Phase to) {
    return TRANSITIONS[from.ordinal()][to.ordinal()];
}
}
}

```

Program działa i może nawet wydawać się elegancki, ale wrażenie to jest złudne. Podobnie jak w przypadku wcześniejszego przykładu z ogrodem zielnym, kompilator nie ma możliwości poznać relacji pomiędzy kolejnością w typie i indeksami tablicy. Jeżeli popełnimy błąd w tablicy przejść lub zapomnimy zaktualizować ją przy modyfikacji typu wyliczeniowego Phase lub Phase.Transition, program ulegnie awarii w czasie działania. Awaria może przyjąć postać wyjątku `ArrayIndexOutOfBoundsException`, `NullPointerException` lub (co gorsza) nieprawidłowego działania. Dodatkowo wielkość tablicy jest kwadratem tablicy stanów, nawet jeżeli liczba niepustych wpisów jest mała.

I w tym przypadku lepiej zastosować `EnumMap`. Ponieważ każde przejście fazowe jest indeksowane parą stałych stanu, najlepiej reprezentować tę relację jako odwzorowanie z jednego typu wyliczeniowego (stan początkowy) na odwzorowanie z drugiego typu wyliczeniowego (stan końcowy) i na wynik (przejście fazowe). Dwa stany skupienia skojarzone z przejściem fazowym najlepiej modelować przez dołączenie danych do typu wyliczeniowego przejść fazowych, które są następnie wykorzystywane do inicjowania zagnieżdżonych obiektów `EnumMap`:

```

//Zastosowanie zagnieżdżonych EnumMap do skojarzenia danych z parą
//wartości wyliczeniowych
public enum Phase {
    SOLID, LIQUID, GAS;

    public enum Transition {
        MELT(SOLID, LIQUID), FREEZE(LIQUID, SOLID),
        BOIL(LIQUID, GAS), CONDENSE(GAS, LIQUID),
        SUBLIME(SOLID, GAS), DEPOSIT(GAS, SOLID);

        private final Phase from;
        private final Phase to;

        Transition(Phase from, Phase to) {
            this.from = from;
            this.to = to;
        }

        //inicjalizacja odwzorowania przejść między stanami
        private static final Map<Phase, Map<Phase, Transition>>
            m = Stream.of(values()).collect(groupingBy(t -> t.from,
                () -> new EnumMap<>(Phase.class),
                toMap(t -> t.to, t -> t,
                    (x, y) -> y, () -> new EnumMap<>(Phase.class))));

```



```

        public static Transition from(Phase from, Phase to) {
            return m.get(from).get(to);
        }
    }
}

```

Kod inicjujący odwzorowanie przejść fazowych może wydawać się nieco skomplikowany, ale nie jest taki zły. Typem odwzorowania jest `Map<Phase, Map<Phase, Transition>>`, co oznacza „odwzorowanie ze stanu (źródłowego) na odwzorowanie ze stanu (docelowego) na przejście”. To odwzorowanie odwzorowań jest inicjalizowane kaskadową wersją dwóch kolektorów. Pierwszy kolektor grupuje przejścia na podstawie stanu początkowego, a drugi tworzy `EnumMap` z odwzorowaniami ze stanu docelowego do przejścia. Funkcja łącząca w drugim kolektorze ( $(x, y) \rightarrow y$ ) nie jest używana; potrzebujemy jej tylko dlatego, że musimy wskazać fabrykę obiektów map w celu uzyskania `EnumMap`, a `Collectors` oferuje fabryki teleskopowe. Poprzednie wydanie książki stosowało jawną iterację w celu inicjalizacji odwzorowań. Tamten kod był dłuższy, ale łatwiejszy do zrozumienia.

Teraz założmy, że chcemy dodać do systemu nowy stan — **plazmę**, czyli zjonizowany gaz. Z tym stanem są związane tylko dwa przejścia — **jonizacja**, która powoduje przejście gazu w plazmę, oraz **dejonizacja**, czyli przejście plazmy w gaz. Aby zaktualizować program bazujący na tablicach, należy dodać nową stałą do `Phase` oraz dwie do `Phase.Transition` i zamienić oryginalną dziewięcioelementową tablicę `tablic` na nową, szesnastoelementową. Jeżeli dodamy zbyt dużo lub za mało elementów do tablicy albo umieścimy element w niewłaściwym miejscu, wszystko pójdzie źle — program się skompiluje, ale ulegnie awarii w czasie działania. Aby zaktualizować wersję bazującą na `EnumMap`, wystarczy dodać `PLASMA` do listy stanów oraz `IONIZE(GAS, PLASMA)` i `DEIONIZE(PLASMA, GAS)` do listy przejść fazowych.

```

// Dodanie nowej fazy za pomocą zagnieżdżonej implementacji EnumMap
public enum Phase {
    SOLID, LIQUID, GAS, PLASMA;

    public enum Transition {
        MELT(SOLID, LIQUID), FREEZE(LIQUID, SOLID),
        BOIL(LIQUID, GAS), CONDENSE(GAS, LIQUID),
        SUBLIME(SOLID, GAS), DEPOSIT(GAS, SOLID),
        IONIZE(GAS, PLASMA), DEIONIZE(PLASMA, GAS);
        ... // pozostały kod pozostaje bez zmian
    }
}

```

Program zajmie się resztą, a my niemal nie będziemy mieli możliwości popełnienia błędu. Wewnętrznie odwzorowanie odwzorowań jest implementowane jako tablica `tablic`, więc nie poświęcimy zbyt wiele przestrzeni ani narzutu czasowego w zamian za czytelność, bezpieczeństwo i łatwość utrzymania.

Warto w tym miejscu zastanowić się nad rozwiązaniem z wcześniejszych przykładów, w których używano `null` do wskazania braku zmiany stanu (czyli wartości `from` i `to` były identyczne). Nie jest to dobra praktyka, bo może doprowadzić do wystąpienia wyjątku `NullPointerException` w trakcie działania programu. Zaprojektowanie czystego, eleganckiego rozwiązania dla analizowanego problemu jest zadziwiająco trudne. Wynikowe programy byłyby dosyć długie, co odciągałoby uwagę od głównego celu tego tematu.

Podsumujmy. **Korzystanie z wartości `ordinal` jako indeksów tablicy jest rzadko właściwe — zamiast nich należy używać `EnumMap`.** Jeżeli reprezentowana relacja jest wielowymiarowa, należy skorzystać z `EnumMap<..., EnumMap<...>>`. Jest to specjalny przypadek ogólnej zasady, że programiści aplikacji powinni bardzo rzadko, o ile nie wcale, korzystać z `Enum.ordinal` (temat 35.).

## Temat 38. Emulowanie rozszerzalnych typów wyliczeniowych za pomocą interfejsów

Typy wyliczeniowe są lepsze niemal we wszystkich aspektach od wzorca bezpiecznego dla typów typu wyliczeniowego opisywanego w pierwszym wydaniu tej książki [Bloch01]. Jednak jednym problemem może być rozszerzalność, która jest możliwa przy zastosowaniu wzorca, ale nie jest wspierana przez konstrukcje języka. Inaczej mówiąc, przy użyciu wzorca można mieć jeden typ wyliczeniowy będący rozszerzeniem innego, natomiast przy użyciu konstrukcji języka — nie. Nie jest to przypadek. W większości przypadków rozszerzalność typów wyliczeniowych okazuje się bardzo złym pomysłem. Mylące jest, że elementy typu rozszerzonego są obiektami typu bazowego i że nie zachodzi relacja odwrotna. Nie istnieje dobry sposób wyliczenia wszystkich elementów typu bazowego i jego rozszerzeń. Na koniec — rozszerzalność może skomplikować wiele aspektów projektu i implementacji.

Trzeba jednak pamiętać, że istnieje co najmniej jeden kuszący przypadek użycia rozszerzalnych typów wyliczeniowych — **kody operacji**. Kody operacji są typem wyliczeniowym, którego elementy reprezentują operacje w pewnej maszynie, którego przykładem jest typ `Operation` z tematu 34., reprezentujący funkcje prostego kalkulatora. Czasami pożądanym jest umożliwienie użytkownikom API dodawanie własnych operacji, co jest rozszerzaniem zbioru operacji udostępnianych przez API.

Na szczęście istnieje łatwy sposób osiągnięcia tego efektu z użyciem typów wyliczeniowych. Podstawą tego pomysłu jest wykorzystanie możliwości implementowania przez typy wyliczeniowe dowolnych interfejsów przez zdefiniowanie

interfejsu dla typu kodu operacji oraz typu wyliczeniowego będącego standardową implementacją interfejsu. Poniżej zamieszczona jest rozszerzalna wersja typu `Operation` z tematu 34.

```
// Emulowanie rozszerzalnego typu wyliczeniowego z użyciem interfejsu
public interface Operation {
    double apply(double x, double y);
}

public enum BasicOperation implements Operation {
    PLUS("+") {
        public double apply(double x, double y) { return x + y; }
    },
    MINUS("-") {
        public double apply(double x, double y) { return x - y; }
    },
    TIMES("*") {
        public double apply(double x, double y) { return x * y; }
    },
    DIVIDE("/") {
        public double apply(double x, double y) { return x / y; }
    };

    private final String symbol;

    BasicOperation(String symbol) {
        this.symbol = symbol;
    }

    @Override public String toString() {
        return symbol;
    }
}
```

Choć typ wyliczeniowy (`BasicOperation`) nie jest rozszerzalny, typ interfejsu (`Operation`) jest, a ten typ interfejsu jest używany do reprezentowania operacji w API. Możemy zdefiniować kolejny typ wyliczeniowy, który implementuje ten interfejs, i użyć obiektów tego nowego typu w miejsce typu bazowego. Dla przykładu zdefiniujemy rozszerzenie typu operacji przedstawionego powyżej, składające się z operacji potęgowania i reszty z dzielenia. Wystarczy napisać typ wyliczeniowy implementujący interfejs `Operation`:

```
// Emulowanie rozszerzenia typu wyliczeniowego
public enum ExtendedOperation implements Operation {
    EXP("^") {
        public double apply(double x, double y) {
            return Math.pow(x, y);
        }
    },
    REMAINDER("%") {
        public double apply(double x, double y) {
```

```

        return x % y;
    }
};

private final String symbol;

ExtendedOperation(String symbol) {
    this.symbol = symbol;
}

@Override public String toString() {
    return symbol;
}
}

```

Można użyć naszych nowych operacji w każdym miejscu, gdzie korzystaliśmy z operacji podstawowych, pod warunkiem że API korzysta z typu interfejsu (`Operation`), a nie implementacji (`BasicOperation`). Warto zauważyć, że nie musimy definiować abstrakcyjnej metody `apply` w typie wyliczeniowym, tak jak musieliśmy to zrobić w nierozszerzalnym typie wyliczeniowym z implementacjami metod specyficznymi dla instancji (temat 34.). Możemy tak zrobić, ponieważ metoda abstrakcyjna (`apply`) jest składnikiem interfejsu (`Operation`).

Nie tylko możliwe jest przekazanie jednej instancji „rozszerzonego wyliczenia” w każdym miejscu, gdzie spodziewane jest „bazowe wyliczenie”, ale również możliwe jest przekazanie całego rozszerzonego typu wyliczeniowego i użycie jego elementów oprócz lub zamiast tych z typu bazowego. Poniżej znajduje się na przykład program testowy z tematu 34., który korzysta z wszystkich zdefiniowanych wcześniej rozszerzonych operacji:

```

public static void main(String[] args) {
    double x = Double.parseDouble(args[0]);
    double y = Double.parseDouble(args[1]);
    test(ExtendedOperation.class, x, y);
}

private static <T extends Enum<T> & Operation> void test(
    Class<T> opEnumType, double x, double y) {
    for (Operation op : opEnumType.getEnumConstants())
        System.out.printf("%f %s %f = %f%n",
            x, op, y, op.apply(x, y));
}

```

Należy zwrócić uwagę, że literał klasy dla rozszerzonego typu operacji (`ExtendedOperation.class`) jest przekazywany z `main` do `test`, co pozwala na opisanie zbioru operacji rozszerzonych. Ten literał klasy służy jako **token typu związanego** (temat 33.). Skomplikowana deklaracja parametru `opEnumType` (`<T extends Enum<T> & Operation> Class<T>`) zapewnia, że obiekt `Class` reprezentuje zarówno typ wyliczeniowy, jak i podtypy `Operation`, co jest wymagane do iterowania po elementach i wykonywania operacji związanych z każdą stałą.

Drugą możliwością jest przekazanie `Collection<? extends Operation>`, będącego **związany** szablonem typu (temat 31.), zamiast obiektu klasy:

```
public static void main(String[] args) {
    double x = Double.parseDouble(args[0]);
    double y = Double.parseDouble(args[1]);
    test(Arrays.asList(ExtendedOperation.values()), x, y);
}

private static void test(Collection<? extends Operation> opSet,
    double x, double y) {
    for (Operation op : opSet)
        System.out.printf("%f %s %f = %f%n",
            x, op, y, op.apply(x, y));
}
```

Wynikowy kod jest nieco mniej skomplikowany, a metoda `test` jest bardziej elastyczna — pozwala to wywołującemu na połączenie operacji z wielu typów implementacji. Z drugiej strony uniemożliwiamy sobie użycie `EnumSet` (temat 36.) oraz `EnumMap` (temat 37.) dla wymienionych operacji.

Oba przedstawione powyżej programy zwrócą ten sam, zamieszczony poniżej wynik, gdy zostaną uruchomione z argumentami 2 i 4:

```
4.000000 ^ 2.000000 = 16.000000
4.000000 % 2.000000 = 0.000000
```

Niewielką wadą użycia interfejsu do emulowania rozszerzalnych typów wyliczeniowych jest to, że implementacje nie mogą dziedziczyć po jednym typie wyliczeniowym w innym. Jeśli kod implementacji nie zależy od żadnego stanu, można go umieścić w interfejsie, wykorzystując przy tym metody domyślne (temat 20.). W przypadku naszego przykładu typu `Operation` logika przechowywania i odczytywania symboli związanych z operacjami jest powielona w `BasicOperation` oraz `ExtendedOperation`. W tym przypadku nie ma to znaczenia, ponieważ powielone jest niewiele kodu. Jeżeli znajdowałoby się tam więcej wspólnych funkcji, w celu wyeliminowania powtarzania kodu konieczne byłoby umieszczenie ich w klasie pomocniczej lub statycznych metodach pomocniczych.

Opisany w tym miejscu wzorzec jest wykorzystywany w bibliotekach Javy. Przykładowo typ wyliczeniowy `java.nio.file.LinkOption` implementuje interfejsy `CopyOption` i `OpenOption`.

Podsumujmy. **Choć nie można pisać rozszerzalnych typów wyliczeniowych, można emulować je przez napisanie interfejsu dla bazowego typu wyliczeniowego i implementowanie tego interfejsu.** Pozwala to klientom na pisanie własnych typów wyliczeniowych implementujących ten interfejs. Te typy wyliczeniowe mogą być używane wszędzie tam, gdzie może być wykorzystywany bazowy typ wyliczeniowy, przy założeniu że API wykorzystuje typ interfejsu.

## Temat 39. Korzystanie z adnotacji zamiast wzorców nazw

Dawniej standardowym działaniem było korzystanie z **wzorców nazw** w celu wskazania, że pewne elementy programu wymagają specjalnego traktowania przez narzędzia lub framework. Na przykład przed wersją 4. framework testowania JUnit wymagał od użytkowników wyznaczenia metod testowych przez rozpoczęcie ich nazwy od `test` [Beck04]. Technika ta działa, ale ma kilka dużych wad. Po pierwsze, błędy typograficzne mogą powodować niewykryte awarie. Na przykład możemy przypadkowo nazwać metodę testującą `tsetSafetyOverride` zamiast `testSafetyOverride`. JUnit 3 nie wykryje błędu, ale nie wykona tych testów, dając fałszywe poczucie bezpieczeństwa.

Drugą wadą wzorca nazw jest brak możliwości upewnienia się, że są użyte we właściwych elementach programu. Załóżmy, że nazwaliśmy klasę `testSafetyMechanism` w nadziei, że JUnit 3 przetestuje automatycznie jej wszystkie metody, niezależnie od ich nazw. I w takim przypadku JUnit 3 nie będzie nic sygnalizował, ale nie wykona żadnych testów.

Trzecią wadą wzorców nazw jest brak dobrej metody łączenia wartości parametrów z elementami programu. Na przykład możemy chcieć obsługiwać kategorię testów, które są wykonane prawidłowo, jeżeli zgłoszą określony wyjątek. Typ wyjątku jest faktycznie parametrem testu. Moglibyśmy zakodować nazwę wyjątku w nazwie metody testowej z użyciem rozbudowanego wzorca nazwy, ale będzie to brzydkie i niepewne rozwiązanie (temat 62.). Kompilator nie będzie miał żadnej możliwości sprawdzenia, czy napis, który definiuje nazwę wyjątku jest prawidłowy. Jeżeli nazwana klasa nie istnieje lub nie jest wyjątkiem, nie dowiemy się o tym do momentu uruchomienia testu.

Adnotacje [JLS, 9.7] rozwiązują te problemy w elegancki sposób. Framework JUnit umożliwił korzystanie z nich od wersji 4. Załóżmy, że chcemy zdefiniować typ adnotacji do oznaczania prostych testów uruchamianych automatycznie, które nie udają się, jeżeli zgłoszą wyjątek. Poniżej pokazane jest, jak może wyglądać taki typ adnotacji o nazwie `Test`.

```
// Deklaracja znacznikowego typu adnotacji
import java.lang.annotation.*;

/**
 * Wskazuje, że adnotowana metoda jest metodą testującą.
 * Używać tylko dla bezparametrowych metod statycznych.
 */
@Retention(RetentionPolicy.RUNTIME)
@Target(ElementType.METHOD)
public @interface Test {
}
```

Deklaracja dla typu adnotacyjnego `Test` posiada również adnotacje `Retention` oraz `Target`. Takie adnotacje dla typu adnotacyjnego są również nazywane **metaadnotacjami**. Metaadnotacja `@Retention(RetentionPolicy.RUNTIME)` wskazuje, że adnotacja `Test` powinna być utrzymywana w czasie działania. Bez tego adnotacja `Test` nie byłaby widoczna dla narzędzia testującego. Metaadnotacja `@Target(ElementType.METHOD)` wskazuje, że adnotacja `Test` jest legalna tylko dla deklaracji metod — nie może być stosowana dla deklaracji klas, pól lub innych elementów programu.

Trzeba zauważyć, że przed deklaracją adnotacji `Test` znajduje się komentarz: „Używać tylko dla bezparametrowych metod statycznych”. Lepiej byłoby, gdyby kompilator pozwalał wymusić takie ograniczenie, ale tego nie robi, chyba że napiszemy **procesor adnotacji**. Aby dowiedzieć się więcej na ten temat, odwiedź stronę dokumentacji dotyczącą `javax.annotation.processing`. W przypadku braku procesora adnotacji, jeżeli umieścimy adnotację `Test` w metodzie instancyjnej lub metodzie mającej jeden lub więcej parametrów, program testujący nadal będzie się kompilował, ale narzędzie testujące będzie musiało poradzić sobie z problemem w czasie działania.

Przedstawimy teraz, jak adnotacja `Test` działa w praktyce. Jest ona nazywana adnotacją znacznikową, ponieważ nie posiada parametrów i tylko „oznacza” adnotowany element. Jeżeli programista źle wpisze `Test` lub zastosuje adnotację `Test` do innego elementu programu niż deklaracja metody, program się nie skompiluje:

```
// Program zawierający adnotacje znacznikowe
public class Sample {
    @Test public static void m1() { } // test powinien się udać
    public static void m2() { }
    @Test public static void m3() { // test powinien zawieść
        throw new RuntimeException("Bum!");
    }
    public static void m4() { }
    @Test public void m5() { } // NIEWŁAŚCIWE UŻYCIE:
        // metoda niestatyczna
    public static void m6() { }
    @Test public static void m7() { // test powinien zawieść
        throw new RuntimeException("Awaria");
    }
    public static void m8() { }
}
```

Klasa `Sample` posiada osiem metod, z których cztery są adnotowane jako testowe. Dwie z nich, `m3` i `m7`, zgłaszają wyjątki, a dwie, `m1` i `m5` — nie. Jednak jedna z adnotowanych metod, które nie zgłaszają wyjątku, `m5`, jest metodą instancyjną, więc nie jest to prawidłowe użycie adnotacji. W sumie `Sample` zawiera cztery testy — jeden wykona się prawidłowo, dwa nieprawidłowo i jeden jest niewłaściwy. Cztery metody nieposiadające adnotacji `Test` zostaną zignorowane przez narzędzie testujące.

Adnotacja `Test` nie ma bezpośredniego wpływu na klasę `Sample`. Służy ona wyłącznie w celu dostarczania informacji dla „zainteresowanych” programów. Mówiąc bardziej ogólnie, adnotacje nigdy nie zmieniają semantyki adnotowanego kodu, ale pozwalają na jego specjalne traktowanie przez narzędzia, takie jak prosty program do uruchamiania testów:

```
// Program przetwarzający adnotacje znacznikowe
import java.lang.reflect.*;

public class RunTests {
    public static void main(String[] args) throws Exception {
        int tests = 0;
        int passed = 0;
        Class<?> testClass = Class.forName(args[0]);
        for (Method m : testClass.getDeclaredMethods()) {
            if (m.isAnnotationPresent(Test.class)) {
                tests++;
                try {
                    m.invoke(null);
                    passed++;
                } catch (InvocationTargetException wrappedExc) {
                    Throwable exc = wrappedExc.getCause();
                    System.out.println(m + " nieudany: " + exc);
                } catch (Exception exc) {
                    System.out.println("Niewłaściwy @Test: " + m);
                }
            }
        }
        System.out.printf("Udanych: %d, Nieudanych: %d%n",
            passed, tests - passed);
    }
}
```

Narzędzie do uruchamiania testów pobiera w pełni kwalifikowaną nazwę klasy z wiersza polecenia i uruchamia wszystkie metody adnotowane przez `Test` z użyciem refleksji przez wywołanie `Method.invoke`. Metoda `isAnnotationPresent` informuje program, którą metodę należy uruchomić. Jeżeli metoda testowa zgłosi wyjątek, mechanizmy refleksji opakowują go w `InvocationTargetException`. Narzędzie przechwytuje wyjątek i wyświetla raport o niewłaściwym wykonaniu, zawierający oryginalny wyjątek zgłoszony przez metodę testową, wyodrębniony z `InvocationTargetException` za pomocą metody `getCause`.

Jeżeli próba wywołania metody testowej za pomocą refleksji zgłosi wyjątek inny niż `InvocationTargetException`, oznacza to niewłaściwe zastosowanie adnotacji `Test`, które nie zostało wychwycone w czasie kompilacji. Takie użycia obejmują adnotację metody instancyjnej, metody z co najmniej jednym parametrem lub niedostępnej metody. Drugi blok `catch` w programie uruchamiającym testy przechwytuje błędy użycia i wyświetla odpowiedni komunikat o błędzie. Poniżej przedstawiony jest wynik wykonania programu `RunTests` z parametrem `Sample`:



```
public static void Sample.m3() nieudany: RuntimeException: Bum!
Niewłaściwy @Test: public void Sample.m5()
public static void Sample.m7() nieudany: RuntimeException: Awaria
Udanych: 1, Nieudanych: 3
```

Dodajmy teraz obsługę testów, które udają się, jeżeli zgłoszą określony wyjątek. Będziemy potrzebować dla nich nowej adnotacji:

```
// Typ adnotacji z parametrem
import java.lang.annotation.*;
/**
 * Wskazuje, że adnotowana metoda jest metodą testową,
 * która w razie powodzenia musi zgłosić wyznaczony wyjątek.
 */
@Retention(RetentionPolicy.RUNTIME)
@Target(ElementType.METHOD)
public @interface ExceptionTest {
    Class<? extends Exception> value();
}
```

Typem tego parametru dla adnotacji jest `Class<? extends Exception>`. Ten typ szablonowy jest oczywiście bardzo ogólny. Mówiąc po ludzku, oznacza on „obiekt `Class` pewnej klasy dziedziczącej po `Exception`”, co pozwala użytkownikowi adnotacji określić dowolny typ wyjątku. Jest to przykład zastosowania **tokena typu związanego** (temat 33.). Jak to działa w praktyce? Warto zwrócić uwagę, że literał klasy jest użyty jako wartość parametru adnotacji:

```
// Program zawierający adnotacje z parametrem
public class Sample2 {
    @ExceptionTest(ArithmeticException.class)
    public static void m1() { // test powinien się powieść
        int i = 0;
        i = i / i;
    }
    @ExceptionTest(ArithmeticException.class)
    public static void m2() { // test owinien zawieść (zły wyjątek)
        int[] a = new int[0];
        int i = a[1];
    }
    @ExceptionTest(ArithmeticException.class)
    public static void m3() { } // test powinien zawieść (brak wyjątku)
}
```

Zmodyfikujemy teraz nasz program do uruchamiania testów, aby przetwarzał nowe adnotacje. Wymaga to dodania do metody `main` następującego kodu:

```
if (m.isAnnotationPresent(ExceptionTest.class)) {
    tests++;
    try {
        m.invoke(null);
        System.out.printf("Test %s nieudany: brak wyjątku%n", m);
    }
```

```

} catch (InvocationTargetException wrappedEx) {
    Throwable exc = wrappedEx.getCause();
    Class<? extends Exception> excType =
        m.getAnnotation(ExceptionTest.class).value();
    if (excType.isInstance(exc)) {
        passed++;
    } else {
        System.out.printf(
            "Test %s nieudany: oczekiwano %s, otrzymano %s%n",
            m, excType.getName(), exc);
    }
} catch (Exception exc) {
    System.out.println("Niewłaściwy @Test: " + m);
}
}

```

Kod ten jest podobny do kodu używanego przy przetwarzaniu adnotacji `Test`, z jednym wyjątkiem — pobiera on wartość parametru adnotacji i korzysta z niej do sprawdzenia, czy zgłoszony wyjątek jest odpowiedniego typu. Nie ma tu jawnego rzutowania, dzięki czemu nie ma niebezpieczeństwa zgłoszenia `ClassCastException`. To, że program testowy kompiluje się, gwarantuje, że jego parametry adnotacji reprezentują prawidłowe typy wyjątków, poza jednym przypadkiem — możliwe jest, że parametry adnotacji są prawidłowe w czasie kompilacji, ale plik klasy reprezentującej typ wyjątku nie jest dostępny w czasie działania. W tym dosyć rzadkim przypadku program zgłosi wyjątek `TypeNotPresentException`.

Rozszerzając nasz przykład testowania wyjątków, możliwe jest, że test będzie sprawdzał, czy metoda zgłasza jeden z kilku wymienionych wyjątków. Mechanizm adnotacji posiada mechanizmy ułatwiające obsługę takich przypadków. Załóżmy, że zmienimy typ parametru adnotacji `ExceptionTest` na tablicę obiektów `Class`:

```

// Typ adnotacji z parametrem tablicowym
@Retention(RetentionPolicy.RUNTIME)
@Target(ElementType.METHOD)
public @interface ExceptionTest {
    Class<? extends Exception>[] value();
}

```

Składnia parametrów tablicowych w adnotacjach jest elastyczna. Jest zoptymalizowana dla tablic jednoelementowych. Wszystkie poprzednie adnotacje `Exception` ↪ `Test` są nadal prawidłowe dla nowej wersji z parametrem tablicowym i będą dawać w wyniku tablice jednoelementowe. Aby przekazać tablicę wieloelementową, należy ująć elementy w nawiasy klamrowe i rozdzielić je przecinkami:

```

// Kod zawierający adnotację z parametrem tablicowym
@ExceptionTest({ IndexOutOfBoundsException.class,
                NullPointerException.class })
public static void doublyBad() {
    List<String> list = new ArrayList<>();
}

```

```

// specyfikacja pozwala tej metodzie zgłosić
// IndexOutOfBoundsException lub NullPointerException
list.addAll(5, null);
}

```

Dosyć łatwo jest zmienić nasz program testujący, aby przetwarzać nową wersję `ExceptionTest`. Poniższy kod zastępuje oryginalną wersję:

```

if (m.isAnnotationPresent(ExceptionTest.class)) {
    tests++;
    try {
        m.invoke(null);
        System.out.printf("Test %s nieudany: brak wyjątku%n", m);
    } catch (Throwable wrappedExc) {
        Throwable exc = wrappedExc.getCause();
        int oldPassed = passed;
        Class<? extends Exception>[] excTypes =
            m.getAnnotation(ExceptionTest.class).value();
        for (Class<? extends Exception> excType : excTypes) {
            if (excType.isInstance(exc)) {
                passed++;
                break;
            }
        }
        if (passed == oldPassed)
            System.out.printf("Test %s nieudany: %s %n", m, exc);
    }
}
}

```

Wraz z Javą 8 pojawił się nowy sposób tworzenia adnotacji wielowartościowych. Zamiast deklarować typ adnotacyjny z parametrem w postaci tablicy, można oznaczyć deklarację adnotacji metaadnotacją `@Repeatable`, która oznacza, że do jednego elementu można tę samą adnotację stosować wielokrotnie. Ta metaadnotacja przyjmuje jeden parametr, który jest obiektem klasy **typu adnotacyjnego zawierającego**, którego jedynym parametrem jest tablica typu adnotacyjnego [JLS, 9.6.3]. Poniżej przedstawiamy, jak wyglądałaby adnotacja, gdybyśmy kontynuowali przykład z adnotacją `ExceptionTest`. Zwróć uwagę, że typ adnotacji zawierającej musi zostać oznaczony odpowiednią regułą retencji i celu, bo w przeciwnym razie deklaracji nie uda się skompilować:

```

// Typ adnotacji pozwalający na powtarzalność adnotacji
@Retention(RetentionPolicy.RUNTIME)
@Target(ElementType.METHOD)
@Repeatable(ExceptionTestContainer.class)
public @interface ExceptionTest {
    Class<? extends Exception> value();
}

@Retention(RetentionPolicy.RUNTIME)
@Target(ElementType.METHOD)

```

```
public @interface ExceptionTestContainer {
    ExceptionTest[] value();
}
```

Oto jak wyglądałby test `doublyBad` wykorzystujący adnotację powtarzalną zamiast adnotacji przyjmującej tablicę:

```
// Kod wykorzystujący adnotację powtarzalną
@ExceptionTest(IndexOutOfBoundsException.class)
@ExceptionTest(NullPointerException.class)
public static void doublyBad() { ... }
```

Przetwarzanie powtarzalnych adnotacji wymaga uwagi. Adnotacja powtarzalna generuje sztuczny zawierający typ adnotacyjny. Metoda `getAnnotationsByType` jest tego świadoma i może być stosowana do dostępu zarówno do powtórzonych, jak i niepowtórzonych adnotacji typu powtarzalnego. Z drugiej strony `isAnnotationPresent` jawnie wskazuje, że adnotacja powtarzalna nie jest typu adnotacyjnego, ale zawierającego typu adnotacyjnego. Jeśli element posiada adnotację powtarzalną pewnego typu i użyje się metody `isAnnotationPresent` do sprawdzenia, czy element posiada adnotację tego typu, okaże się, że tak nie jest. Użycie tej metody do sprawdzania istnienia typu adnotacyjnego spowoduje, że program będzie po cichu ignorował adnotacje powtarzalne. Z drugiej strony, jeśli użyjemy tej metody do sprawdzania zawierającego typu adnotacyjnego, program będzie po cichu ignorował adnotacje nieobsługujące powtarzania. Aby za pomocą `isAnnotationPresent` wykrywać wersje z powtarzaniem i bez niego, trzeba sprawdzać zarówno typ adnotacji jak i typ adnotacji zawierającej. Oto jak wyglądałby fragment programu `RunTests` po wprowadzeniu poprawek pozwalających na obsługę powtarzanej wersji adnotacji `ExceptionTest`:

```
// Przetwarzanie adnotacji powtarzalnych
if (m.isAnnotationPresent(ExceptionTest.class)
    || m.isAnnotationPresent(ExceptionTestContainer.class)) {
    tests++;
    try {
        m.invoke(null);
        System.out.printf("Test %s nieudany: brak wyjątku", m);
    } catch (Throwable wrappedExc) {
        Throwable exc = wrappedExc.getCause();
        int oldPassed = passed;
        ExceptionTest[] excTests =
            m.getAnnotationsByType(ExceptionTest.class);
        for (ExceptionTest excTest : excTests) {
            if (excTest.value().isInstance(exc)) {
                passed++;
                break;
            }
        }
        if (passed == oldPassed)
            System.out.printf("Test %s nieudany: %s %n", m, exc);
    }
}
```

Adnotacje powtarzalne wprowadzono, aby poprawić czytelność kodu źródłowego, który w sposób logiczny stosuje wiele instancji tego samego typu adnotacyjnego dla danego elementu programu. Jeśli uważasz, że faktycznie będzie to poprawiało czytelność kodu źródłowego, korzystaj z nich, ale pamiętaj, że deklaracja i przetwarzanie adnotacji powtarzalnych wymaga więcej kodu, a przetwarzanie jest też narażone na błędy.

Framework testujący opracowany w tym temacie jest tylko zabawką, ale jasno demonstrowa przewagę adnotacji nad wzorcami nazw. Pokazuje on tylko czubek góry lodowej możliwości, jakie dają adnotacje. Jeżeli napiszemy narzędzie wymagające od programisty dodania informacji do plików źródłowych, wystarczy zdefiniować zbiór odpowiednich adnotacji. **Nie istnieje dobry powód używania wzorców nazw, gdy mamy do dyspozycji adnotacje.**

Jednak oprócz twórców narzędzi większość programistów nie będzie musiała definiować typów adnotacyjnych. **Wszyscy programiści powinni jednak używać predefiniowanych typów adnotacji oferowanych przez platformę Java** (tematy 40. oraz 27.). Dodatkowo należy rozważyć użycie adnotacji definiowanych przez używane IDE lub narzędzia analizy statycznej. Takie adnotacje pozwalają poprawić jakość informacji diagnostycznych udostępnianych przez te narzędzia. Należy jednak pamiętać, że te adnotacje nie zostały ustandaryzowane, więc być może będzie potrzebna włożyć nieco pracy przy zmianie narzędzi lub po powstaniu standardu.

## Temat 40. Spójne użycie adnotacji Override

Biblioteki Javy zawierają kilka typów adnotacji. Dla typowego programisty najważniejszy jest `@Override`. Adnotacja ta może być używana tylko w deklaracjach metod i wskazuje, że adnotowana deklaracja metody przesłania deklarację w typie bazowym. Jeżeli będziemy spójnie korzystać z tej adnotacji, zabezpieczymy się przed dużą grupą nieprzyjemnych błędów. Przeanalizujemy poniższy program, w którym klasa `Bigram` reprezentuje **bigram**, czyli uporządkowaną parę liter:

```
// Czy możesz wskazać błąd?
public class Bigram {
    private final char first;
    private final char second;
    public Bigram(char first, char second) {
        this.first = first;
        this.second = second;
    }
    public boolean equals(Bigram b) {
        return b.first == first && b.second == second;
    }
}
```

```

    }
    public int hashCode() {
        return 31 * first + second;
    }

    public static void main(String[] args) {
        Set<Bigram> s = new HashSet<Bigram>();
        for (int i = 0; i < 10; i++)
            for (char ch = 'a'; ch <= 'z'; ch++)
                s.add(new Bigram(ch, ch));
        System.out.println(s.size());
    }
}

```

Główny program w pętli dodaje do zbioru dwadzieścia sześć bigramów, z których każdy składa się z dwóch identycznych małych liter. Następnie wyświetlana jest wielkość zbioru. Można oczekiwać, że program wyświetli 26, ponieważ zbiory nie mogą zawierać duplikatów. Jeżeli spróbujemy uruchomić ten program, okaże się, że wyświetla nie 26, ale 260. Gdzie tkwi błąd?

Jasne jest, że autor klasy `Bigram` miał zamiar nadpisać metodę `equals` (temat 10.) i pamiętał nawet o nadpisaniu metody `hashCode` (temat 11.). Niestety nasz nieszczęśliwy programista nie nadpisał `equals`, ale ją przeciążył (temat 52.). Aby nadpisać `Object.equals`, należy zdefiniować metodę `equals`, której parametrem jest `Object`, ale parametrem metody `equals` w klasie `Bigram` nie jest `Object`, więc `Bigram` dziedziczy metodę `equals` z `Object`. Ta metoda `equals` testuje **identyczność** obiektów, podobnie jak operator `==`. Każda z dziesięciu kopii każdego bigramu jest inna od pozostałych dziewięciu, więc dla metody `Object.equals` są różne, co wyjaśnia, dlaczego program wyświetlił 260.

Na szczęście kompilator może pomóc nam znaleźć ten błąd, ale tylko wtedy, gdy nieco mu w tym pomożemy przez wskazanie, że nadpisujemy `Object.equals`. W tym celu adnotujemy `Bigram.equals` za pomocą `@Override`, tak jak poniżej:

```

@Override public boolean equals(Bigram b) {
    return b.first == first && b.second == second;
}

```

Jeżeli wstawimy tę adnotację i spróbujemy skompilować program, kompilator wygeneruje komunikat o błędzie, taki jak ten:

```

Bigram.java:10: method does not override or implement a method
from a supertype
    @Override public boolean equals(Bigram b) {
    ^

```

Można natychmiast zorientować się, co zrobiliśmy źle, klepnąć się w czoło i zamienić błędną implementację `equals` na prawidłową (temat 10.):

```
@Override public boolean equals(Object o) {
    if (!(o instanceof Bigram))
        return false;
    Bigram b = (Bigram) o;
    return b.first == first && b.second == second;
}
```

Z tego powodu **powinno się używać adnotacji Override przy każdej deklaracji metody, która ma nadpisywać deklarację w klasie bazowej**. Istnieje jeden niewielki wyjątek od tej reguły. Jeżeli piszemy klasę, która nie jest oznaczona jako abstrakcyjna, i uważamy, że będzie nadpisywać metodę abstrakcyjną, nie trzeba dodawać adnotacji Override dla tej metody. W klasie, która nie jest zadeklarowana jako abstrakcyjna, kompilator będzie generował komunikat o błędzie, jeżeli nie nadpiszemy abstrakcyjnej metody z klasy bazowej. Jednak można również skupić uwagę na wszystkich metodach swojej klasy, które nadpisują metody bazowe, i w takim przypadku można bez żadnych problemów dodać do nich adnotacje. Większość środowisk IDE można skonfigurować tak, aby wstawiały adnotacje @Override automatycznie, gdy decydujemy się przesłonić metodę.

Nowoczesne środowiska IDE dają kolejny powód na spójne korzystanie z adnotacji Override. Środowiska te wykonują automatyczne testy nazywane inspekcją kodu. Jeżeli włączymy odpowiednią inspekcję, IDE będzie generowało ostrzeżenia w przypadku napotkania metody, która nie ma adnotacji Override, ale nadpisuje metodę w klasie bazowej. Jeżeli będziemy konsekwentnie korzystać z adnotacji Override, ostrzeżenie to będzie szybko informować o nieoczekiwanym nadpisywaniu. Ostrzeżenia te uzupełniają komunikaty o błędach kompilatora, które ostrzegają nas o nieoczekiwanym błędzie nadpisania. Dzięki IDE i kompilatorowi możemy być pewni, że nadpisujemy metody wszędzie tam, gdzie chcemy je nadpisać, i nigdzie indziej.

Można używać adnotacji Override w deklaracjach metod, które nadpisują deklaracje z interfejsów, jak również klas. Wraz z pojawieniem się metod domyślnych dobrą praktyką stało się korzystanie z Override na konkretnych implementacjach interfejsów metod, aby upewnić się co do poprawności sygnatury. Jeśli wiesz, że interfejs nie zawiera metod domyślnych, możesz pominąć adnotacje Override w konkretnych implementacjach metod interfejsu, aby niepotrzebnie nie zaśmiecać kodu.

W klasie abstrakcyjnej lub interfejsie **warto** jednak adnotować **wszystkie** metody, które będą nadpisywały metody klasy lub interfejsu nadrzędnego, niezależnie, czy konkretne, czy abstrakcyjne. Na przykład interfejs Set dodaje nowe metody do interfejsu Collection, więc powinien zawierać adnotacje Override we wszystkich deklaracjach metod w celu upewnienia się, czy przypadkowo do interfejsu Collection nie zostały dodane nowe metody.

Podsumujmy. Kompilator może ochronić nas przed wieloma błędami, o ile będziemy używać adnotacji `Override` w każdej deklaracji metody, która będzie nadpisywała deklarację w typie bazowym — z jednym wyjątkiem. W klasie konkretnej nie ma potrzeby adnotować metod, które będą nadpisywały deklaracje metod abstrakcyjnych (choć nic nie przeszkadza to zrobić).

## Temat 41. Użycie interfejsów znacznikowych do definiowania typów

**Interfejs znacznikowy** jest interfejsem niezawierającym deklaracji metod. Oznacza on klasę implementującą ten interfejs jako mającą pewne właściwości. Przykładem może być interfejs `Serializable` (rozdział 12.). Przez implementowanie tego interfejsu klasa wskazuje, że te obiekty mogą być zapisywane do `ObjectOutput`  $\rightarrow$  `Stream` (lub serializowane).

Można spotkać się z opinią, że adnotacje znacznikowe (temat 39.) spowodowały, że interfejsy znacznikowe są przestarzałe. Założenie to jest błędne. Interfejsy znacznikowe mają dwie zalety w stosunku do adnotacji znacznikowych. **Pierwszą i najważniejszą jest to, że interfejsy znacznikowe definiują typ implementowany przez obiekty oznaczanej klasy, a adnotacje znacznikowe tego nie zapewniają.** Istnienie tego typu pozwala przechwytywać błędy w czasie kompilacji, które w przypadku użycia adnotacji znacznikowej mogą być przechwycone dopiero w czasie działania programu.

Mechanizm serializacji Javy (rozdział 11.) używa interfejsu znacznikowego `Serializable` do oznaczenia typu, który można serializować. Metoda `ObjectOutput`  $\rightarrow$  `Stream.write`, która odpowiada za serializację przekazanego do niej obiektu, wymaga zastosowania tego interfejsu w przekazywanym obiekcie. Gdyby argumentem metody był typ `Serializable`, próbę serializacji nieodpowiedniego obiektu można by wykryć już na etapie kompilacji. Wykrywanie błędów na etapie kompilacji to główne zadanie interfejsów znacznikowych. Z niewyjaśnionych przyczyn metoda `ObjectOutputStream.write` nie skorzysta z interfejsu `Serializable`. Typem argumentu metody jest `Object`. Jak się okazuje, próba wywołania `ObjectOutputStream.write` na obiekcie, który nie implementuje `Serializable`, spowoduje błąd tylko w czasie wykonania.

**Inną przewagą interfejsu znacznikowego nad adnotacjami znacznikowymi jest to, że mogą być bardziej precyzyjnie kierowane.** Jeżeli typ adnotacji jest zadeklarowany z docelowym `ElementType.TYPE`, może być stosowany do **dowolnej** klasy lub interfejsu. Załóżmy, że mamy znacznik stosowany tylko do implementacji określonego interfejsu. Jeżeli zdefiniujemy go jako interfejs znacznikowy, będziemy mogli rozszerzać jedyny interfejs, do którego się on odnosi, gwarantując, że wszystkie oznaczone typy są również podtypami jedynego interfejsu, do którego się odnosi.



Można się spierać, że interfejs `Set` jest takim **ograniczonym interfejsem znacznikowym**. Jest stosowany tylko do podtypów `Collection`, ale nie dodaje żadnych innych metod poza zdefiniowanymi przez `Collection`. Nie jest on uważany powszechnie za interfejs znacznikowy, ponieważ precyzuje założenia kilku metod `Collection`, w tym `add`, `equals` i `hashCode`. Jednak łatwo sobie wyobrazić interfejs znacznikowy, który jest stosowany tylko do podtypów pewnego interfejsu i który **nie** precyzuje założeń żadnej z metod interfejsu. Takie interfejsy znacznikowe mogą opisywać pełny niezmiennik całego obiektu lub wskazywać, że obiekty mogą być przetwarzane przez metodę pewnej innej klasy (w sposób, w jaki interfejs `Serializable` oznacza, że obiekt może być przetwarzany przez `ObjectOutputStream`).

**Główną zaletą adnotacji znacznikowych względem interfejsów znacznikowych jest to, że są częścią większego mechanizmu adnotacji.** Dzięki temu adnotacje znacznikowe pozwalają na zachowanie spójności we frameworkach pozwalających na adnotowanie różnych elementów programu.

Kiedy powinniśmy korzystać z adnotacji znacznikowych, a kiedy z interfejsów znacznikowych? Jasne jest, że konieczne jest używanie adnotacji, jeżeli znacznik odnosi się do dowolnego elementu programu innego niż klasa lub interfejs, ponieważ tylko klasy i interfejsy mogą implementować lub rozszerzać interfejs. Jeżeli znacznik odnosi się wyłącznie do klasy lub interfejsu, należy odpowiedzieć sobie na pytanie, czy potrzebuję napisać jedną lub więcej metod akceptujących wyłącznie obiekty z tym znacznikiem? Jeżeli tak, powinniśmy użyć interfejsu znacznikowego zamiast adnotacji. Umożliwia to użycie interfejsu jako typu parametru metody, co pozwoli skorzystać z kontroli typów w czasie kompilacji. Jeżeli odpowiedź na pierwsze pytanie brzmi „nie”, zadajemy sobie drugie — czy chcemy ograniczyć użycie tego znacznika do elementów określonego interfejsu na zawsze. Jeżeli tak, sensowne jest zdefiniowanie znacznika jako podinterfejsu tego interfejsu. Jeżeli odpowiedź na oba pytania brzmi „nie”, powinniśmy prawdopodobnie użyć adnotacji.

Podsumujmy. Interfejsy znacznikowe i adnotacje znacznikowe mają swoje zastosowania. Jeżeli chcemy zdefiniować typ, który nie ma skojarzonych żadnych metod, pozwoli na to typ znacznikowy. Jeżeli chcemy oznaczyć elementy programu inne niż klasy i interfejsy, pozostawiając możliwość dodania w przyszłości do znacznika większej ilości informacji, albo dodać znacznik do frameworku intensywnie wykorzystującego typ adnotacyjny, to właściwym wyborem jest adnotacja znacznikowa. **Jeżeli okazuje się, że piszemy typ znacznikowy, którego elementem docelowym jest `ElementType.TYPE`, warto poświęcić nieco czasu na zorientowanie się, czy faktycznie powinien to być typ znacznikowy, czy też lepszy byłby interfejs znacznikowy.**

W pewnym sensie jest to odwrotność porady z tematu 22.: „Jeżeli nie potrzebujesz typu, nie używaj interfejsu”. Można powiedzieć, że jest to odpowiednik wskazówki: „Jeżeli chcesz zdefiniować typ, użyj interfejsu”.



---

# Skorowidz

## A

abstrakcja, 323, 346  
adapter, 43, 122, 133  
adnotacja, 21, 200  
    @FunctionalInterface, 223  
    @Nullable, 248  
    @Override, 207, *Patrz*  
    @SuppressWarnings, 145,  
    146, 147  
Override, 209  
powtarzalna, 205, 206, 207  
procesor, *Patrz* procesor  
    adnotacji  
    Retention, 201  
SafeVarargs, 149, 167, 169  
Target, 201  
znacznikowa, 210, 211  
antywzorzec, 20  
API, 22  
    dokumentacja, 272, 273,  
    275, 276, 278  
    dostępu do usług, 26  
    klient, 22  
    rejestracji dostawcy, 26  
    użytkownik, 22  
asercja, 249  
atak  
    DoS, 362  
    finalizacji, 50  
    poprzez deserializację, 363  
atomowość działań, 104  
autoboxing, 44, 293, 295  
auto-unboxing, 293, 294

## B

baza danych, 44  
bezpieczeństwo, 50, 361  
biblioteka  
    Apache Commons, 125  
    AutoValue, 68, 70, 72, 75,  
    78  
    Collections, 25, 121  
    Dagger, 41  
    dostawcy usług, 26, 303  
    Guava, 112, 290  
    Guice, 41  
    Java Database Connectivity  
        API, *Patrz*: biblioteka  
        JDBC  
    java.awt.Point, 106  
    java.io, 21, 289, 301  
    java.lang, 289  
    java.util, 21, 289, 310, 343  
    java.util.Collections, 174  
    java.util.concurrent, 242,  
    289, 290, 343, 345, 347  
    java.util.concurrent.  
        ↳atomic, 310  
    java.util.Date, 106  
    java.util.function, 216,  
    220  
JDBC, 26, 27  
korzystająca z  
    interfejsów, 25  
nazwa, 309  
Spring, 41

standardowa, 287, 288, 289  
wstrzykiwania zależności,  
41

blok  
    catch, 318, 331  
        wieloelementowy, 341  
    try z zasobami, 49, 55, 56  
    try-catch, 80, 282, 314  
    try-finally, 49, 54, 55  
błąd, 316, 317, 327, 328  
bomba deserializacyjna, 362,  
364  
bufor, 47, 48

## C

ciąg znaków, 296,  
*Patrz też*: typ String  
    łączenie, 298, 299  
covariant return typing,  
*Patrz*: kowariancja  
zwracanych typów  
czas kontroli/czas użycia,  
*Patrz*: TOCTOU

## D

dane  
    lista biała/czarna, 364  
    niezaufane, 364  
    strukturalne reprezentacja  
        wieloplatformowa, 363,  
365

deklaracja eksportu, 97  
 dekorator, 112  
 delegacja, 112  
 deserializacja, 117, 361, 362,  
 363, 366, 381  
   niezaufanych danych, 364  
 destruktor, 48  
 dostęp, 22  
 dostępność, 94  
   pola, 96  
   poziom  
     niejawny, 97  
     prywatny, 94, 95, 99  
     prywatny w ramach  
       pakietu, 22, 95  
     publiczny, 22, 94, 95,  
     97, 99  
     zabezpieczony, 95, 97  
     zmiana na czas  
       testowania, 95  
   tablicy, 96  
 dziedziczenie, 22, 27, 107,  
 109, 110, 112, 113, 114,  
 118, 275, 367  
   implementacji, 107  
   interfejsu, 107  
   jednobazowe, 119  
   wielobazowe, 123

**E**

efekt uboczny, 273  
 eksplozja typów, 121  
 Executor Framework, 345,  
 346, 359  
 exploit, 361

**F**

fabryka, 41  
   kopiująca, 85, 86  
   singletonów uogólnionych,  
   157, 158  
 Factory Method, *Patrz:*  
   metoda fabryczna  
 finalizator, 48, 49, 50, 51  
 funkcja  
   czysta, 231  
   Function.identity, 157, 218

mieszająca, 74  
 skrótów, 363  
 tożsamościowa, 157  
 wydobywająca klucz, 91

**G**

gadżet, 362  
 Gosling James, 11

**H**

hermetyzacja, 93, 98, 107, 114  
 hierarchia  
   klas, 120, 130, 131  
   napęczniała, 120  
   typów, 120

**I**

IDE, 70  
 idiom pojedynczego  
   sprawdzenia, 357, 358  
 iloczyn kartezjański, 230  
 interfejs, 21, 22, 119, 126, 299  
   Autocloseable, 120  
   AutoCloseable, 55  
   BiConsumer, 221, 340  
   BiFunction, 221  
   BinaryOperator, 221, 233  
   BiPredicate, 221  
   BooleanSupplier, 221  
   CharSequence, 262  
   Cloneable, 78, 79, 85, 86,  
   117  
   Collection, 125, 236, 238  
   Comparable, 86, 87, 89, 90,  
   92, 120, 158  
   Comparator, 213, 222  
   Consumer, 221  
   dostawcy usług, 26  
   dostępność, *Patrz:*  
     dostępność  
   DoubleBinaryOperator,  
   216  
   EldestEntryRemovalFunc-  
   tion, 223  
   Function, 218, 221

funkcyjny, 214, 220, 222  
 implementacja, 22, 119,  
 122, 127  
   przez klasę, 95  
   szkieletowa, 118, 323  
   szkieletowa abstrakcyjna,  
   121  
 Iterable, 120, 236  
 jako typ, 300  
 java.io.ObjectStreamConsta-  
   nts, 128  
 java.util.Collections, 38  
 java.util.List, 255  
 JNI, 304  
 List, 139, 236, 323  
 Map, 43  
 mieszany, 78, 120  
 nazwa, 310, 311  
 ogólny, 139  
 Predicate, 220, 221  
 Serializable, 95, 106, 117,  
 118, 210, 362, 365, 366,  
 367, 368, 381, 385  
 Set, 190, 211, 236, 299,  
 302  
 składowy, 21  
 stałych, 127, 128  
 Stream, 237  
 Supplier, 221  
 ToIntBiFunction, 222  
 UnaryOperator, 221  
 usługi, 26  
 znacznikowy, 210

**J**

Java wersja, 21  
 Java Native Interface, *Patrz:*  
   interfejs JNI  
 Javadoc, 114, 272, 274, 278,  
 325, 352  
   konwencje, 273  
 JavaDoc, 121  
 język bezpieczny, 250  
 JSON, 364

## K

- klasa, 21, 22
  - AbstractSet, 58
  - abstrakcyjna, 33, 118, 119, 121, 216
  - anonimowa, 122, 132, 134, 213, 216
  - Arrays, 88
  - AtomicLong, 337
  - BigDecimal, 76, 100, 105
  - BigInteger, 76, 100, 103, 104, 105, 248, 300, 305, 368
  - Boolean, 23
  - CaseInsensitiveString, 67
  - Collections, 88, 156
  - Collectors, 232, 233, 236
  - Comparator, 91
  - Complex, 107
  - ConcurrentHashMap, 347, 348
  - CountDownLatch, 107, 348
  - CyclicBarrier, 348
  - czas kontroli/czas użycia, *Patrz:* TOCTOU
  - Date, 252
  - Dimension, 99, 307
  - dokumentacja, 113, 114, 115, 116, 118, 124
  - dostępność, *Patrz:* dostępność
  - EnumMap, 192, 193, 194, 196
  - EnumSet, 26, 190
  - Error, 317, 322
  - Exception, 317, 322
  - Exchanger, 348
  - Favorites, 171, 172, 173
  - File, 69
  - FileInputStream, 51
  - FileOutputStream, 51
  - HashMap, 57
  - HashSet, 57, 108, 109
  - Hashtable, 109, 112, 343
  - hierarchia, 65, *Patrz:* hierarchia klas
  - implementacja
    - domyślna, 125
    - prosta, 124
    - szkieletowa abstrakcyjna, 121, 122, 123, 124
  - InputStream, 54
  - instancja, 21
  - Instant, 252
  - InstrumentedHashSet, 109
  - Iterator, 315
  - java.awt.Component, 307
  - java.lang.ref, 48
  - java.sql.Connection, 51, 54
  - java.sql.Timestamp, 65
  - java.util.AbstractList, 115
  - java.util.concurrent.Executors, 345
  - java.util.Date, 65
  - java.util.LinkedHashMap, 48
  - java.util.logging, 324
  - java.util.regex.Pattern, 58
  - kontenerowa, 59
  - kontrolowana przez instancje, 24, 59
  - LinkedHashMap, 219, 220
  - LinkedHashSet, 299
  - literał, 143
  - LocalDateTime, 252
  - lokalna, 132, 134
  - mieszana, 120
  - narzędziowa, 38
  - nazwa, 310, 311
  - nieostateczna, 50
  - nietworząca obiektów, 25
  - niezmienna, 24, 31, 100, 103
    - alternatywa, 104, 105
  - niezwiązana, 262
  - Object, 57, 75, 121
  - ObjectOutputStream, 259
  - Objects, 73
  - ogólna, 139
  - Optional, 271
  - OptionalDouble, 271
  - OptionalInt, 271
  - OptionalLong, 271
  - osłonowa, 23, 112, 118, 121, 123, 125
  - ostateczna, 50
  - OutputStream, 54, 301
  - oznaczana, 130
  - Phaser, 348, 350
  - podrzędna, 22
    - tworzenie, *Patrz:* dziedziczenie
  - Point, 99
  - pomocnicza, 256
  - ProcessHandle, 270, 271
  - projektowanie, 113, 114, 115, 116, 118
  - Properties, 112
  - przekazująca, 110
  - Random, 288
  - RegularEnumSet, 26
  - równoważności, 60
  - RuntimeException, 317, 322
  - RunTimeException, 317
  - Semaphore, 348
  - serializowana, 365
    - postać domyślna, 365, 369, 370, 373, 374, 376
    - postać własna, 365, 367, 369, 374
  - singleton, 25
  - składowa, 21, 25
    - niestatyczna, 132, 133, 134
    - statyczna, 132, 134, 368
  - SplittableRandom, 288
  - Stack, 47, 80, 81, 112
  - String, 104, 154, 262, 263, 300
  - StringBuffer, 104, 343
  - StringBuilder, 104
  - StringList, 373
  - SynchronizedCollection, 125, 126
  - Thread, 58, 346
  - ThreadLocalRandom, 246, 288
  - ThreadPoolExecutor, 51, 345

- klasa
- Throwable, 318, 322, 367
  - TreeMap, 88
  - TreeSet, 88
  - Types, 25
  - uogólnianie, 152
  - użytkowa, 128
  - Vector, 109, 112, 343
  - WeakHashMap, 47, 48
  - wewnętrzna, 132
  - wymagania
    - implementacyjne, 114, 115
  - zagnieżdżona, 132, 133, 135, 368
  - zdefiniowanych
    - wartościach, 58
  - ZonedDateTime, 252
- klasaLOptional, 268
- klucz, 297
- mapowania, 103
  - mieszający, 71, 72, 73, 106
  - sparametryzowany, 171
- kolejka zadań, 344, 345, 348
- kolekcja, 271
- checkedList, 174
  - checkedMap, 174
  - checkedSet, 174
  - Collection, 174
  - CopyOnWriteArrayList, 342
  - deklaracja, 140, 151
  - filtrowanie destrukcyjne, 286
  - HashMap, 70, 71
  - HashSet, 70
  - iteracja równoległa, 286
  - Map, 171
  - Set, 171
  - synchronizowana, 348
  - współbieżna, 342, 347, 348
- kolekcjoner, 232, 233, 234, 236
- wartości, 235
- komentarz
- doc, 272
  - dokumentujący, 272, 273, 275, 276, 278
- komparator, 90, 293
- komponent, 20
- kopiowanie defensywne, 253, 254
- kompozycja, 110, 112, 113
- komunikat
- ClassCastException, 140
- konstruktor, 22, 24, 28
- bezparametrowy, 30
  - domyślny, 38
  - konwertujący, 86
  - kopiujący, 85, 86, 103
  - obsługujący łączenie, 324
  - publiczny, 23
  - teleskopowy, 28, 30
- kontener heterogeniczny, 172
- kopiowanie defensywne, 44, 253, 254
- kowariancja zwracanych typów, 34
- ## L
- lambda, 91, 125, 134, 214, 215, 216, 217, 227, 231, 262, 340
- serializacja, 217
- liczba
- całkowita przepelnienie, 92
  - losowa, 287, 288
  - Mersenne'a, 229, 243
  - pierwsza, 229
  - pseudolosowa, 344
  - zespólona, 102
- lista
- transformacja, 286
  - właściwości, 112
- literal klasy, 143
- ## M
- mapowanie, 103
- mechanizm
- kontroli dostępu, 94
  - zacierania, *Patrz:* zacieranie
- metaadnotacja, 201
- @Repeatable, 205
- metoda, 21
- action, 320
  - actionPermitted, 320
  - add, 108, 109
  - addAll, 108, 109
  - addObserver, 339
  - addTopping, 35
  - agregująca, 27
  - akcesora, 98, 99, 102
  - apply, 215
  - argument, 263, 264, 265
  - arguments, 271
  - Arrays.asList, 238
  - asSubclass, 175
  - atomowa w przypadku błędu, 328, 329
  - averaging, 235
  - awaitTermination, 345
  - binarySearch, 156
  - build, 31, 32, 34
  - cast, 173
  - checkFromIndexSize, 249
  - checkFromToIndex, 249
  - checkIndex, 249
  - classify, 257
  - clear, 115
  - clone, 57, 78, 79, 81, 82, 85, 86, 103, 117, 252
  - close, 51, 54, 55
  - collect, 244
  - collectingAndThen, 236
  - Collections.emptyList, 266
  - Collections.emptyMap, 266
  - Collections.emptySet, 266
  - Collections.synchronizedMap, 353, 354
  - Collections.sort, 250
  - Comparable.compareTo, 57
  - compare, 92, 293, 294
  - compareTo, 86, 87, 88, 89, 92
  - tworzenie, 89
  - comparing, 91, 232
  - comparingInt, 91
  - computeIfAbsent, 225
  - contentEquals, 262
  - counting, 235

- create, 28
- defaultReadObject, 377
- defaultWriteObject, 372, 373
- dokumentacja, 273, 275, 276, 277, 372
- domyślna, 121, 122, 124, 125, 126
- Double.compare, 67
- equals, 57, 58, 59, 62, 66, 89
  - generowanie, 70
  - przesłanie, 69, 70, 71, 75, 208
  - relacja równoważności, 59, 60, 63
  - wydajność, 68
- Executors.newCached
  - ↳ ThreadPools, 345
- Executors.newFixed
  - ↳ ThreadPools, 345
- fabryczna, 41, 86
  - konwertująca, 86
  - statyczna, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 36, 42, 134, 157
  - uogólniona, 37
- filter, 270
- filtering, 235
- finalize, 57, 367
- flatMap, 270, 271
- flatMapMapping, 235
- Float.compare, 67
- from, 27
- fromString, 184, 185
- get, 98
- getAnnotationsByType, 206
- getFavorite, 173
- getFavorites, 173
- getSize, 307
- getType, 28
- groupingBy, 234, 235, 236
- groupingByConcurrent, 235
- hashCode, 57, 69, 70, 71, 106
  - generowanie, 70
  - opóźniona inicjalizacja, 74, 106
  - przesłanie, 69, 70, 71, 75, 208
- hasNext, 315
- ifPresent, 270
- ifPresentOrElse, 270
- instance, 27
- instanceOf, 27
- instancyjna, 218
- invokeAll, 345
- invokeAny, 345
- isAnnotationPresent, 202, 206
- isPresent, 270
- joining, 236
- keySet, 43
- konstruuja komparator, 90, 214
- konwersji typu, 27
- List.of, 170
- łańcuch, 33
- macierzysta, 51
- map, 270
- mapping, 235
- maxBy, 234, 236
- minBy, 236
- mutatora, 98, 100
- natywna, 250, 304, 305
- nazwa, 255, 310, 311, 312
- newInstance, 28
- newType, 28
- next, 315
- nextInt, 288
- notify, 346, 348, 350, 351
- notifyAll, 350, 351
- ObjectInputStream.
  - ↳ readFields, 366
- ObjectInputStream.
  - ↳ readUnshared, 106
- ObjectOutputStream.
  - ↳ putFields, 366
- ObjectOutputStream.write, 210
- ObjectOutputStream.
  - ↳ writeUnshared, 106
- Objects.requireNonNull, 248
- of, 27
- ogólna, 143, 144, 156, 214
- Optional.empty, 269
- Optional.of, 269
- Optional.ofNullable, 269
- or, 270
- ordinal, 188, 191
- orElseGet, 270
- parallel, 242, 243
- parametr, 255
  - boolean, 256
  - kopiowanie defensywne, 252, 253, 254
  - sprawdzanie poprawności, 247, 249, 252
- partitioningBy, 235
- pomocnicza, 255
- printf, 75
- println, 75, 117
- przeciążanie, 69, 257, 258, 259, 260, 261, 262
- przekazująca, 110, 112
- przesłanie, 69, 95, 113, 258, 259
- putFavorite, 173
- putIfAbsent, 347
- random, 288
- readObject, 50, 106, 117, 362, 380, 381
  - defensywna, 375, 379, 380
- readObjectNoData, 368
- readResolve, 37, 50, 106, 118, 381, 382, 384
- reducing, 235
- referencja, 217, 218
  - niezwiązana, 218, 219
  - statyczna, 219
  - związana, 218, 219
- remove, 114, 260, 282
- removeEldestEntry, 48, 219
- removeIf, 121, 125, 126
- removeObserver, 339
- removeRange, 115
- reversed, 233
- Runtime.runFinalizers
  - ↳ OnExit, 50
- self, 33
- set, 98

- metoda
- sort, 156
  - specyficzna dla stałych, 183, 185, 186
  - spliterator, 244
  - stream, 271
  - Stream.of, 239
  - summarizing, 235
  - summing, 235
  - super.clone, 84, 85
  - Supplier, 270
  - sygnatura, 21
  - System.currentTimeMillis, 349
  - System.gc, 50
  - System.nanoTime, 349
  - System.runFinalization, 50
  - System.runFinalizersOnExit, 50
  - szablonowa, 121, 219
  - take, 348
  - thenComparingInt, 91
  - Thread.stop, 334
  - toArray, 146
  - toList, 236
  - toMap, 233, 234, 236
  - toSet, 236
  - toString, 57, 75, 76, 181, 184
  - toUpperCase, 154
  - transferTo, 289
  - type, 28
  - union, 157
  - valueOf, 27, 184, 263
  - values, 181
  - varargs, 149, 263, 264, 265
  - wait, 346, 348, 350
  - writeReplace, 118
  - wywołanie
    - otwarte, 343
    - zwrotne, 48
- migracja zgodność, *Patrz:* zgodność migracji
- moduł, 97
- nazwa, 311
- modyfikator
- public, 94
  - static, 133
  - synchronized, 333, 337, 352
  - transient, 371, 382
  - volatile, 336, 337
- ## N
- naruszenie założenia, 317
- nasłuch, 48
- notacja znak-moduł, 103
- null, 46, 47, 66, 248, 266, 267, 293
- ## O
- obiekt, 21
- bezstanowy, 36
  - blokady prywatnej, 354, 355
  - budowniczego, 31, 32
  - Class, 192, 301
  - Constructor, 301
  - defensywne tworzenie kopii, 103
  - efektywnie niezmienny, 338
  - Favorites, 172, 173
  - Field, 301
  - funkcyjny, 134, 213, 215, 217
  - JumboEnumSet, 26
  - macierzysty zewnętrzny, 51
  - Map, 43
  - Method, 301
  - niemożliwy, 376
  - niespójny, 31
  - niezmienny, 100, 102, 103, 329
    - alternatywa, 104, 105
    - współdzielenie, 103
  - ObjectInputStream, 362
  - opcjonalny, 267, 269, 271, 272, 315
  - postać kanoniczna, *Patrz:*
    - postać kanoniczna
  - powielanie, 41
  - procesowy, 134
  - przechowywanie
    - nieświadome, 46
  - RegularEnumSet, 26
  - Runnable, 345
  - Stack, 155
  - tworzenie, 23, 103
  - w stanie niespójnym, 31
  - zamrożenie, 31
- oczyszczacz, 48, 49, 51, 53
- odwzorowanie, 192, 271
- OpenJDK Server, 335
- operacja
- blokująca, 348
  - forEach, 231, 232, 244
  - forEachOrdered, 244
  - kończąca, 224
  - pośrednia, 224
- operator
- +, 298, 299
  - ==, 67, 294
  - instanceof, 66, 67, 143
  - rombu, 145
- optymalizacja, 306, 308
- ## P
- pakiet, 97
- java.awt, 99
  - nazwa, 309
- pamięć
- podręczna, 47
  - wyciek, 46, 47, 48
  - zarządzanie, *Patrz:*
    - zarządzanie pamięcią
- parametr
- typu, 144, 156, 164
  - jawnym, 163
  - nazwa, 311
  - rekurencyjny, 33
  - związany, 155
  - varargs, 166, 167, 168
- PECS, 162, 164
- pętla
- for, 282, 283
  - for-each, 282, 283, 285
  - ograniczenia, 286
  - zagnieżdżona, 285
  - while, 282, 283



## plik

deskryptor, 49  
 module-info.java, 97, 278  
 package-info.java, 278  
 źródłowy, 135

## pole, 21

bitowe, 189, 190, 191  
 inicjalizacja, 356, 358  
   późna, 355, 356, 357  
 instancyjne  
   dostępność, 96  
   final, 96  
 nazwa, 310, 311, 312  
 stałej, 310, 311  
 statyczne, 25  
   dostępność, 96  
   final, 96, 310  
 znacznika, 129

## porządek

leksykograficzny, 91  
 naturalny, 87

## postać kanoniczna, 68

pośrednik serializacji, 385,  
 386, 387

## problem SELF, 112

proces zbierania nieużytków,  
 48, 49, 50

## procesor adnotacji, 201

## profiler stogu, 48

## programowanie

funkcyjne, 102  
 imperatywne,  
   *Patrz:* programowanie  
 proceduralne  
 proceduralne, 102  
 wielowątkowe,  
   *Patrz:* współbieżność

## protobuf, 364

Protocol Buffer, *Patrz:*

protobuf

## przekazywanie, 110

## R

## refleksja, 36, 78

## refleksyjność, 301, 302, 303

relacja równoważności, 59,  
 60, 63

## rzutowanie, 33

## S

serializacja, 38, 50, 106, 210,  
 278, 361, 365, 366, 373

  pośrednik, *Patrz:*

  pośrednik serializacji

  singletona, 37

  singletonu, 381, 382, 383

siatka zabezpieczająca, 50, 51,  
 53

singleton, 36, 37, 39, 381, 382

  serializacja, *Patrz:*

  serializacja singletona

  tworzenie, 36

  uogólniony, 157, 158

słownik, 39, 40

## stała

  import statyczny, 128

  MAX\_VALUE, 128

  MIN\_VALUE, 128

  nazwa, 128

  wyliczeniowa

    String, 178

    int, 178

  zmienna, 134, 178

sterta skażenie, 154, 166

stos, 45, 46, 112, 160

  wyjątków, 326

strategia, 214

Stroustrup Bjarne, 11

strumień, 192, 224, 226, 227,  
 228, 231, 232, 235, 237, 238,  
 271, 284

  identyfikator unikalny,

*Patrz:* UID

  potok, 224, 226, 227, 228,  
 243

  redukcja, 232

  zrównoleglony, 242, 243,  
 244, 245, 246, 288

SWAT, 364

symulowanie dziedziczenia

  wielobazowego, *Patrz:*

  dziedziczenie wielobazowe  
 symulowanie

synchronizator, 348

system modułów, 22

szablon typu, 163, 164

niezwiązany, 142, 143, 144

związany, 143, 144, 157,  
 159, 160, 199

## Ś

środowisko programistyczne  
 zintegrowane, *Patrz:* IDE

## T

tablica, 21, 271, 313

  dostępność, 96

  indeks, 191, 196

  kowariancyjność, 147

  mieszająca, 112, 373

  ogólna, 153, 154

  pusta, 266

  tablic, 193

  transformacja, 286

  typu

    ogólnego, 148

    parametru typu, 148

    parametryzowanego,  
 148

  uściślona, 147

  wielkość różna od zera, 96

test wydajnościowy, 308

TOCTOU, 252

token typu, *Patrz:* typ token

typ

  adnotacyjny zawierający,  
 205

  ArrayList, 155

  BigDecimal, 291, 292

  BigInteger, 296

  boolean, 23, 292

  double, 290, 291, 292, 334

  eksplozja, *Patrz:* eksplozja  
 typów

  enum, 38, 178

  float, 290, 296

  funkcyjny, 213

  HashMap, 155

  hierarchia, *Patrz:*

    hierarchia typów

  int, 291, 292, 296

  kowariancyjny zwracany,  
 80

## typ

List, 292  
 long, 291, 292, 334  
 nieuściślony, 148  
 numeryczny, 296  
 ogólny, 46, 139, 140, 143,  
 144, 149, 155, 214  
 niezmienniczość, 147  
 tworzenie, 151  
 zacieranie, 148  
 parametr, *Patrz:* parametr  
 typu  
 związany, 155  
 parametryzowany, 139,  
 141, 143, 144, 295  
 prosty, 44, 292, 293, 294,  
 295  
 opakowany, 44, 292, 293,  
 294, 295  
 referencyjny, 21, 177, 292  
 rzutowanie, 139, 141  
 dynamiczne, 173  
 Stack, 155  
 String, 292, 296,  
*Patrz też:* ciąg znaków  
 surowy, 139, 141, 143, 144,  
 214  
 szablon, 163, 164  
 niezwiązany, 142, 143,  
 144  
 związany, 143, 144, 157,  
 159, 160, 199  
 tablicowy, 262  
 token, 144, 171  
 niezwiązany, 174  
 związany, 174, 175  
 uogólniony  
 z rekurencyjnym  
 parametrem typu, 33  
 varargs, 35  
 wiązanie rekurencyjne,  
 158, 159  
 wieloznaczny ograniczony,  
 41  
 własny, 33  
 wnioskowanie, *Patrz:*  
 wnioskowanie typów

wyliczeniowy, 59, 128,  
 177, 178, 179, 182, 188,  
 296  
 instrukcja switch, 185,  
 186, 187  
 metoda, 179, 181  
 Planet, 180, 181  
 pole, 179  
 rozszerzalny, 196, 197,  
 199  
 złożony, 296  
 związany, 144  
 token, 192, 198, 203

## U

UID, 366, 374  
 ukrywanie informacji,  
*Patrz:* hermetyzacja  
 uprawnienie, 297,  
*Patrz też:* klucz

## W

walidator HTML, 279  
 wartość  
 null, *Patrz:* null  
 prosta, 21  
 wątek  
 atomowość, 334, 336  
 bezpieczeństwo, 343, 352,  
 353, 354  
 bezpieczna publikacja, 338  
 harmonogram, 358, 359  
 odwzorowanie  
 kanonizacyjne, 347  
 priorytet, 360  
 synchronizacja, 333  
 nadmiarowa, 338  
 niedostateczna, 334, 335  
 wybudzenie, 351  
 wzajemne wykluczanie,  
 333  
 zagłodzenie, 349  
 zmienna współdzielona,  
 334  
 wektor, 112  
 bitowy, 239

widok, *Patrz:* adapter  
 wieloplatformowa  
 reprezentacja danych  
 strukturalnych, 363, 365  
 właściwość, 112  
 wnioskowanie typów, 214  
 współbieżność, 333, 346, 348  
 wstrzykiwanie zależności, 40,  
 41, 302  
 wyciąganie, 335  
 wyciek pamięci, *Patrz:*  
 pamięć wyciek  
 wydajność, 20, 46, 50, 93, 243,  
 289, 299, 305, 307, 314  
 model, 308  
 testowanie, 308  
 wyjątek, 313  
 ArithmeticException, 322  
 ArrayIndexOutOfBoundsException  
 ↳Exception, 192, 194,  
 313, 317  
 AssertionError, 39, 249,  
 317  
 ClassCastException, 148  
 ClassCastException, 87,  
 88, 142, 145, 168, 173,  
 250, 304, 329  
 CloneNotSupportedException  
 ↳Exception, 80, 84  
 ConcurrentModification  
 ↳Exception, 321, 322,  
 330  
 czasu wykonania, 316, 317  
 dokumentowanie, 325,  
 327  
 ignorowanie, 330, 331  
 IllegalArgumentException,  
 159, 248, 268, 321, 322  
 IllegalStateException, 32,  
 51, 233, 321, 322  
 IndexOutOfBoundsException  
 ↳Exception, 328  
 IndexOutOfBoundsException, 327  
 IndexOutOfBoundsException  
 ↳Exception, 248, 321,  
 322  
 InvalidClassException,  
 366

- InvocationTarget
    - ↳tException, 202
  - konstruktor obsługujący
    - łączenie, 324
  - metoda, 317
  - nieobsłużony, 50
  - nieprzechwytywany, 325, 326
  - nieprzechwytywany, 316, 319, 321, 325
  - NullPointerException, 47, 66, 67, 89, 117, 194, 248, 249, 268, 294, 295, 321, 322, 326
  - NumberFormatException, 322
  - propagacja, 318, 323, 324
  - przechwytywany, 80, 316, 317, 318, 319
  - ReflectiveOperationException, 304
  - serializacja, 322
  - StackOverflowError, 371
  - stłumiony, 56
  - stos, *Patrz:* stos wyjątków
  - testowanie, 204
  - tłumaczenie, 250
  - translacja, 323, 324
  - UnsupportedOperationException
    - ↳Exception, 114, 321, 322
  - wyliczenie, 21
  - wyrażenie
    - lambda, *Patrz:* lambda
    - regularne, 42, 43
  - wywołanie zwrotne, 112
  - wzorzec
    - Bridge, 27
    - Builder, 31, 32, 33, 35, 256
    - dekorator, *Patrz:*
      - dekorator
    - Flyweight, 24
    - JavaBeans, 30, 31
    - konstruktora
      - teleskopowego, 30
    - nazw, 200
    - Observer, 339
    - pośrednika serializacji, 380, 385
    - wstrzykiwania zależności, 40
    - wyliczeniowy
      - int, 178, 189
      - String, 178
- Z**
- zacieranie, 141
  - zadanie
    - Callable, 346
    - Runnable, 346
  - zakleszczenie, 341
  - zarządzanie pamięcią, 45
  - zasada
    - podstawiania Liskov, 64, 95
    - ukrywania informacji, 306
  - zbiór potęgowy, 239
  - zgodność migracji, 141
  - zmienna
    - definiowanie, 47
    - lokalna, 281, 282
    - nazwa, 311
    - współdzielona, 334
  - znacznik, 129
    - @code, 273, 274
    - @implSpec, 114, 121, 273, 275
    - @inheritDoc, 278
    - @literal, 273, 275
    - @param, 273, 274
    - @return, 273, 274
    - @serial, 372
    - @serialData, 372
    - @throws, 248, 273, 274, 325
  - HTML, 274



# 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>

## Poznaj najlepsze praktyki programowania z użyciem platformy Java

Java jest konsekwentnie udoskonalana i unowocześniana dzięki zaangażowaniu wielu ludzi. Wieloparadygmatowość nowoczesnych wersji tego języka sprawia, że stosowanie najlepszych praktyk w coraz większym stopniu determinuje jakość kodu. Obecnie napisanie kodu, który prawidłowo działa i może być łatwo zrozumiany przez innych programistów, nie wystarczy — należy zbudować program w taki sposób, aby można było go łatwo modyfikować. Jako że Java to dziś obszerna i złożona platforma konieczne stało się uaktualnienie najlepszych praktyk.

Ta książka jest kolejnym, trzecim wydaniem klasycznego podręcznika programowania w Javie. Poszczególne rozdziały zostały gruntownie przejrane, zaktualizowane i wzbogacone o sporo ważnych treści. Znalazło się tu wiele wartościowych porad dotyczących organizowania kodu w taki sposób, aby stał się przejrzysty, co ułatwi przyszłe modyfikacje i usprawnienia. Poza takimi zagadnieniami jak programowanie zorientowane obiektowo czy korzystanie z różnych typów obszernie omówiono stosowanie lambda i strumieni oraz zasady obsługi wyjątków a także korzystania ze współbieżności i z serializacji. Książka składa się z dziewięćdziesięciu tematów pogrupowanych w dwanaście rozdziałów. Taki układ pozwala na szybkie odnalezienie potrzebnego rozwiązania.

### W książce między innymi:

- interfejsy funkcyjne, wyrażenia lambda, referencje do metod oraz strumienie
- metody domyślne i statyczne w interfejsach
- wnioskowanie typów
- korzystanie z @SafeVarargs
- instrukcja try z zasobami
- nowe elementy bibliotek Javy

**Dr Joshua Bloch** wykłada na Uniwersytecie Carnegie Mellon. Wcześniej był głównym architektem Javy w firmie Google, wyróżniającym się inżynierem w firmie Sun Microsystems i starszym projektantem systemów w Transarc. Kierował projektowaniem i implementacją wielu funkcjonalności platformy Java, w tym rozszerzenia języka w JDK 5.0 oraz Collection Framework. Jego książki są uważane za lekturę obowiązkową każdego, kto chce pisać dobry i wydajny kod w Javie.

**Java: jakość kodu, efektywność działania i przyjemność programowania!**

	<p><i>Sprawdź nasze szkolenia!</i></p>  <p><b>SZKOLENIA</b></p> <p><b>AKADEMIA IT &amp; BUSINESS</b></p> <p><a href="http://WWW.SZKOLENIA.HELION.PL">WWW.SZKOLENIA.HELION.PL</a></p>	<p><b>KOD KORZYŚCI</b> <i>Sięgnij po więcej!</i> ▶</p> 
 <p><b>helion.pl</b></p>		<p>ISBN 978-83-283-4576-8</p>  <p>9 788328 345768</p>
<p><b>INFORMATYKA W NAJLEPSZYM WYDANIU</b></p>		<p>Cena: 79,00 zł</p>