

Matematyka w programowaniu gier i grafice komputerowej

Tworzenie i renderowanie
wirtualnych środowisk 3D oraz praca z nimi



PENNY DE BYL

Tytuł oryginału: Mathematics for Game Programming and Computer Graphics:
Explore the essential mathematics for creating, rendering,
and manipulating 3D virtual environments

Tłumaczenie: Anna Mizerska

ISBN: 978-83-289-0879-6

Copyright © Packt Publishing 2022. First published in the English language under the title
'Mathematics for Game Programming and Computer Graphics' – (9781801077330).

Polish edition copyright © 2024 by Helion S.A.

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

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

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

Autor oraz wydawca 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 wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności
za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<https://helion.pl/user/opinie/matopr>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Pliki z przykładami omawianymi w książce można znaleźć pod adresem:

<https://ftp.helion.pl/przyklady/matopr.zip>

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

WWW: <https://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Printed in Poland.

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

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

Spis treści |

O autorze	13
O korektorach	14
Wstęp	15

CZĘŚĆ 1. Podstawowe narzędzia

ROZDZIAŁ 1

Witaj, graficzne okno, czyli początek podróży	23
Wymagania techniczne	24
Rozpoczęcie pracy z językiem Python, edytorem PyCharm i biblioteką Pygame	26
Tworzenie podstawowego okna graficznego	28
Praca z oknem i układem kartezjańskim	34
Do dzieła!	35
Twoja kolej!	38
Podsumowanie	39
Odpowiedzi	39

ROZDZIAŁ 2

Zacznijmy rysować	40
Wymagania techniczne	40
Kolor	41
Do dzieła!	42
Twoja kolej!	44
Linie	44
Do dzieła!	44
Twoja kolej!	45
Do dzieła!	46
Tekst	47
Do dzieła!	50
Twoja kolej!	51

Wieloboki	51
Do dzieła!	52
Twoja kolej!	53
Obrazy rastrowe	54
Do dzieła!	55
Podsumowanie	57
Odpowiedzi	57

ROZDZIAŁ 3

Kreślenie linii piksel po pikselu	59
Wymagania techniczne	59
Najprostszy sposób — rysowanie linii metodą prób i błędów	60
Do dzieła!	60
Ulepszone podejście — wprowadzenie do algorytmu Bresenhama	63
Do dzieła!	65
Rysowanie okręgów sposobem Bresenhama	69
Do dzieła!	71
Wygładzanie krawędzi wyświetlanych obiektów	73
Podsumowanie	75

ROZDZIAŁ 4

Komponenty silników graficznych i gier	76
Wymagania techniczne	76
Odkrywanie potoku graficznego z OpenGL	77
Do dzieła!	78
Rysowanie modeli za pomocą siatek	80
Do dzieła!	81
Twoja kolej!	82
Patrzenie na scenę za pomocą kamer	83
Projekcja pikseli na ekranie	86
Systemy współrzędnych 3D w OpenGL	87
Projekcja perspektywiczna	88
Twoja kolej!	90
Projekcja do znormalizowanych współrzędnych urządzenia	90
Do dzieła!	93
Twoja kolej!	96
Podsumowanie	96
Odpowiedzi	96

ROZDZIAŁ 5

Rozświetlmy to!	99
Wymagania techniczne	99
Dodawanie efektów oświetlenia	99
Do dzieła!	101
Twoja kolej!	104
Umieszczanie tekstur na siatkach	104
Do dzieła!	105
Do dzieła!	107
Podsumowanie	111
Odpowiedzi	111

ROZDZIAŁ 6

Odświeżanie i rysowanie środowisk graficznych	112
Wymagania techniczne	112
Wprowadzenie do pętli głównej	113
Aktualizowanie i rysowanie obiektów	115
Do dzieła!	116
Twoja kolej!	120
Mierzenie czasu	120
Do dzieła!	121
Podsumowanie	121
Odpowiedzi	122

ROZDZIAŁ 7

Interakcja za pomocą klawiatury i myszki w dynamicznych programach graficznych	123
Wymagania techniczne	123
Praca z danymi wejściowymi z myszki	124
Do dzieła!	124
Twoja kolej!	128
Łączenie środowiska 2D z 3D	129
Do dzieła!	129
Przekształcanie pozycji myszki na współrzędne projekcji	134
Do dzieła!	136
Twoja kolej!	137
Do dzieła!	138

Dodawanie poleceń z klawiatury	139
Do dzieła!	139
Twoja kolej!	140
Do dzieła!	141
Podsumowanie	142
Odpowiedzi	142

CZĘŚĆ 2. Podstawy trygonometrii

ROZDZIAŁ 8

Powtórka wiedzy o trójkątach	149
Wymagania techniczne	150
Porównywanie trójkątów podobnych	150
Twoja kolej!	152
Praca z trójkątami prostokątnymi	153
Twoja kolej!	155
Obliczanie kątów za pomocą sinusa, cosinusa i tangensa	155
Twoja kolej!	158
Badanie trójkątów przez rysowanie obiektów 3D	159
Do dzieła!	160
Podsumowanie	162
Odpowiedzi	163

ROZDZIAŁ 9

Podstawy wektorów	165
Wymagania techniczne	166
Zrozumienie różnicy między punktami a wektorami	166
Do dzieła!	167
Twoja kolej!	170
Definiowanie kluczowych działań na wektorach	170
Do dzieła!	174
Ustalanie długości wektora	175
Twoja kolej!	176
Związek między kątami a wektorami	177
Iloczyn skalarny	178
Iloczyn wektorowy	179
Podsumowanie	181
Odpowiedzi	181

ROZDZIAŁ 10

Zapoznanie się z liniami, promieniami i liniami normalnymi	183
Wymagania techniczne	184
Definiowanie linii, odcinków i promieni	184
Używanie parametrycznej postaci linii	186
Twoja kolej!	187
Do dzieła!	187
Obliczanie i wyświetlanie prostych normalnych	190
Twoja kolej!	192
Do dzieła!	192
Twoja kolej!	195
Podsumowanie	196
Odpowiedzi	196

ROZDZIAŁ 11

Zmiana oświetlenia i tekstury trójkątów	199
Wymagania techniczne	200
Wyświetlanie linii normalnych siatki zbudowanej z trójkątów	200
Do dzieła!	201
Definiowanie stron wieloboku za pomocą linii normalnych	204
Praca z widocznymi stronami wieloboku	205
Odrzucanie wieloboków zgodnie z liniami normalnymi	207
Do dzieła!	208
Do dzieła!	210
Odkrywanie wpływu prostych normalnych na oświetlenie	214
Do dzieła!	215
Podsumowanie	218

CZĘŚĆ 3. Najważniejsze przekształcenia**ROZDZIAŁ 12**

Opanowanie przekształceń afinicznych	223
Wymagania techniczne	224
Przenoszenie punktów w przestrzeni 3D	224
Twoja kolej!	226
Skalowanie punktów za pomocą współrzędnych x , y i z	226
Do dzieła!	227
Twoja kolej!	230

Obracanie punktów wokół osi obrotu	230
Do dzieła!	232
Odkrywanie kolejności przekształceń	234
Pochylenie i odbijanie	237
Podsumowanie	239
Odpowiedzi	240

ROZDZIAŁ 13

Zrozumienie znaczenia macierzy	241
Wymagania techniczne	241
Definiowanie macierzy	242
Wykonywanie działań na macierzach	242
Dodawanie i odejmowanie macierzy	243
Mnożenie macierzy przez jedną wartość	243
Dzielenie macierzy	245
Tworzenie reprezentacji przekształceń afinicznych za pomocą macierzy	249
Przejście od równań liniowych do działań na macierzach	250
Łączenie przekształceń afinicznych	252
Zestawianie macierzy przekształceń na potrzeby złożonych manewrów	254
Do dzieła!	254
Podsumowanie	260
Odpowiedzi	261

ROZDZIAŁ 14

Praca z przestrzeniami współrzędnych	263
Wymagania techniczne	264
Stos macierzy OpenGL	264
Praca z macierzą widoku modelu	265
Do dzieła!	266
Twoja kolej!	270
Praca z macierzą widoku	271
Do dzieła!	271
Praca z macierzą projekcji	274
Do dzieła!	276
Twoja kolej!	277
Podsumowanie	278
Odpowiedzi	278

ROZDZIAŁ 15

Poruszanie się po przestrzeni widoku	281
Wymagania techniczne	281
Manewry latania	282
Do dzieła!	283
Twoja kolej!	285
Dziwactwa złożonych obrotów	289
Poprawa sterowania kamerą	292
Do dzieła!	292
Podsumowanie	296
Odpowiedzi	297

ROZDZIAŁ 16

Obrót za pomocą kwaternionów	298
Wymagania techniczne	299
Wprowadzenie do kwaternionów	299
Obrót wokół dowolnej osi	299
Odkrywanie przestrzeni kwaternionowej	302
Do dzieła!	305
Praca z kwaternionami jednostkowymi	308
Twoja kolej!	309
Do czego służy normalizacja?	310
Do dzieła!	312
Twoja kolej!	316
Podsumowanie	316
Odpowiedzi	316

CZĘŚĆ 4. Podstawowe techniki renderingu

ROZDZIAŁ 17

Cieniowanie wierzchołków i fragmentów	321
Wymagania techniczne	322
Wprowadzenie do cieniowania	322
Przenoszenie przetwarzania grafiki z CPU na GPU	325
Do dzieła!	325
Przetwarzanie piksel po pikselu	332
Do dzieła!	333
Podsumowanie	339

ROZDZIAŁ 18

Niestandardowe potoki renderingu	341
Wymagania techniczne	341
Nadawanie koloru i tekstury wielokątom siatki	342
Do dzieła!	343
Do dzieła!	345
Twoja kolej!	352
Włączanie świateł	353
Oświetlenie otoczenia	353
Światło rozproszone	354
Phong	356
Podsumowanie	360
Odpowiedzi	360

ROZDZIAŁ 19

Renderowanie realistycznej grafiki jak zawodowiec	361
Wymagania techniczne	361
Śledzenie odbić światła	362
Stosowanie prawa odwróconych kwadratów	364
Obliczanie dwukierunkowego odbicia	365
Funkcje rozkładu	366
Efekt Fresnela	367
Współczynnik tłumienia geometrycznego	368
Zebranie wszystkiego w całość	369
Do dzieła!	370
Podsumowanie	379
Skorowidz	381

2 | **Zacznijmy rysować**

Emocje towarzyszące uruchomieniu swojej pierwszej aplikacji graficznej są wyjątkowe. Można poczuć, że się coś osiągnęło, gdy własne pomysły na ułożenie pikseli urzeczywistniają się na ekranie. Mój pierwszy język programowania, jakiego się nauczyłam, to BASIC uruchamiany na komputerze Amstrad CPC664 i pomimo że pisanie kodu było dość czasochłonne, nic mnie tak nie cieszyło jak rysowanie kształtów i zmienianie kolorów na ekranie.

Obrazy rysowane na komputerze to koniec końców pojedyncze piksele (takie jak te, które rysowaliśmy w poprzednim rozdziale) o różnych kolorach wyświetlane na ekranie. Rysowanie wszystkich obiektów piksel po pikselu byłoby długim i żmudnym procesem. Tak były renderowane obrazy na ekranie w latach 50. ubiegłego wieku, ale teraz, ze znacznie bardziej zaawansowaną technologią, układem kartezjańskim i matematyką, możemy określić proste kształty i za ich pomocą tworzyć obrazy.

W tym rozdziale poznasz podstawowe koncepcje i kształty, na których opierają się wszystkie grafiki, i odkryjesz, jak pracować z nimi w języku Python i bibliotece Pygame. Chciałabym, abyś po tym rozdziale rozumiał te koncepcje i był w stanie je zastosować w praktyce, co będzie podstawą do dalszej nauki i kolejnych projektów.

W tym rozdziale poznasz podstawowe koncepcje przy okazji odkrywania następujących zagadnień:

- kolor,
- linie,
- tekst,
- wieloboki,
- obrazy rastrowe.

Wymagania techniczne

Ćwiczenia w tym rozdziale też używają edytora PyCharm i języka Python, tak samo skonfigurowanego jak w rozdziale 1., „Witaj, graficzne okno, czyli początek podróży”.

Pamiętaj, by kod z każdego rozdziału zapisywać osobno. Zanim przejdziesz do dalszej części tego rozdziału, upewnij się, że utworzyłeś dla niego nowy folder.

Rozwiązania ćwiczeń z tego rozdziału znajdziesz pod adresem <https://ftp.helion.pl/przyklady/matopr.zip>, w folderze *r02*.

Kolor

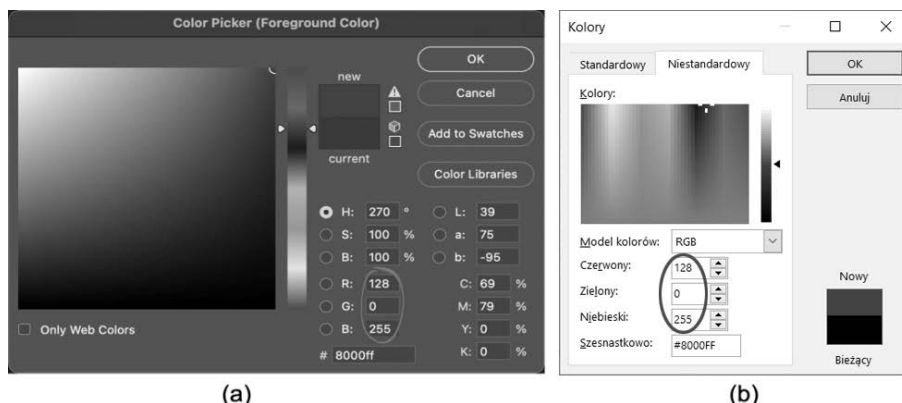
Grafika komputerowa z definicji jest wizualnym środkiem przekazu i jako taki opiera się na kolorze. **Przestrzeń barw** to zakres kolorów, które mogą być wypadkową połączenia podstawowych kolorów urządzenia. Na przykład wyobraź sobie, że malujesz obraz farbami olejnymi. Powiedzmy, że masz tubkę farby czerwonej, tubkę żółtej oraz tubkę niebieskiej i mieszasz je w każdych możliwych proporcjach. W ten sposób uzyskasz kolory, które będą przestrzenią barw dla tego zestawu trzech tubek. Jeśli Twój kolega zrobiłby to samo, ale miał nieco inne odcienie czerwonego, żółtego i niebieskiego, uzyskałby inny zestaw kolorów, unikatowy dla tego zestawu. Natomiast jeżeli obaj (lub oboje) chcielibyście uzyskać kolor zielony przez zmieszanie w takich samych proporcjach swoich odcieni niebieskiego i zielonego, uzyskalibyście kolor zielony złożony z 50% koloru niebieskiego i 50% koloru żółtego, ale ponieważ zaczęliście od nieco innych odcieni niebieskiego i żółtego, Wasze kolory zielone również miałyby różne odcienie.

To samo dotyczy ekranów komputerowych, drukarek, aparatów i wszystkiego z kolorowym wyświetlaczem lub drukowanego. Kolor, który na jednym monitorze wydaje się zielony, może wyglądać zupełnie inaczej na innym, a jeszcze inaczej po wydrukowaniu na papierze. Zakres kolorów, który można stworzyć przez mieszanie barw, nazywamy **skalą barw**. Wracając do przykładu z tubkami farb, możemy powiedzieć, że Ty i Twój kolega pracowaliście z różnymi skalami barw.

Aby okiełznać ten problem, stworzono wiele standardowych przestrzeni kolorów, które mówią, jak dany kolor powinien być pokazany. Najpopularniejszą przestrzenią barw jest **RGB** (skrót od angielskich nazw kolorów czerwonego, zielonego, niebieskiego — *red, green, blue*). Wszystkie kolory wyświetlane na ekranie komputera mogą być określone przez zmieszanie różnej ilości czerwonego, zielonego i niebieskiego.

Wartości każdego koloru są określone za pomocą wartości z jednego z dwóch zakresów, albo od 0 do 1, albo od 0 do 255. Dla zakresu od 0 do 1 wartość 0 oznacza brak koloru, a 1 maksymalne natężenie koloru. Biorąc pod uwagę, że kolor RGB jest przedstawiany za pomocą krotki, gdzie wartości odpowiadają ilości, odpowiednio, czerwonego, zielonego i niebieskiego, to (0,5, 0, 1) będzie oznaczać kolor z połową maksymalnego natężenia czerwonego, bez zielonego i z pełnym natężeniem niebieskiego. W podobny sposób określamy kolor w zakresie od 0 do 255, i tak ten sam kolor będzie przedstawiony za pomocą (128, 0, 255), gdzie połowa maksymalnej ilości czerwonego jest zmieszana z pełną ilością niebieskiego.

Prawdopodobnie już wcześniej mieszałeś kolory RGB, gdyż są dostępne w wielu programach, od edytorów tekstowych po graficzne. Na rysunku 2.1 pokazano narzędzia do wybierania kolorów w Adobe Photoshop i w Microsoft Word i zaznaczono miejsce, gdzie ustawia się wartości RGB.



Rysunek 2.1. Narzędzia do wyboru koloru z popularnych programów:
(a) Adobe Photoshop i (b) Microsoft Word

Wskazówka

Gdy będziesz ustawiał kolor w kodzie, a nie będziesz pewien, jakie wartości RGB dobrać, możesz skorzystać z narzędzia do wybierania kolorów w dowolnym programie, który masz pod ręką. Jeżeli język programowania, w którym piszesz program, przyjmuje te wartości w zakresie od 0 do 1 zamiast od 0 do 255, po prostu podziel wartości w zapisie od 0 do 255 przez 255. Na przykład, aby przełożyć kolor określony jako (100, 50, 90) na zakres od 0 do 1, musisz wykonać następujące dzielenie $(100:255, 50:255, 90:255) = (0,39, 0,20, 0,35)$.

Do dzieła!

W tym ćwiczeniu zobaczysz, jak użyć kolorów w celu wyświetlenia tęczy z pikseli biegnącej wzdłuż ekranu.

1. Utwórz nowy plik Pythona o nazwie *RBGSpace.py* i dodaj podstawowy kod początkowy utworzony w rozdziale 1., „Witaj, graficzne okno, czyli początek podróży”, by otworzyć okno.
2. Pygame przyjmuje wartości kolorów z zakresu od 0 do 255. Choć możesz bardzo łatwo wyświetlić mieszankę trzech kolorów w dwuwymiarowym oknie, wciąż możesz odkrywać różne kolory przez dobór wartości z zakresu za pomocą programu takiego jak ten poniżej, w którym do bazowego kodu dodano pogrubione linie kodu.

```
import pygame

pygame.init()
screen_width = 1000
screen_height = 800
screen = pygame.display.set_mode((screen_width, screen_height))

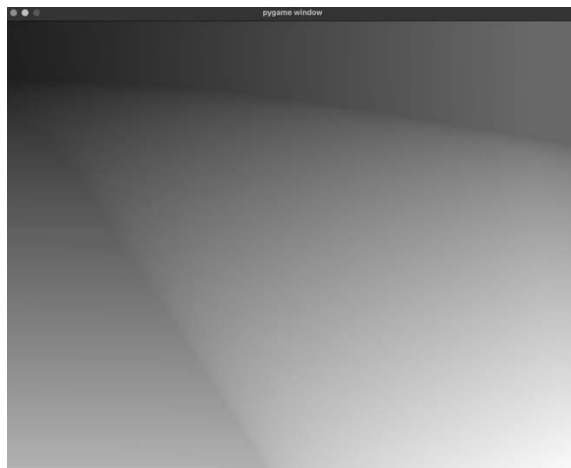
done = False

while not done:
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.QUIT:
            done = True
    for y in range(800):
        for x in range(1000):
            screen.set_at((x, y), pygame.Color(0, int(x/screen_width * 255),
                                                int(y/screen_height * 255)))

    pygame.display.update()
pygame.quit()
```

Metoda `color()` pobiera jako argumenty kanały, odpowiednio, czerwony, zielony i niebieski. Zauważysz, że wartości kanału czerwonego i zielonego będą różne, podczas gdy kanał niebieski będzie zawsze przybierał maksymalną wartość równą 255.

Rezultat pokazany na rysunku 2.2 przedstawia zakres kolorów uzyskanych przez zmieszanie wszystkich czerwieni i wszystkich zieleni przy maksymalnej ilości niebieskiego.



Rysunek 2.2. Zakres kolorów uzyskany przez zmieszanie wszystkich możliwych wartości kanałów czerwonego i zielonego przy maksymalnej wartości kanału niebieskiego

Twoja kolej!

Ćwiczenie A

Wyświetl zakres kolorów uzyskanych ze zmieszania wszystkich kanałów zielonych i niebieskich, bez czerwonego.

Jak już wspomniano wcześniej, grafika byłaby niczym bez koloru. W poprzednim ćwiczeniu kolorowaliśmy piksele. Jednak jest wiele innych graficznych obiektów, których podstawą jest piksel, dlatego przejdziemy teraz do kolejnego podstawowego obiektu graficznego — linii.

Linie

Rysowanie linii było niezwykle bliskie mojemu sercu, gdy uczyłam się grafiki komputerowej. Kiedy w szkole uczyłeś się o **układzie kartezjańskim**, prawdopodobnie nauczyłeś się również rysować proste linie i tego, że można je zapisać za pomocą następującego równania:

$$y = ax + b$$

gdzie a to **współczynnik kierunkowy** (lub **nachylenie**), a b to **miejsce przecięcia osi y** . Współczynnik kierunkowy mówi, jak biegnie pionowa lub pozioma linia. Dla idealnej linii poziomej nachylenie wynosi 0, a idealna linia pionowa ma nieskończony współczynnik kierunkowy. Miejsce przecięcia osi y to wartość na osi y (gdzie $x = 0$), przez którą przechodzi dana linia.

Uwaga

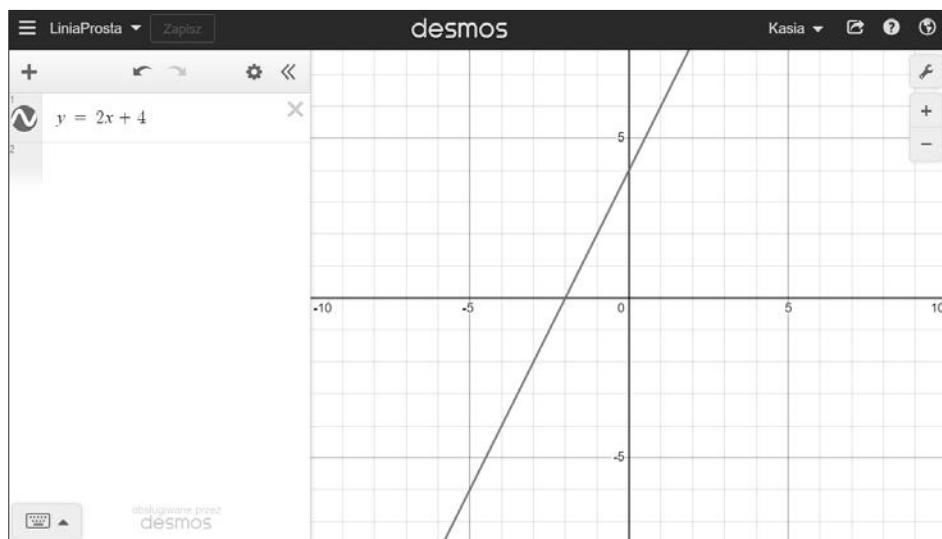
Jeśli chcesz przypomnieć sobie, jak przedstawiać linię matematycznie, przeczytaj artykuł na stronie [https://pl.wikipedia.org/wiki/Równanie_liniiowe](https://pl.wikipedia.org/wiki/R%C3%B3wnanie_liniiowe).

Badanie równań liniowych ma więcej sensu, gdy możesz je zobaczyć na ekranie i sprawdzić rezultat po zmianie jego zmiennych. Na szczęście w internecie jest dostępne darmowe oprogramowanie, które może nam w tym pomóc.

Do dzieła!

W programie DESMOS możemy zwizualizować związek zmiennych w równaniu liniowym. W tym celu wykonaj następujące kroki:

1. Wejdź na stronę <https://www.desmos.com/calculator?lang=pl>.
2. W polu równania widocznym na rysunku 2.3 wpisz $y = 2x + 4$, by zobaczyć wykres tej linii.



Rysunek 2.3. Kreślenie prostej linii na podstawie równania w programie DESMOS

W równaniu liczba 2 to nachylenie (oznacza, jak stroma jest linia). Im mniejsza wartość, tym linia jest bardziej płaska (pozioma).

3. Aby linia była bardziej pozioma, zmień wartość 2 na 1. Wartość 1 przełoży się na linię nachyloną pod kątem 45 stopni. Możesz zejść jeszcze niżej, jeśli chcesz, wystarczy, że wpiszesz wartość 0.5 lub 0, co da linię poziomą.
4. Wartość równa 4 jest miejscem przecięcia się linii z osią y , co widać na rysunku 2.3. Możesz podać inną wartość i przekonać się na własne oczy, jak zmieni się linia.

Po krótkim wprowadzeniu do programu DESMOS potrafisz już go używać do sprawdzania innych równań liniowych. To nam się przyda w dalszej części książki do sprawdzania, czy to, co narysowaliśmy na ekranie, jest zgodne z prawdą. Na przykład, jeśli jesteś przekonany, że Twój kod powinien rysować linię poziomą, ale rysuje linię nachyloną o 45 stopni, wtedy możesz użyć takiego programu jak DESMOS, by zobaczyć, co z Twoim kodem może być nie tak.

Twoja kolej!

Ćwiczenie B

Za pomocą DESMOS wykreśl linię o nachyleniu równym 8 i miejscu przecięcia równym 0,5. Teraz, gdy wiesz, jak jest zbudowana linia, zobaczymy, jak ją wykreślić z użyciem biblioteki Pygame. W przeciwieństwie do DESMOS, który pobiera równanie liniowe, Pygame wymaga tylko dwóch punktów, początkowego i końcowego. Jak się przekonasz w punkcie „Rysowanie linii piksel po pikselu”, Pygame wykonuje za nas dużo żmudnej pracy.

Do dzieła!

Zaraz odkryjesz, jak łatwo jest narysować linię z użyciem biblioteki Pygame. W tym ćwiczeniu uwzględnimy również kliknięcia myszką, by rysowanie linii było dynamiczne, i umożliwić użytkownikowi wybór punktu początkowego i końcowego.

1. Utwórz nowy plik Pythona o nazwie *PygameLine.py*.
2. Dodaj kod pokazany poniżej, który używa wbudowanej metody do rysowania linii.

```
import pygame
from pygame.locals import * # Obsługa przycisków myszki

pygame.init()

screen_width = 1000
screen_height = 800
screen = pygame.display.set_mode((screen_width, screen_height))

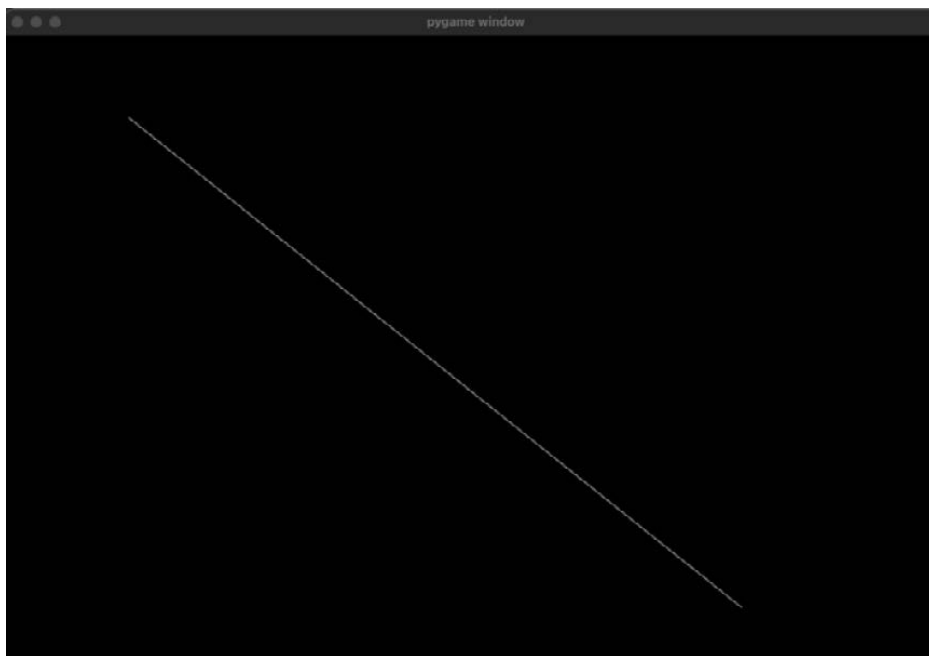
done = False
white = pygame.Color(255, 255, 255)
times_clicked = 0

while not done:
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.QUIT:
            done = True
        elif event.type == MOUSEBUTTONDOWN:
            if times_clicked == 0:
                point1 = pygame.mouse.get_pos()
            else:
                point2 = pygame.mouse.get_pos()
                times_clicked += 1
                if times_clicked > 1:
                    pygame.draw.line(screen, white, point1, point2, 1)
                    times_clicked = 0
    pygame.display.update()
pygame.quit()
```

Wskazówka techniczna

W Pythonie linię komentarza rozpoczyna znak #.

Ten kod do zapisywania liczby kliknięć myszką używa zmiennej o nazwie `times_clicked`. Te kliknięcia wywołują zdarzenie `MOUSEBUTTONDOWN`. Za każdym razem, gdy przycisk myszy zostanie zwolniony, zapisywany jest punkt. Po dwóch kliknięciach uzyskamy dwa punkty, które będą stanowić dwa końce linii, w tym przykładzie linii koloru białego o grubości 1 piksela, tak jak pokazano na rysunku 2.4.



Rysunek 2.4. Prosta linia narysowana za pomocą Pygame

Uwaga

Więcej informacji o metodzie `pygame.draw` znajdziesz w dokumentacji biblioteki Pygame na stronie <https://www.pygame.org/docs/ref/draw.html> (strona w języku angielskim).

Jak już wiesz, Pygame bardzo ułatwia rysowanie linii w określonym kolorze między dwoma punktami.

Pygame ułatwia również tworzenie graficznych efektów tekstowych, o czym zaraz się przekonasz.

Tekst

Bardzo rzadko spotyka się graficzny interfejs użytkownika bez tekstu. W przeszłości wyświetlacze działały w dwóch trybach, trybie tekstowym i graficznym. Jeśli miałeś okazję używać oryginalnych wersji systemu DOS lub Unix, to pracowałeś w trybie tekstowym. To znaczy, że nie było możliwości rysowania na ekranie (oprócz pisania tekstu), a co za tym idzie, nie można było umieszczać tekstu na przyciskach, tekst nie mógł być wyświetlany do góry nogami ani bokiem, a sam wygląd liter był ograniczony.

Najbardziej wymyślne obrazki wyświetlane na ekranie były rysowane za pomocą tekstu, tak jak ta ryba:

```

| \ \ \ \ \ \ o
| \ \ / \ o \ o
> _ (( < _ oo
| / \ _ + _ /
| / | /

```

Tego typu obrazy nazywamy sztuką znaków ASCII (ang. *ASCII art*), a więcej przykładów znajdziesz na stronie <https://www.asciart.eu>. Swoją początek miały w latach 70. i 80. (ubiegłego wieku) w usłudze komputerowej BBS (ang. *bulletin board system*), ale popularność zyskały, gdy monitory komputerowe i karty graficzne stały się bardziej zaawansowane i pojawiły się interfejsy użytkowników. Ludzie wciąż używają rysunków utworzonych ze znaków ASCII na przykład w czacie gier online, w mailach i na forach internetowych.

Obecnie to tekst jest rysowany na ekranach, czyli jest oparty na grafice, i dlatego możemy zmieniać jego różne atrybuty, między innymi krój czcionki, kolor, rozmiar, odstęp między wyrazami i kierunek.

Krój pisma, częściej nazywany po prostu **czcionką**, to szczególny zestaw znaków w takim samym stylu. Najbardziej znane czcionki to Arial, Verdana oraz Times New Roman. Są dwie kategorie czcionek: **szeryfowa** (ang. *serif*) i **bezseryfowa** (ang. *sans serif*). Szeryf to ozdobna linia upiększająca czcionkę. Innymi słowy, to małe linie na końcach linii znaku, tak jak pokazano na rysunku 2.5.



Rysunek 2.5. Czcionka szeryfowa i bezszeryfowa

Choć na wyświetlaczach graficznych można używać czcionek szeryfowych, czcionki bezszeryfowe są łatwiejsze do odczytania.

Ten kod pokazuje, jak rysować tekst z użyciem biblioteki Pygame (a efekt jego działania jest pokazany na rysunku 2.6):

```

import pygame

pygame.init()
screen_width = 800

```

```
screen_height = 200
screen = pygame.display.set_mode((screen_width, screen_height))

done = False
white = pygame.Color(255, 255, 255)

pygame.font.init()
font = pygame.font.SysFont('Comic Sans MS', 120, False, True)

text = font.render('Penny de Byl', False, white)
while not done:
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.QUIT:
            done = True
    screen.blit(text, (10, 10))
    pygame.display.update()
pygame.quit()
```



Rysunek 2.6. Biblioteka Pygame użyta do narysowania tekstu

Najpierw metoda `pygame.font.init()` inicjalizuje czcionki. Tę metodę trzeba wywołać tylko raz w całym programie. Potem ustawiany jest krój czcionki, w tym przypadku Comic Sans MS.

Aby w konsoli wylistować wszystkie czcionki systemowe, możesz użyć tego kodu:

```
print(pygame.font.get_fonts())
```

Następnie metoda `font.render` przygotowuje tekst w określonej czcionce. Parametry po łańcuchu znaków to wartości logiczne (prawda, fałsz) dla wygładzania krawędzi i koloru. Na tym etapie tekst nie jest wyświetlany, ale tylko konfigurowany.

W środku pętli `while` znajdziesz wywołanie metody `screen.blit`. Ta metoda umieszcza tekst na ekranie w podanym miejscu (x, y).

Być może się zastanawiasz, dlaczego tekst wymaga metody `screen.blit`, a rysowanie linii nie. Ta metoda służy do utworzenia powierzchni rysowania nad już istniejącą. W tym przypadku możesz postrzegać powierzchnię do rysowania jako obraz z przezroczystością. Tekst jest rysowany na obrazie z użyciem metody `font.render` i zapisany w zmiennej `text`. Zatem jest przechowywany w pamięci. Metoda `screen.blit` kopiuje piksel po pikselu tekst do okna wyświetlania, łącząc kolory w tekście z tym, co już jest na ekranie. Zobaczysz więcej zastosowań metody `screen.blit`, gdy zaczniemy wgrzywać zewnętrzne obrazy.

Aby móc użyć niestandardowej czcionki z biblioteką Pygame, potrzebujesz pliku z definicją czcionki. Rozszerzenie takich plików to *.ttf* (ang. *TrueType font*). Możesz stworzyć własną czcionkę za pomocą odpowiedniego programu, jednak na potrzeby następnego ćwiczenia możesz pobrać darmową czcionkę z internetu.

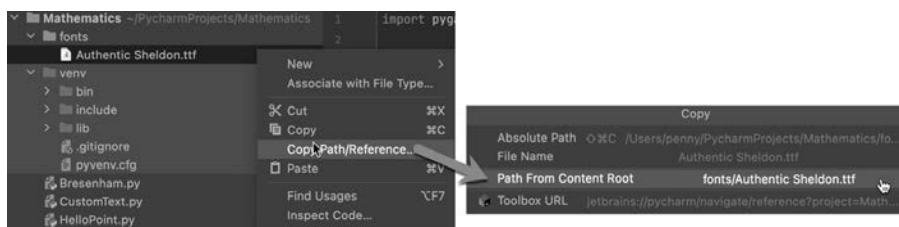
Do dzieła!

W tym ćwiczeniu nauczysz się, jak użyć pobranej czcionki z biblioteką Pygame, by wyświetlić tekst w oknie graficznym.

1. Wejdź na stronę <https://www.dafont.com/> i pobierz plik *.ttf*.
2. Przeciągnij plik z definicją czcionki (trzymając jednocześnie klawisz *Ctrl*) do okna z projektem w PyCharm. Edytor może Cię zapytać, czy chcesz zrefaktoryzować kod — wyraż na to zgodę.
3. Utwórz nowy plik Pythona o nazwie *CustomText.py* i umieść w nim kod z poprzedniego ćwiczenia.
4. Zastąp linie zaczynającą się od `font =` tą linią:

```
font = pygame.font.Font('fonts/Authentic Sheldon.ttf', 120)
```

W tej linii łańcuch znaków to nazwa pliku z czcionką, którą pobrałeś. Pamiętaj, że w oknie projektu możesz utworzyć nowy folder i tam umieszczać pliki z czcionkami, by zachować porządek. Aby uzyskać ścieżkę do pliku z czcionką, gdziekolwiek będzie się znajdowała, kliknij prawym przyciskiem myszy nazwę pliku i skopiuj jej ścieżkę względną (przez wybranie *Path from Content Root*), tak jak widać na rysunku 2.7.



Rysunek 2.7. Sposób uzyskania ścieżki i nazwy pliku w edytorze PyCharm

5. Teraz wystarczy nacisnąć przycisk *Play*, by zobaczyć rezultat, widoczny również na rysunku 2.8.

Teraz już potrafisz wyświetlać tekst w oknie z użyciem dowolnej czcionki. W aplikacjach graficznych tekst jest powszechnie używany w interfejsach użytkownika. Następne wyzwanie ma na celu pomóc Ci jeszcze lepiej zrozumieć zastosowanie czcionki.



Rysunek 2.8. Zmiana kroju czcionki z użyciem biblioteki Pygame i pliku .ttf

Twoja kolej!

Ćwiczenie C

Znajdź inny plik z definicją czcionki (w formacie .ttf). Użyj go, by wyświetlić drugą linię tekstu, pod tą już zakodowaną.

Uwaga

Jeśli jesteś ciekawy, jak od podstaw stworzyć własną czcionkę, sprawdź edytor czcionek online na stronie <https://fontstruct.com/>.

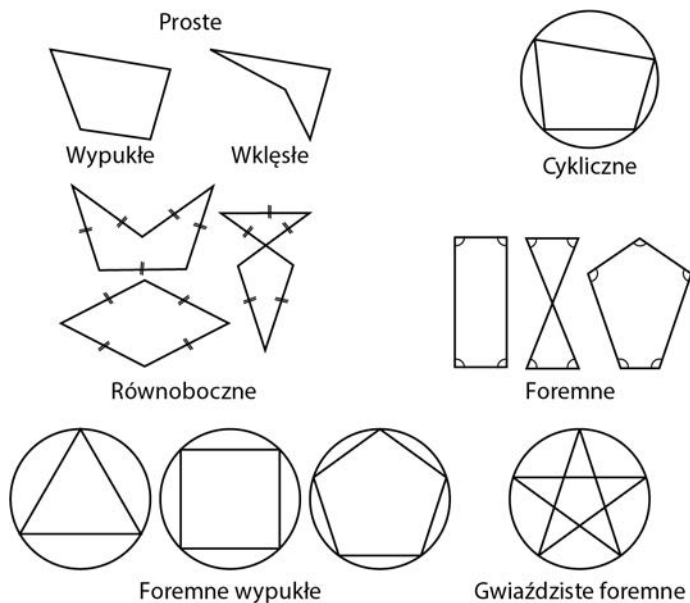
Jak możesz sobie wyobrazić, matematyka związana z rysowaniem czcionek jest dość skomplikowana. Litery mogą być rysowane za pomocą szeregu krzywych, a dokładniej mówiąc — **krzywych Béziera**, które omówimy w części III, „Podstawy geometrii”. Ale na razie ograniczamy naszą dyskusję do elementów graficznych złożonych z linii prostych oraz wieloboków, którym przyjrzymy się w następnym podrozdziale.

Wieloboki

Wielobok jest płaskim kształtem określonym za pomocą kilku prostych linii połączonych ze sobą tak, że tworzą pole. Wielobok o najmniejszej liczbie boków to trójkąt. Poszczególne wieloboki (inaczej zwane wielokątami) biorą swoją nazwę od liczby boków. I tak wielokąt o trzech bokach to trójkąt, a o czterech — czworokąt (na przykład prostokąt lub kwadrat). Linie proste ograniczające wieloboki to krawędzie. Punkty, w których krawędzie się łączą, nazywamy wierzchołkami.

Wieloboki są klasyfikowane według ich kształtów, tak jak pokazano na rysunku 2.9.

Zarówno w grafice dwuwymiarowej, jak i trójwymiarowej większość obiektów składa się z wieloboków, od kwadratu przedstawiającego przycisk na ekranie do tysięcy trójkątów, z których złożony jest model 3D. Dlatego tak ważne jest, abyś dobrze rozumiał, czym są, jak je tworzyć i jak je zmieniać.



Rysunek 2.9. Rodzaje wieloboków

(źródło: https://en.wikipedia.org/wiki/Polygon#/media/File:Polygon_types.svg)

Oto kilka ciekawych i przydatnych faktów o wielobokach:

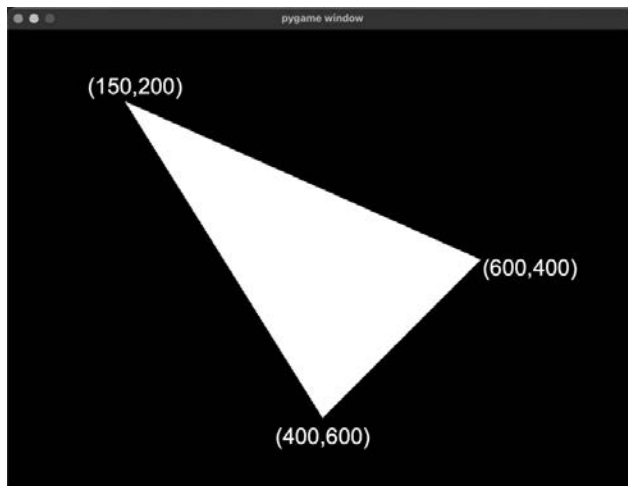
- Suma kątów wieloboku wypukłego wynosi 180 stopni lub więcej, na przykład każdy kąt w trójkącie równobocznym ma 60 stopni.
- Wypukły wielobok foremny ma wszystkie krawędzie tej samej długości i wpisuje się w okrąg.
- Suma kątów wewnętrznych prostego wieloboku o n krawędziach wynosi $(n - 2) \cdot 180$ stopni.
- Suma kątów zewnętrznych prostego wieloboku o n krawędziach zawsze wynosi 360 stopni.

Więcej przydatnych faktów znajdziesz w Wikipedii (<https://pl.wikipedia.org/wiki/Wielokąt>). W tej książce będziemy analizować wielokąty i ich geometrię, gdy zacniemy tworzyć grę i grafikę, jednak zobaczymy krótko, jak z nimi pracować w bibliotece Pygame.

Do dzieła!

Jedyna różnica między rysowaniem linii a rysowaniem wieloboku z użyciem Pygame polega na dodaniu więcej niż dwóch punktów określających wierzchołki kształtu. Spróbuj sam.

1. Utwórz nowy plik Pythona o nazwie *Polygons.py* i dodaj kod początkowy tworzący okno graficzne.
2. Zdefiniuj zmienną dla koloru białego przed pętlą `while`.
`white = pygame.Color(255, 255, 255)`
3. W środku pętli `while`, zaraz nad definicją metody `update()`, zacznij linię kodu od `pygame.draw`. Pomoc w edytorze PyCharm pokaże Ci listę kształtów, które możesz narysować, a wśród nich będzie wielobok (*polygon*).
4. Teraz tak uzupełnij tę oto linię:
`pygame.draw.polygon(screen, white, ((150,200), (600,400), (400,600)))`
Zwróć szczególną uwagę na to, gdzie znajdują się nawiasy. Każda para współrzędnych x i y jest umieszczona w nawiasach, także wszystkie trzy pary znajdują się w nawiasach. Należy przekazać trzy pary współrzędnych do metody `polygon()`.
5. Uruchom program. Zobaczysz trójkąt taki sam jak na rysunku 2.10.



Rysunek 2.10. Rysunek wieloboku z oznaczonymi współrzędnymi wierzchołków

Parametry wymagane w celu narysowania kształtu to powierzchnia, na której ma być narysowany wielokąt, kolor wielokąta i w końcu lista wierzchołków.

Twoja kolej!

Ćwiczenie D

Zamiast kodować na sztywno wierzchołki wieloboku, utwórz program, który umożliwi wskazanie trzech wierzchołków trójkąta przez kliknięcie myszką (podobnie jak to miało miejsce w przypadku linii).

Bez względu na to, czy są to linie czy wieloboki, na ekranie to po prostu piksele. W przypadku tych elementów, istnieje matematyczna struktura określająca, w jaki sposób piksele są kolorowane. Następny element graficzny, który będziemy omawiać, już jest przedstawiony za pomocą pikseli. Obrazy rastrowe są szczególnie przydatne, gdy matematyka nie wystarczy. Na przykład gdy chcesz użyć prawdziwych zdjęć, umieszczać teksturę na obiektach 3D i przedstawiać obrazy tła.

Obrazy rastrowe

Ostatnim elementem graficznym omawianym w tym rozdziale są obrazy rastrowe. To standardowe rodzaje obrazów używane w komputerach, zapisywane w plikach *.png* lub *.jpg*. Są to siatki pikseli, gdzie po przybliżeniu obrazu możesz zobaczyć każdy piksel, co pokazano na rysunku 2.11.



Rysunek 2.11. Obraz rastrowy psa i zbliżenie na część oka, gdzie widać pojedyncze piksele

Gdyby obraz miał wysoką rozdzielczość, nie byłbyś w stanie dostrzec każdego piksela.

Jak już wspominałam przy okazji tworzenia tekstu, w bibliotece Pygame obrazy mogą być rysowane na powierzchniach, które nie są widoczne na głównym ekranie, dopóki to nie będzie konieczne. To dotyczy również obrazów rastrowych.

Obrazy rastrowe najpierw są wczytywane do pamięci, a następnie za pomocą metody `screen.blit` możesz je umieszczać na wyświetlaczu bez końca, w różnych miejscach. Wybrany przez Ciebie obraz może zawierać przeźroczystość. To bardzo przydatne, gdyż dzięki temu możesz narysować sprite'a na istniejącym już tle.

Blitting jest techniką powszechnie stosowaną w grafice i w połączeniu z działaniami logicznymi służy do umieszczania jednego obrazu na drugim przez porównywanie pikseli. Dokładniejsze wyjaśnienie tej techniki znajdziesz na stronie https://en.wikipedia.org/wiki/Bit_blit (strona w języku angielskim). W następnym ćwiczeniu wykorzystamy tę technikę, by umieścić obraz tła, a na nim sprite'a.

Do dzieła!

W tym ćwiczeniu będziemy pracować z obrazem tła, który wypełni całe okno, oraz z obrazem dla sprite'a. W tym celu wykonaj te kroki:

1. Utwórz nowy plik Pythona o nazwie *ShowRaster.py* i dodaj nasz standardowy początkowy kod.
2. Poszukaj w internecie obrazu, który mógłby stanowić tło i wypełnić całe okno. Nieważne, jaki rozmiar wybierzesz, możesz dostosować do niego rozmiar okna, żeby obraz dokładnie się wpasował.
3. Przeciągnij plik z obrazem do edytora PyCharm. Zrób to w ten sam sposób, w jaki zrobiłeś to w przypadku pliku z czcionką (to znaczy przytrzymaj klawisz *Ctrl*, by upewnić się, że plik się skopiował). Jeśli chcesz, możesz także utworzyć osobny folder o nazwie *images*, gdzie będziesz umieszczać obrazy.
4. Teraz do kodu dodaj poniżej pokazany kod wczytujący i wyświetlający obraz.

```
import pygame

pygame.init()
screen_width = 800
screen_height = 400
screen = pygame.display.set_mode((screen_width, screen_height))

# Dodaj tytuł do okna.
pygame.display.set_caption("Piękny zachód słońca")
done = False

# Wczytaj obraz tła.
background = pygame.image.load("images/background.png")
while not done:
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.QUIT:
            done = True
    screen.blit(background, (0, 0))
    pygame.display.update()
pygame.quit()
```

Na początku ustawiłam rozmiar okna na taki sam jak rozmiar obrazu, który wybrałam, czyli 800 na 400. Potem dodałam metodę `set_caption`, by Ci pokazać, jak zmienić tytuł okna. Sam obraz, o nazwie *background*, jest wczytywany za pomocą metody `pygame.image.load`. Zwróć uwagę, że ta metoda pobiera łańcuch znaków będący ścieżką do obrazu.

Ścieżkę możesz uzyskać w ten sam sposób, w jaki kopiowaliśmy ścieżkę dla pliku *.ttf*. Wczytywanie obrazu odbywa się poza pętlą *while*, gdyż jest to jednorazowa akcja. Obraz tła jest następnie nakładany na ekran techniką *blitting*, a jego lewy górny róg znajduje się w punkcie (0,0). Rysunek 2.12 (a) przedstawia obraz użyty jako tło okna.



Rysunek 2.12. Obraz tła (a) ze sprite'em (b)

5. Teraz na tło nałożymy inny obraz, w części przezroczysty. Do tego celu potrzebujesz obrazu w formacie *.png*, taki który mógłby być obrazem dla postaci z gry 2D. Tego typu obrazy znajdziesz na stronie <https://www.iconarchive.com/>. Pobierz ten, który Ci się podoba i ma rozdzielczość 64×64, i zaimportuj go do edytora PyCharm.
6. Proces dodawania pliku *.png* do okna graficznego jest taki sam jak w przypadku dodawania obrazu tła. Najpierw obraz jest umieszczany w zmiennej poza pętlą *while*, a następnie nakładany na powierzchnię. Umieszczenie kodu dla nowego obrazu za kodem dla obrazu tła da nam pewność, że drugi obraz będzie znajdował się na wierzchu, co widać na rysunku 2.12 (b). We fragmencie tego kodu nowe linie zostały pogrubione.

```
background = pygame.image.load('images/background.png')
sprite = pygame.image.load('images/Bird-blue-icon.png')
while not done:
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.QUIT:
            done = True
    screen.blit(background, (0, 0))
    screen.blit(sprite, (100, 100))
    pygame.display.update()
pygame.quit()
```

Metoda `load()` wczytuje `sprite'a` do pamięci, gdzie nazwa `sprite'a` to faktyczny obraz. Teraz musi być tylko narysowany w oknie. To osiągniemy za pomocą metody `blit()`.

Pomimo całej sprytniej matematyki, którą przez lata opracowywali informatycy, często jakość obrazu jest lepsza, a jego złożoność jest lepiej przedstawiana, gdy ma on postać obrazu rastrowego. Jest wiele algorytmów — kilka z nich odkryjesz w tej książce — służących do generowania dość przekonujących obrazów. Ale czasami te algorytmy nie stanowią dobrej alternatywy dla rzeczywistych obrazów.

Podsumowanie

Omówiliśmy podstawowe aspekty grafiki komputerowej. Dzięki temu na ekranie można narysować wszystko. Choć przykłady w tym rozdziale dotyczyły wyłącznie dwóch wymiarów, te same zasady dotyczą grafiki 3D, o czym przekonasz się w dalszej części niniejszej książki. Teraz masz wystarczające umiejętności, by stworzyć własne proste projekty graficzne 2D, które łączą w sobie obrazy i czcionki, a ponadto reagują na kliknięcia myszką.

W rozdziale 3, „Kreślenie linii piksel po pikselu”, zajrzemy pod maskę wysokopoziomowych metod rysowania, które poznałeś w tym rozdziale. Przeanalizujemy krok po kroku algorytm, który jest używany od zarania grafiki komputerowej, by zobaczyć, jak pojedyncze piksele powinny być kolorowane podczas rysowania linii.

Odpowiedzi

Ćwiczenie A

```
screen.set_at((x, y), pygame.Color(0, int(x/1000 * 255), int(y/800 * 255)))
```

Ćwiczenie B

```
y = 8x + 0.5
```

Ćwiczenie C

Dla kolejnej linii tekstu wyświetlanego inną czcionką musisz zadeklarować dwie czcionki i dwa teksty:

```
font1 = pygame.font.Font('fonts/Authentic Sheldon.ttf', 120)
font2 = pygame.font.Font('fonts/PinkChicken-Regular.ttf', 120)
text1 = font1.render('Penny de Byl', False, white)
text2 = font2.render('Kolejna linia tekstu', False, white)
```

a następnie w pętli `while` nałożyć na okno oba teksty.

```
screen.blit(text1, (10, 10))
screen.blit(text2, (10, 100))
```

Ćwiczenie D

```
import pygame
from pygame.locals import *

pygame.init()
screen_width = 800
screen_height = 800
screen = pygame.display.set_mode((screen_width, screen_height))
```

```
pygame.display.set_caption('Wyklikany trójkąt')
done = False
white = pygame.Color(255, 255, 255)
timesClicked = 0
pygame.font.init()

while not done:
    for event in pygame.event.get():
        if event.type == pygame.QUIT:
            done = True
        elif event.type == MOUSEBUTTONDOWN:
            if timesClicked == 0:
                point1 = pygame.mouse.get_pos()
            elif timesClicked == 1:
                point2 = pygame.mouse.get_pos()
            else:
                point3 = pygame.mouse.get_pos()
            timesClicked += 1
            if timesClicked > 2:
                pygame.draw.polygon(screen, white, (point1, point2, point3))
                timesClicked = 0

    pygame.display.update()
pygame.quit()
```

Skorowidz

A

aktualizowanie obiektów, 115
albedo, 369
algorytm Bresenhama, 62–65
API, application programming interface, 77
Autodesk Maya LT, 159, 204

B

biblioteka
 OpenGL, 76
 Pygame, 26, 49
billboard, 206
blitting, 55
BRDF, bidirectional reflectance distribution
 function, 365
bryła widoku, 84

C

centroid, 200
cieniowanie, 322
 fragmentu, 322, 323
 geometryczne, 322, 323
 wierzchołkowe, 322, 323
cosinus, 156
czas, 120, 186
czcionka, 48
częstotliwość klatek, 120

E

edytor PyCharm, 26
efekt Fresnela, 367
efekty oświetlenia, 99

F

FOV, field of view, 85
FPS, frames per second, 120
funkcja BRDF, 365, 369

G

graficzny interfejs użytkownika, GUI, 131
gry
 aktualizowanie obiektów, 115
 pętla główna, 113
 rysowanie obiektów, 115

I

iloczyn
 skalarny, 178
 wektorowy, 179
interfejs programistyczny aplikacji, API, 77

J

język GLSL, 332
funkcje cieniowania, 359

K

kamera, 83
 obliczanie pochylenia, 295
 obrót, 290
 odchylanie, 285, 290
 pochylenie, 290
 poprawa sterowania, 292
 ruch, 274, 285
kąty
 Eulera, 231, 291, 299
 między wektorami, 177
 stałe, 299
klasa
 DisplayNormals, 201
 LoadMesh, 213
 Transform, 139, 227
klawiatura
 dodawanie poleceń, 139
kolor, 41
kolorowanie, 342, 345, 351
kolory wierzchołków, 342, 345
komponent obiektu, 115
krawędzie, 73
kwaterniony, 291, 298
 jednostkowe, 308
 postać znormalizowana, 309

L

liczby zespolone, 302
 linia, 44, 59, 184, 185
 linie normalne, 190
 odrzucając wieloboków, 207
 odwrócone, 204
 siatki, 200
 światło odbite, 214

Ł

łączenie widoku 2D z 3D, 129

M

macierz, 241
 jednostkowa, 245
 kwadratowa, 246
 ModelView, 258
 MVP, 264
 obrotu, 251, 253, 270
 odwrotna, 245
 projekcji, 274, 276
 przesunięcia, 250, 252
 skalowania, 250, 253
 widoku, 271
 widoku modelu, 265
 wykonująca odchylenie, 282
 wykonująca pochylenie, 282
 wykonująca przechylenie, 282
 macierze
 dodawanie, 243
 dzielenie, 245
 mnożenie, 243, 254, 259
 obliczanie odwrotności, 247
 obliczanie wyznacznika, 246
 odejmowanie, 243
 mapowanie tekstury, 105
 materiał, 104, 327
 mipmapping, 108
 model, 80
 cieniowania, 100
 Cooka-Torrance'a, 366
 efekt Fresnela, 367
 funkcje rozkładu, 366
 współczynnik tłumienia geometrycznego, 368
 Lamberta, 365
 oświetlenia Phong, 357
 triangulacyjny, 159
 modele oświetlenia PBR, 365, 369
 MVP, model-view-projection, 264

myszka, 124
 przekształcanie pozycji, 134
 rysowanie, 126, 128
 zdarzenia, 124

N

nakładanie tekstury, 350, 351
 NDC, normalized device coordinates, 86
 normalizacja, 310
 kwaternionu, 310
 wektora, 311
 normalna, 190, 200

O

obiekt
 3D, 129
 gry, 115
 tablicy wierzchołków, VAO, 335
 obracanie punktów, 230
 obraz rastrowy, 54
 obroty
 w przestrzeni 3D, 301
 w przestrzeni 2D, 300
 wokół dowolnej osi, 299
 z użyciem kątów Eulera, 315
 z użyciem kwaternionu, 308, 315
 z użyciem liczb zespolonych, 303
 zredukowane do 2D, 301
 odbicia światła, 362
 dwukierunkowe, 365
 lustrzane, 100
 rozpraszanie dyfuzyjne, 100
 odbijanie punktów, 238
 odchylenie, 231, 282
 odcinek, 184, 185
 odrzucanie, culling, 207
 ścian tylnych, backface culling, 210
 wieloboków, 207
 odświeżanie, 112
 okluzja otoczenia, 369
 okno graficzne, 28
 okrąg, 69
 OpenGL, 76
 łączenie środowiska 2D z 3D, 129
 potok graficzny, 78
 Shader Language, 332
 stos macierzy, 264
 systemy współrzędnych, 87
 umieszczanie tekstur, 105
 włączanie światła, 101

P

PBR, physically based rendering, 360, 361

pętla główna gry, 114

pochylenie punktów, 237

pochylenie, 231, 282

pole widzenia, FOV, 85

poziome, 275

potok

graficzny, 78, 264

niestandardowy renderingu, 341

renderingu, 322

problem blokowania osi obrotu, 237

procesor

CPU, 76

GPU, 76, 321

programowanie

na GPU, 325

shaderów OpenGL, 332

projekcja, 87, 90

perspektywiczna, 88

promień, 185

prosta normalna, 190, 200

przechylenie, 231, 282

przekształcenia afiniczne, 223

działania na macierzach, 249

kolejność przekształceń, 234

łączenie, 252

obracanie, 230

odbijanie, 237

pochylenie, 237

przesuwanie, 224, 250

skalowanie, 226

przestrzenie współrzędnych, 263

przestrzeń

barw, 41

kwaternionowa, 302, 304

przesuwanie punktów, 224, 250

PyCharm, 26

konfiguracja edytora, 26

tworzenie okna, 28

Pygame, 26, 49

PyOpenGL, 76

instalacja pakietu, 79

R

rasteryzacja, 333

refrakcja, 362

rendering, 101, 215, 319–322, 339

PBR, 360, 361

RGB, red, green, blue, 41

rozpraszanie dyfuzyjne, 100

równanie

dla skalowania, 227

okręgu, 69

prostej, 44, 184

parametryczne, 186

rysowanie

linii, 44

algorytm Bresenhama, 63

metoda prób i błędów, 60

najprostsze podejście, 67

piksel po pikselu, 64

modeli, 80

obiektów, 115

obiektów 3D, 76, 159

okręgów

algorytm, 71

piksel po pikselu, 69

prostokątów, 37

siatki

bez odrzucania, 213

kwadratu, 83

z odrzucaniem, 214

środowisk graficznych, 112

tekstu, 49

wieloboku, 52

za pomocą myszki, 126, 128

za pomocą shaderów, 338

S

scena, 83

scena 3D, 85

shader, 322, 339

fragmentu, 333

obliczeniowy, 324

oceny teselacji, 324

sterowania teselacją, 325

wierzchołka, 333

włączanie świateł, 353

siatka, 80, 286

nadawanie koloru i tekstury, 342

pikseli, 60

triangulacyjna, 159

użycie shadera PBR, 379

z efektami świetlnymi, 376

z wielokątów, 80

silnik gier, 77

sinus, 156

skala barw, 41

skalar, 243

- skalowanie
 - punktów, 226
 - sześcianu, 227, 229
 - sprite, 56
 - stos macierzy OpenGL, 264
 - system współrzędnych
 - Ortho2D, 134
 - Pygame, 134
 - sześcian, 95
 - animacja, 187
 - obracanie i oddalanie, 118
 - obracanie w miejscu, 119
 - oświetlony, 219
 - przekształcenia afiniczne, 223
 - przesuwanie, 140, 167, 170, 226
 - skalowanie, 227, 229
 - współrzędne wierzchołków, 225
 - z teksturą, 110
 - z wektorami normalnymi, 195
 - z włączonym światłem, 103
- Ś**
- światło
 - efekt Fresnela, 367
 - luminacja, 364
 - modele PBR, 361
 - odbicia, 362
 - odbicia dwukierunkowe, 365
 - prawo odwróconych kwadratów, 364
 - tłumienie, 364
 - odbite, 100, 215
 - otoczenia, 100, 214, 353
 - rozproszone, 100, 214, 354, 356
 - model Phong, 357
 - w shaderach, 353
- T**
- tangens, 156
 - tekst, 47
 - tekstura, 104, 350, 351
 - tło, 56
 - translacja, 223
 - trójkąty
 - obliczanie kątów, 155
 - podobne, 150
 - prostokątne, 153, 158
 - trygonometria, 147
 - twierdzenie
 - Eulera-Rodriguesa, 300
 - Pitagorasa, 153
 - tworzenie
 - folderu, 33
 - okna graficznego, 28
 - pliku, 29
- U**
- układ
 - kartezjański, 34
 - współrzędnych 3D, 87
- V**
- VAO, Vertex Array Object, 335
- W**
- wektory, 166, 185
 - długość, 175
 - dodawanie, 173
 - iloczyn skalarny, 178
 - iloczyn wektorowy, 179
 - między dwoma punktami, 170
 - obracanie, 177
 - skalowanie, 173
 - widok
 - 2D, 129, 133
 - 3D, 129, 133
 - perspektywiczny, 84, 85
 - perspektywiczny sześcianu, 95
 - prostopadły, 85
 - wieloboki, 51
 - odrzućanie, 207
 - określanie widoczności stron, 204
 - pokolorowane, 342
 - współczynnik
 - kierunkowy, 44
 - luminacji, 364
 - tłumienia geometrycznego, 368
 - załamania światła, 362
 - współrzędna jednorodna, 252
 - współrzędne
 - 3D, 87
 - Ortho2D, 134
 - projekcji, 134
 - Pygame, 134
 - wygładzanie krawędzi, 73
- Z**
- załamanie promieni świetlnych, 362
 - zasada prawej ręki, 87
 - zasada lewej ręki, 87
 - znormalizowane współrzędne urządzenia,
 - NDC, 86, 90, 92, 274

PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —



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

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!

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

GRUPA
Helion 

Matematyka: najlepszy sprzymierzeniec programisty i grafika!

Matematyka jest niezbędna do zrozumienia reguł rządzących tworzeniem grafiki komputerowej w czasie rzeczywistym, a także zasad manipulowania obiektami i środowiskami 3D. Idealnym narzędziem ułatwiającym uchwycenie tych zależności jest język Python wraz z bibliotekami Pygame i PyOpenGL. Dzięki nim łatwo zrozumiesz, w jaki sposób komputery tworzą i wprowadzają zmiany w środowiskach trójwymiarowych.

Ta książka wyjaśni Ci rolę matematyki w tworzeniu, renderowaniu i zmienianiu wirtualnych środowisk 3D, a ponadto pozwoli odkryć tajemnice najpopularniejszych dzisiaj silników gier. Za sprawą licznych praktycznych ćwiczeń zorientujesz się, co się kryje za rysowaniem linii i kształtów graficznych, stosowaniem wektorów i wierzchołków, budowaniem i renderowaniem siatek, jak również przekształcaniem wierzchołków. Nauczysz się używać kodu Pythona, a także bibliotek Pygame i PyOpenGL do budowy własnych silników. Dowiesz się też, jak tworzyć przydatne API i korzystać z nich podczas pisania własnych aplikacji.

W książce między innymi:

- praca w Pythonie z edytorem PyCharm, bibliotekami Pygame i PyOpenGL
- polecenia rysowania z różnych graficznych API
- najważniejsze zagadnienia trygonometrii w odniesieniu do środowisk 3D
- wektory i matryce w przenoszeniu, ustawianiu kierunku i skalowaniu obiektów 3D
- renderowanie obiektów 3D z teksturami, kolorami, cieniami i oświetleniem
- przekształcanie wierzchołków w celu przyspieszenia renderowania opartego na GPU

Dr Penny de Byl jest programistką full stack. Od ponad 25 lat wykłada grafikę i programowanie gier na uniwersytetach w Australii i Europie. Jest autorką książki *Holistic Game Development with Unity* i laureatką licznych nagród, w tym Australian Government Excellence in Teaching Award i Unity Mobile Game Curriculum Competition.

 Helion	KOD KORZYŚCI Sięgnij po więcej! ▶	
 helion.pl	ISBN 978-83-289-0879-6	
 HELION SA ul. Kościuszki 1c 44-100 Gliwice tel.: 32 230 98 63 helion@helion.pl	 9 788328 908796	
Cena: 89,00 zł		

<packt>