

Odnieś sukces na rynku gier!



Profesjonalne tworzenie gier internetowych dla systemu Android w językach HTML5, CSS3 i JavaScript

Juriy Bura • Paul Coates



Apress®



Tytuł oryginału: Pro Android Web Game Apps: Using HTML5, CSS3 and JavaScript

Tłumaczenie: Krzysztof Rychlicki-Kicior

ISBN: 978-83-246-7401-5

Original edition copyright © 2012 by Juriy Bura and Paul Coates.

All rights reserved.

Polish edition copyright © 2013 by HELION SA.

All rights reserved.

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

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

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

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

Wydawnictwo HELION

ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: helion@helion.pl

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

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

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

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Pliki z przykładami omawianymi w książce można znaleźć pod adresem:

<ftp://ftp.helion.pl/przyklady/prtwgi.zip>

Printed in Poland.

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

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

Spis treści

	O autorach	13
	Podziękowania	15
	Wprowadzenie	17
Część I	Światy dwuwymiarowe	
Rozdział 1.	Zaczynamy	23
	Narzędzia	24
	Co jest nam potrzebne?	24
	Java Development Kit	27
	Zintegrowane środowisko programistyczne	27
	Serwer stron internetowych (WWW)	33
	SDK systemu Android i emulator	34
	Techniki	38
	Kod	38
	Programowanie zorientowane obiektowo	43
	Słowo o przeglądarkach mobilnych	51
	Podsumowanie	51
Rozdział 2.	Grafika w przeglądarce — płótno	53
	Gry od podszewki	53
	Rysowanie wewnątrz przeglądarki	55
	Podstawowe ustawienia strony HTML	55
	Czym jest płótno?	56
	Kontekst	57
	Układ współrzędnych	58

Rysowanie kształtów	61
Prostokąty	62
Ścieżki	63
Podścieżki	71
Kontury i wypełnienia	72
Kolory jednolite	73
Gradienty	73
Wzorce	77
Stan kontekstu a przekształcenia	79
Przesunięcie	80
Skalowanie	81
Obrót	82
Grupowanie transformacji	82
Stan kontekstu	84
Przekształcenia kontekstu w praktyce	85
Widok przykładowego projektu — efekt końcowy	86
Podsumowanie	89
Rozdział 3. Tworzymy pierwszą grę!	91
Szkielet gry HTML5	92
Podstawowy szkielet	92
Wymuszanie orientacji	96
Architektura gry	98
Tworzymy grę	99
Renderowanie planszy	100
Stan i logika gry	105
Scalanie komponentów — klasa Game	110
Dodanie gry do szkieletu HTML	113
Podsumowanie	115
Rozdział 4. Animacje i sprite'y	117
Sprite'y	118
Wczytywanie obrazków	119
Rysowanie obrazka	129
Arkusze sprite'ów	133
Podstawy animacji	136
Najprostsza animacja	136
Wątki a JavaScript	137
Timery	138
Poprawianie jakości animacji	141
Podsumowanie	153
Rozdział 5. Obsługa zdarzeń i zachowań użytkownika	155
Zdarzenia w przeglądarce	156
Przeglądarka stacjonarna a wejście przeglądarki systemu Android	156
Stosowanie zdarzeń do przechwytywania wejścia użytkownika	157

Co jeszcze kryje się za zdarzeniami?	160
Sposób obsługi różnic pomiędzy interfejsami dotykowymi a myszą	162
Własne zdarzenia	165
Generatory i funkcje nasłuchujące własnych zdarzeń	166
EventEmitter — klasa bazowa	166
Zdarzenia a wywołania zwrotne	169
Własne zdarzenia	170
Implementacja klasy InputHandlerBase	173
Tworzymy klasę MouseInputHandler	176
Tworzymy klasę TouchInputHandler	178
Zaawansowane operacje wejściowe	179
Przeciągnij i upuść	179
Doskonałe wybieranie a maski obrazków	181
Złożone operacje	182
Symulowanie dżojstika	185
Podsumowanie	188
Rozdział 6. Renderowanie wirtualnych światów	189
Mapy z kafelków	189
Zasada działania map kafelkowych	190
Implementacja mapy kafelków	191
Mierzymy FPS	196
Optymalizacja wydajności renderowania	198
Rysuj tylko to, co potrzebne	198
Bufor pozaekranowy	200
Przechowywanie okolic obszaru widoku w pamięci	203
Obiekty świata gry	206
Układy współrzędnych	206
Implementacja klasy WorldObjectRenderer	208
Porządek sortowania	211
Optymalizacje	213
Widok izometryczny	214
Podsumowanie	217
Rozdział 7. Tworzymy silnik izometryczny	219
Konfiguracja	220
Plan	221
Przygotowanie przestrzeni roboczej	222
Podstawowy kod	222
Przydatne mechanizmy	225
Teren izometryczny	231
Układy współrzędnych	231
Renderowanie kafelków	232
Implementowanie klasy IsometricTileLayer	237

Renderowanie obiektów	244
Implementacja klastrów obiektów	248
Pamięć podręczna obiektów	250
Obsługa ruchu	253
Obiekty złożone	255
Warstwa obiektów — kolejne czynności	257
Brudne prostokąty	257
Jak to działa?	258
Implementacja	259
Integracja z warstwami	263
Oznaczanie brudnych prostokątów	266
Interfejs użytkownika a menedżer warstw	268
Menedżer warstw	268
Interfejs użytkownika	271
Interakcja	274
Propagowanie i obsługa zdarzeń	275
Zatrzymywanie propagowania zdarzeń	278
Podsumowanie	279

Część II Światy trójwymiarowe

Rozdział 8. 3D w przeglądarce	281
Renderowanie 3D — wprowadzenie	282
Jak działa renderowanie 3D?	283
Przekształcenia matematyczne	283
Przykład w trójwymiarze	283
Uproszczony silnik 3D	285
Model i scena	286
Renderowanie	287
Podsumowanie	299
Rozdział 9. WebGL	301
Podstawy WebGL	302
Inicjalizacja WebGL	302
Geometrie	304
Potok renderowania OpenGL ES 2.0	305
Stosowanie buforów	307
Shadery i GLSL	308
Prosty przykład — renderujemy sześcian	313
Zastosowanie shaderów na stronie internetowej	313
Renderowanie aplikacji typu Witaj, świecie!	315
Eksplorowanie świata WebGL	319
Kolor	319
Tekstury	324
Ładowanie modeli	327
Podsumowanie	330

Część III Łączenie światów

Rozdział 10. Pora na serwer	331
Podstawy Node.js	332
Wprowadzamy bibliotekę Node.js	332
Jak programować w Node.js?	333
Instalacja Node.js	335
Debugowanie skryptów Node.js	336
Pisanie skryptów w Node.js	337
Wyjątki a stos wywołań	338
Globalna przestrzeń nazw a moduły Node	338
Tworzymy pierwszy moduł	341
Wykrywanie modułów	344
Stosowanie NPM	345
Node.js w praktyce — tworzymy serwer dla gry	347
Frameworki do tworzenia aplikacji webowych w Node	347
Najpierw podstawy	348
Renderowanie stron internetowych	351
Parsowanie wejścia użytkownika	355
Stosowanie sesji	357
Warstwa pośrednia	358
Zachowanie porządku	360
Zgłaszanie błędów	360
Obsługa dziennika zdarzeń	364
Konfiguracje serwera	366
Podsumowanie	368
Rozdział 11. Rozmawiamy z serwerem	369
Ewolucja komunikacji sieciowej w przeglądarkach	369
Konfiguracja serwera	371
XMLHttpRequest API do obsługi żądań HTTP	372
Obsługa żądania HTTP przy użyciu XHR	373
Obsługa błędów w XHR	374
XMLHttpRequest Level 2	375
Obsługa danych binarnych	376
Odwrotny Ajax	378
Problem	378
Rozwiązania	378
Najlepsze rozwiązania	379
Dopuszczalne rozwiązania	380
Przestarzałe rozwiązania	385
Testujemy transporty	386
DDMS	386
Symulowanie złych warunków sieci przy użyciu zewnętrznego oprogramowania	387
Podsumowanie	388

Rozdział 12. Tworzymy grę sieciową	389
Architektura gry sieciowej	389
Architektura gry — od jednego do wielu graczy	391
Struktura projektu	393
Lobby w grze przy użyciu Socket.IO	394
Komunikacja klient-serwer	395
Dodawanie ekranu lobby do gry	397
Dodawanie obsługi rozgrywki	402
Współdzielenie logiki pomiędzy klientem a serwerem	403
Warstwa serwerowa	404
Warstwa kliencka	408
Podsumowanie	414
Część IV Usprawnianie światów	
Rozdział 13. Sztuczna inteligencja w grach	415
Czy potrzebuję AI w mojej grze?	416
Wyszukiwanie ścieżek	416
Grafy	418
Czym jest graf?	418
Implementacja grafów w języku JavaScript	420
Algorytmy wyszukiwania ścieżek	424
Algorytm A*	424
Metody tworzenia grafu wyszukiwania ścieżek	430
Podjmowanie decyzji	432
Podsumowanie	435
Rozdział 14. Silniki gier w języku JavaScript	437
API graficzne, biblioteki i silniki gier	438
API graficzne	438
Biblioteki graficzne	439
Silniki gier	440
Crafty	441
System komponentów encji	441
Witaj, świecie! w Crafty	444
Tworzymy grę w Crafty	447
Ostateczna wersja	453
Podsumowanie	455
Rozdział 15. Tworzenie natywnych aplikacji	457
Aplikacje natywne	458
Konfiguracja Apache Cordova (PhoneGap)	459
Konfiguracja narzędzia Cordova	460
Konfiguracja Apache Ant	460

Budowanie aplikacji natywnej	461
Tworzenie pustego projektu dla systemu Android	461
Testowanie szkieletu aplikacji Android	462
Podstawowy projekt Cordova	463
Obsługa sieci	467
Ostatnie modyfikacje: nazwa, ikona i tryb pełnoekranowy	468
Stosowanie natywnych API	471
Przygotowanie do publikacji	473
Podpisywanie aplikacji	474
Publikowanie w serwisie Google Play	476
Aktualizacja aplikacji	479
Podsumowanie	481
Rozdział 16. Obsługa dźwięków	483
Dźwięki na stronach internetowych	484
Znacznik audio	484
Web Audio API	485
Dźwięk w domyślnej przeglądarce systemu Android	486
Stosowanie biblioteki SoundManager2	487
Wstępna konfiguracja	487
Odtwarzanie w pętli	489
Obsługa dźwięku w grze	490
Odtwarzanie dźwięków w aplikacjach Cordova	493
Doświadczenie użytkownika	493
Podsumowanie	494
Co dalej?	494
Dodatek A. Debugowanie aplikacji klienckich w JavaScriptcie	495
Przykład do zdebugowania	495
Debugowanie w przeglądarce stacjonarnej	496
Debugowanie urządzeń mobilnych	499
Rejestrowanie informacji (niemal) bez zmian w kodzie	500
weinre	502
Podsumowanie	503
Skorowidz	505

ROZDZIAŁ 8



3D w przeglądarce

W pierwszej części książki nauczyliśmy się tworzyć gry dwuwymiarowe. Przez wiele lat tego rodzaju gry definiowały maksimum możliwości, jakie można było osiągnąć. Dopiero później pojawienie się coraz bardziej realistycznych gier trójwymiarowych zaczęło zmieniać ten stan rzeczy. Jedynym powodem, dla którego nie możesz uruchomić *Skyrima* na swoim telefonie, są możliwości Twojego urządzenia.

Silniki trójwymiarowe wymagają znacznie więcej mocy obliczeniowej w porównaniu z dwuwymiarowymi. W przypadku silników dwuwymiarowych renderowanie jest całkiem proste — wystarczy wyświetlić na płótnie piksele pobrane z obrazka i ewentualnie uwzględnić jego przezroczystość. Silnik trójwymiarowy wymaga znacznie więcej mocy — związane z nim przekształcenia matematyczne są znacznie bardziej skomplikowane. Jest to też jeden z istotnych powodów, dla których przeglądarki (zarówno stacjonarne, jak i mobilne) do niedawna nie były w stanie natywnie obsługiwać możliwości 3D.

W tym rozdziale skupimy się wyłącznie na tworzeniu trójwymiarowych aplikacji przy użyciu przeglądarki. Obsługa trzech wymiarów w przeglądarce jest możliwa dzięki „standardowej” implementacji, nazywanej WebGL. W świecie mobilnym WebGL stawia dopiero pierwsze kroki. W momencie pisania tej książki jedyną przeglądarką (dostępną dla urządzeń z systemem Android), która obsługuje ten standard, jest Firefox Mobile¹. Sony Xperia PLAY obsługuje WebGL w domyślnej przeglądarce. Ze względu na dynamiczny rozwój tej technologii w przeglądarkach stacjonarnych możemy się spodziewać, że niebawem będzie ona powszechnie dostępna również na urządzeniach mobilnych.

Im więcej urządzeń będzie obsługiwało grafikę trójwymiarową, tym więcej gier w tej technologii będzie dostępnych w naszych przeglądarkach. Z tego względu programista powinien wiedzieć, jak działają mechanizmy renderowania 3D i co trzeba samodzielnie zaimplementować, aby wszystko działało jak należy. Ten rozdział jest w całości poświęcony podstawom grafiki trójwymiarowej. Jednocześnie stanowi on niejako wprowadzenie do rozdziału 9., w którym poznamy podstawy WebGL.

W tym rozdziale poznasz następujące zagadnienia:

- podstawy renderowania 3D: jak przedstawiać bryły na płaskim ekranie,
- podstawy algebry macierzy: podstawowe przekształcenia matematyczne kryjące się za grafiką trójwymiarową,
- perspektywa i rzuty: jak sprawić, by scena była bardziej naturalna.

Celem tego rozdziału jest utworzenie prostego dema, w którym wyrenderujemy podstawowy model 3D. Rozpocznemy od najprostszego kształtu — sześcianu.

¹ W momencie tłumaczenia częściowe wsparcie oferuje też Opera Mobile — *przyj. tłum.*

Renderowanie 3D — wprowadzenie

Czym właściwie jest grafika 3D? Pod jakim względem różni się ona od grafiki dwuwymiarowej, którą stosowaliśmy w poprzednich rozdziałach? Grafika 3D jest rzecz jasna iluzją — podobnie jak animacje. Renderując animację, tak naprawdę zmieniamy ramki na tyle szybko, aby użytkownik odniósł wrażenie, że obiekt się porusza. W rzeczywistości nie ma mowy o jakimkolwiek prawdziwym ruchu. Piksele pozostają na swoim miejscu — zmienia się jedynie ich kolor, co nie zmienia faktu, że na ekranie osiągamy efekt ruchu.

Renderowanie sceny trójwymiarowej przebiega podobnie. Wyświetlacz jest płaski, ale scena jest renderowana w taki sposób, aby użytkownik miał wrażenie, że patrzy na trójwymiarowy świat przez okno. Teraz musimy zadać sobie pytanie: czy skoro grafika 3D stanowi tak naprawdę specjalny przypadek grafiki 2D (którą dobrze znamy), to możemy zastosować kontekst płótna 2D do rysowania sceny trójwymiarowej? Jest to w istocie bardzo dobre pytanie. W praktyce utworzenie bardzo prostego silnika 3D jedynie przy użyciu płótna jest możliwe, jednak będziemy musieli sobie poradzić z dwoma podstawowymi problemami. Przede wszystkim będziemy musieli zmagać się ze znacznie większą liczbą obliczeń i przekształceń matematycznych. Ilość pracy, jaką trzeba włożyć od strony matematycznej (także biorąc pod uwagę wszelkiego rodzaju optymalizacje), w przypadku grafiki 3D i 2D różni rząd wielkości. Nawet jeśli poświęciłbyś kilka lat na nauczanie się wszystkiego, co konieczne do stworzenia własnego silnika 3D, szybko napotkałbyś inny problem: brak mocy urządzenia potrzebnej do obsługi zaimplementowanego własnoręcznie renderera 3D.

Gdy gracze, programiści tworzący gry i producenci sprzętu zrozumieli, że grafika trójwymiarowa stanowi niezbędny element gier komputerowych, zauważyli też, że procesor (ang. *Central Processing Unit*, CPU — centralna jednostka przetwarzania) nie jest najlepszym narzędziem do renderowania tego rodzaju grafiki. Podjęli więc decyzję o dodaniu specjalnych kart graficznych, które są odpowiedzialne wyłącznie za tego rodzaju obliczenia. Często karty te są droższe od samych procesorów! W języku JavaScript w przeglądarkach nie możesz bezpośrednio uzyskać dostępu do GPU (ang. *Graphics Processing Unit* — jednostka przetwarzania grafiki) w celu bezpośredniego wykonania renderowania właśnie w niej. Jesteś ograniczony tylko do silnika języka JavaScript, który wszystkie instrukcje wykonuje w ramach zwykłego procesora (CPU). Procesory nie są przystosowane do wykonywania tego rodzaju operacji, dlatego renderowanie zajmie znacznie więcej czasu niż w przypadku GPU.

Zanim w świecie aplikacji internetowych pojawiło się WebGL, utworzenie własnego renderera 3D stanowiło jedyną metodę obsługi grafiki trójwymiarowej w przeglądarce bez użycia Flasha lub Javy. Programiści tworzyli własne silniki; niektóre z nich były naprawdę interesujące. Niestety, koniec końców zawsze czegoś brakowało, ponieważ nie da się stworzyć gry trójwymiarowej o przyzwoitej jakości w ramach kontekstu 2D. WebGL działa inaczej — dzięki niemu jesteś w stanie przekazać najgorszą część obliczeń do GPU.

Większość telefonów dostępnych na rynku nie dysponuje jeszcze odrębną jednostką GPU, niemniej jest to tylko kwestia czasu. Co zatem stanie się, jeśli uruchomisz WebGL na takim urządzeniu? Czy to API w ogóle zadziała? Tak, oczywiście. Problem w tym, że do renderowania sceny zostanie użyty CPU, przez co nie uzyskasz zbyt wielu klatek na sekundę. Gdy scena jest renderowana przez GPU, mamy do czynienia z *renderowaniem sprzętowym* (ang. *hardware rendering*) — oznacza to, że obliczenia są wykonywane w ramach GPU, który jest przystosowany do tego typu pracy. Z drugiej strony renderowanie może być też przeprowadzone *programowo* (ang. *software rendering*). Ma ono miejsce, gdy renderujesz scenę przy użyciu CPU, np. z poziomu języka JavaScript bez użycia WebGL lub na urządzeniu, które w ogóle nie zawiera osobnej jednostki GPU.

-
- **Uwaga** Problemy z działaniem WebGL możesz mieć nawet na swoim komputerze stacjonarnym. Istnieje specjalna „czarna lista” kombinacji urządzeń – sterownik – system operacyjny, które powodują problemy z działaniem tego API. Jeśli konfiguracja Twojego komputera zakwalifikuje się na tę czarną listę, kontekst WebGL nie będzie akcelerowany (przyspieszany), a nawet może w ogóle nie działać. Jeśli chcesz zaryzykować, możesz ustawić specjalny parametr, który spowoduje zignorowanie czarnej listy w trakcie działania przeglądarki. W przypadku Chrome musisz uruchomić przeglądarkę z parametrem `ignore-gpu-blacklist`. W Firefoksie musisz przejść na stronę `about:config` i ustawić zmienną `webgl.force-enabled` na `true`.
-

Jak działa renderowanie 3D?

Ten podrozdział stanowił dla mnie jedno z największych wyzwań podczas pisania tej książki. Renderowanie 3D to temat niezwykle skomplikowany — nietrudno byłoby wypełnić treścią jedną, a nawet dwie książki poświęcone tylko temu zagadnieniu. Spróbuję wyjaśnić tylko najistotniejsze zagadnienia, abyś był w stanie zrozumieć bardziej zaawansowane algorytmy kryjące się za całym procesem. Postaram się również ograniczyć matematyczne opisy do minimum, jednak nie da się ich zupełnie uniknąć.

Przekształcenia matematyczne

Zacznijmy od dobrej informacji — wszystkie operacje wykonywane w przestrzeni dwuwymiarowej będą działać prawidłowo również w trójwymiarze. Wszystko, co robimy w świecie 3D, działa podobnie jak w przypadku dwuwymiarowym, jednak musimy uwzględnić jeszcze jeden wymiar, nazywany zwyczajowo „z”. W świecie 2D środek odcinka oblicza się zgodnie z wzorami:

$$x = (x_1 + x_2)/2, y = (y_1 + y_2)/2$$

Jeśli dodamy jeszcze jeden wymiar, otrzymamy wzory na środek odcinka trójwymiarowego:

$$x = (x_1 + x_2)/2, y = (y_1 + y_2)/2, z = (z_1 + z_2)/2$$

To samo stwierdzenie jest prawdziwe przy obliczaniu długości odcinka pomiędzy dwoma punktami. W przypadku dwuwymiarowym wzór jest następujący:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Po dodaniu trzeciego wymiaru otrzymujemy wzór:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

Czemu jest to takie istotne? Niektóre zagadnienia łatwiej zrozumieć w przypadku dwuwymiarowym — wzory i ilustracje są znacznie prostsze. Po zrozumieniu tych zagadnień w 2D zastosowanie ich w świecie trójwymiarowym staje się proste. Jeśli jakkolwiek omawiana kwestia jest dla Ciebie trudna do zrozumienia, spróbuj przeanalizować ją w przypadku dwuwymiarowym. Przeniesienie jej potem na grunt trójwymiarowy nie będzie stanowiło dla Ciebie problemu.

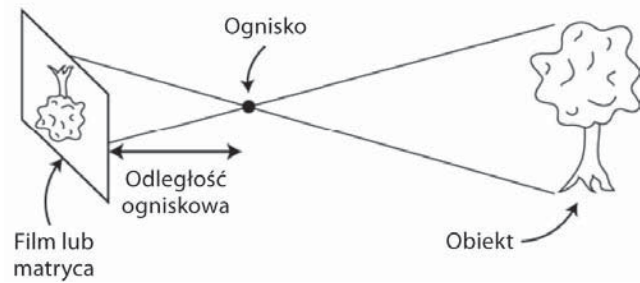
Oczywiście od każdej reguły są pewne wyjątki. W przypadku świata 2D linie albo się przecinają, albo są do siebie równoległe. W trójwymiarze linie mogą nie być równoległe ani się nie przecinać.

Przykład w trójwymiarze

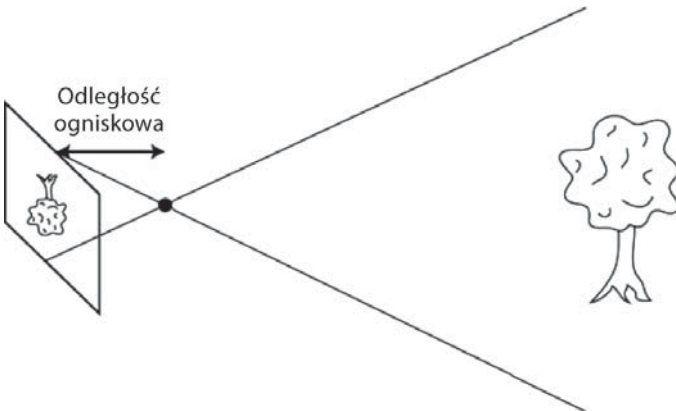
Zacznijmy od przykładu wziętego prosto z życia. Jaki jest najprostszy przykład renderowania świata trójwymiarowego na powierzchni dwuwymiarowej? Oczywiście jest to zdjęcie lub film wideo. Aparat robi zdjęcie sceny trójwymiarowej i umieszcza je na powierzchni 2D. Dawniej powierzchnią był film (taśma) — obecnie jest to cyfrowa matryca. Rysunek 8.1 przedstawia zasadę działania aparatu.

Światło odbijane przez obiekty jest przechwytywane przez soczewki i przekazywane do matrycy. Obraz jest odwrócony, co wynika ze sposobu działania soczewki.

Aparaty cyfrowe udostępniają funkcję przybliżenia (ang. *zoom*). Wciśnięcie przycisku powoduje powiększenie widocznego obiektu. Tak naprawdę wewnątrz aparatu następuje zmiana odległości ogniskowej, co przekłada się na zwiększenie lub zmniejszenie widocznego obszaru (rysunek 8.2). Większy widoczny obszar oznacza możliwość ujęcia na zdjęciu większej liczby obiektów przy jednoczesnym zmniejszeniu ich rozmiarów — innymi słowy, jest to operacja oddalenia (ang. *zoom out*). Odwrotna operacja powoduje zmniejszenie obszaru widoku i powiększenie obiektów, czyli jest to operacja powiększenia (ang. *zoom in*).

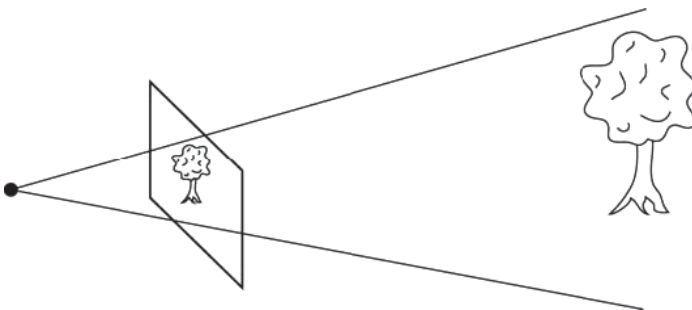


Rysunek 8.1. Zdjęcie z aparatu stanowi dobry przykład dwuwymiarowej projekcji używanej do przedstawienia fragmentu sceny trójwymiarowej



Rysunek 8.2. Zmiana ogniskowej powoduje przybliżanie lub oddalanie: im większy staje się obszar widoku, tym mniejszy jest obiekt na ekranie

Renderowanie sceny 3D przebiega niemal identycznie, przy czym nie korzystamy rzecz jasna z żadnych soczewek. Nie musimy więc umieszczać „docelowej” powierzchni dwuwymiarowej za ogniskiem. Musimy zachowywać się tak, jakbyśmy stali przed kamerą (rysunek 8.3).



Rysunek 8.3. W grafice komputerowej nie ma soczewek. Z tego względu płaszczyzna „przechwytyjąca” scenę musi się znaleźć przed ogniskiem. Mimo różnic zasady przybliżania i oddalania pozostają niezmienione

Przeanalizujmy teraz różnice pomiędzy renderowaniem sceny 3D a robieniem zdjęcia. W przeciwieństwie do świata rzeczywistego scena 3D jest tworzona z trójkąta (jest to do tej pory

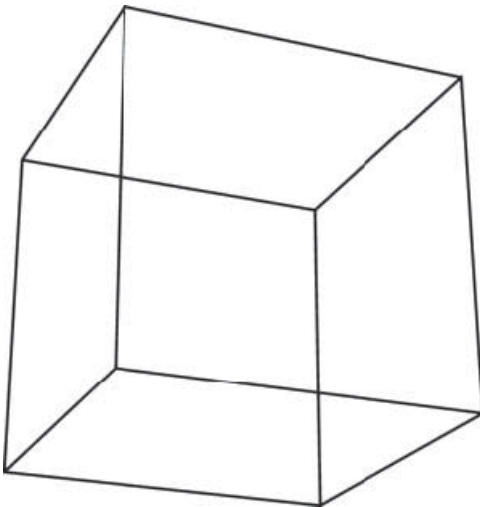
najlepszy sposób przedstawiania trójwymiarowych modeli). Trójkąty nie mają żadnych fizycznych właściwości, w przeciwieństwie do obiektów, z którymi stykasz się każdego dnia. Nie mają wagi, koloru, nie są stworzone z konkretnego materiału itd. Wszystkie właściwości musimy zasymulować, korzystając ze skomplikowanych modeli matematycznych.

Klikając przycisk aparatu w celu zrobienia zdjęcia, masz szczęście, gdyż proste zjawiska fizyczne umożliwiają osiągnięcie pożądanego efektu: światło odbija się w określony sposób od powierzchni, będąc mniej lub bardziej zaburzone w wyniku mgły, wysokiej temperatury lub innych warunków atmosferycznych. Koniec końców dociera ono do aparatu lub siatkówki Twojego oka, tworząc obraz. W świecie trójwymiarowym musimy samodzielnie zaimplementować prawa fizyki i przeprowadzać skomplikowane obliczenia, aby uzyskać pożądaną efekt, który będzie widoczny dla użytkownika. To właśnie dlatego silniki trójwymiarowe są takie skomplikowane.

Na szczęście mam dla Ciebie dobrą wiadomość — nie musisz przeprowadzać superrealistycznych symulacji wszystkich praw optyki, aby stworzyć silnik 3D. Jeśli pominiemy symulację oświetlenia i materiałów, silnik staje się w istocie dość prosty — jego zadaniem jest jedynie wyświetlanie wielokątów na ekranie. Programem typu *Witaj, świecie!* dla grafiki trójwymiarowej jest obracający się sześcian. Dojdziemy do tego — i to bez ani jednej instrukcji z WebGL. Dlaczego? Bo w ten sposób znacznie lepiej zrozumiesz zasady działania grafiki trójwymiarowej.

Uproszczony silnik 3D

W tym podrozdziale stworzymy najprostszy możliwy silnik trójwymiarowy, korzystając jedynie ze znanego nam API płótna. Rozpocznemy od reprezentacji obiektów 3D w języku JavaScript. Następnie przejdziemy do macierzy — matematycznych obiektów pomagających renderować modele na ekranie. Dzięki macierzom i przekształceniom będziemy w stanie obrócić sześcian na ekranie. Na koniec zajmiemy się perspektywami i rzutami (projekcjami), które sprawiają, że nasz model będzie bardziej naturalny. Naszym celem jest wyświetlenie obracającego się sześcianu (rysunek 8.4).



Rysunek 8.4. Ostateczna wersja aplikacji wykonywanej w tym rozdziale — renderujemy sześcian

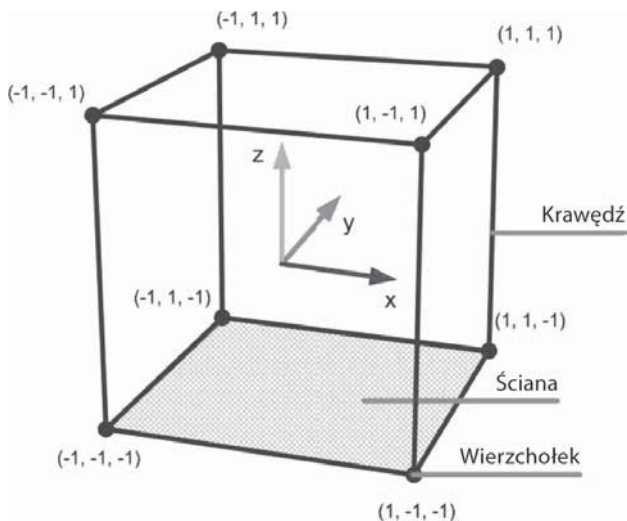
Model i scena

Najpierw musimy określić dane niezbędne do wyrenderowania sceny. Przede wszystkim konieczne jest posiadanie listy wierzchołków tworzących sześcian lub dowolny inny model, który chcemy wyświetlić. Następnie musimy zdefiniować połączenia między punktami, czyli krawędzie. Pierwszym krokiem tworzenia tej aplikacji będzie zdefiniowanie sześcianu w języku JavaScript.

Model

W przestrzeni trójwymiarowej model jest reprezentowany przy użyciu *wierzchołków* (ang. *vertexes*), *krawędzi* (ang. *edges*) i *ścian* (płaszczyzn — ang. *faces*). Wierzchołek to punkt w przestrzeni, krawędź to odcinek łączący dwa wierzchołki, a ściana to powierzchnia ograniczona krawędziami.

Sześcian ma osiem wierzchołków, dwanaście krawędzi i sześć ścian: każda krawędź łączy parę wierzchołków, a każda ściana jest ograniczona czterema krawędziami. Każdy punkt w przestrzeni 3D jest reprezentowany przy użyciu trzech współrzędnych: x , y i z . Zerknijmy na rysunek 8.5, który przedstawia sześcian, kierunki układu współrzędnych i współrzędne wierzchołków sześcianu.



Rysunek 8.5. Sześcian w przestrzeni 3D

-
- **Uwaga** W przestrzeni 3D nie używa się kierunków: góra, dół, lewo i prawo. Mamy do czynienia z trzema osiami, z których każda wskazuje inny kierunek. O tym, która oś wskazuje „górze”, decydujesz Ty — zazwyczaj przyjmuje się jednak, że wysokość jest określana na osi Z .
-

Początek układu współrzędnych znajduje się w środku sześcianu — jest to punkt $(0, 0, 0)$. Dla uproszczenia przyjmujemy, że krawędzie sześcianu mają długość 2, a zatem wszystkie współrzędne wszystkich wierzchołków mają wartość -1 lub 1 . Teraz musimy zapisać informacje o wierzchołkach w tablicy. Osiem jej elementów przechowuje wszystkie osiem wierzchołków w tablicy (listing 8.1).

Listing 8.1. Wierzchołki sześcianu

```
var vertices = [
  [-1, -1, -1], [-1, -1, 1], [-1, 1, -1], [-1, 1, 1],
  [1, -1, -1], [1, -1, 1], [1, 1, -1], [1, 1, 1]
];
```


Drugą część modelu stanowią krawędzie. Krawędź to odcinek, który łączy dwa wierzchołki. Nie musimy przechowywać współrzędnych wierzchołków krawędzi, ponieważ są one zdefiniowane w tablicy wierzchołków. Wystarczy więc odwoływać się do numerów wierzchołków, posługując się indeksami z pierwszej tablicy. Pierwsza krawędź na listingu 8.2 jest zapisana przy użyciu współrzędnych $[0, 1]$. Oznacza to, że wierzchołek o indeksie 0 łączy się z wierzchołkiem o indeksie 1. Zerknij do tablicy wierzchołków, a przekonasz się, że współrzędne tych punktów to $(-1, -1, -1)$ i $(-1, -1, 1)$. Kod tablicy krawędzi został pokazany na listingu 8.2.

Listing 8.2. Krawędzie sześcianu — każdy element zawiera indeksy z tablicy wierzchołków

```
var edges = [
    [0, 1], [0, 2], [0, 4], [1, 3],
    [1, 5], [2, 3], [2, 6], [3, 7],
    [4, 5], [4, 6], [5, 7], [6, 7]
];
```

Scena

Mamy już sześcian, dlatego teraz skupimy się na możliwości oglądania go pod różnymi kątami. W rzeczywistości nie możemy przemieszczać świata, dlatego zmieniamy położenie aparatu (kamery). W grafice trójwymiarowej zetknijemy się z odwrotną sytuacją — kamera jest nieruchoma, kierunek również nie ulega zmianie. W technologii WebGL kamera jest skierowana w dół, wzdłuż osi Z , przez co obiekt o mniejszej wartości współrzędnej Z wydaje się bardziej oddalony. Aby pokazać użytkownikowi żądany fragment sceny, musimy dopasować kąt i położenie kamery lub zmienić kąt i położenie świata. Zasada działania jest identyczna jak w poprzednim rozdziale: aby użytkownik odniósł wrażenie przemieszczania się po mapie, obszar widoku pozostanie nieruchomy, a będziemy poruszać właśnie mapą (światem).

Obrót to tylko jeden z przykładów przekształceń, które możesz zastosować do swojego modelu. Można także przemieszczać obiekt po scenie lub skalować go względem wybranych osi. Zaimplementowanie tych operacji samodzielnie nie jest trudne. Problemy zaczynają się, gdy zechcesz je grupować. Rozważmy przykład, w którym przesuwasz obiekt o pięć jednostek w lewo, obracasz go o π radianów wokół osi Z i skalujesz go trzy razy względem osi X . Zaimplementowanie takiego cyklu operacji stanowi dobre ćwiczenie matematyczne, jednak najpierw zajmiemy się innym mechanizmem o sprawdzonej skuteczności.

Renderowanie

Po zdefiniowaniu współrzędnych modelu i zapisaniu ich w tablicy możemy wyrenderować sześcian na ekranie. Jak przekształcić te punkty w szkielec? W tym rozdziale nauczymy się wykonywać bardzo proste renderowanie 3D. Wyrenderowanie bryły trójwymiarowej wymaga obliczenia rzutu wierzchołków na ekranie. Po ich znalezieniu możemy narysować odcinki pomiędzy wszystkimi punktami, które są połączone krawędziami — i gotowe! W ten sposób otrzymujemy szkielec.

Zagadnieniem z zakresu matematyki, które pozwoli nam na znalezienie rzutów (projekcji) i wykonanie renderowania, jest *teoria macierzy*. Rozpoczniemy od najprostszego pojęcia w jej ramach, czyli samej macierzy. Po omówieniu zasad użycia macierzy będziemy mogli zastosować zdobytą wiedzę w praktyce. Wyrenderujemy sześcian, po czym zaczniemy go obracać i stosować odpowiednią perspektywę, dzięki której sześcian wyda się bardziej naturalny.

Macierze

Czym jest macierz (ang. *matrix*)? Nie, nie chodzi nam o równoległą rzeczywistość, w której Neo walczy z agentem Smithem. Macierz to przede wszystkim elementarna struktura danych, niezbędna w każdej aplikacji trójwymiarowej. Rysunek 8.6 przedstawia przykładową macierz.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 \\ 2 & 8 & 3 & 1 \\ 4 & 5 & 3 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Rysunek 8.6. Przykład macierzy

Macierz jest siatką liczb zbudowaną z wierszy i kolumn. Macierze mogą rzecz jasna przyjmować różne rozmiary. Rysunek 8.6 przedstawia macierz o rozmiarze 4 na 4. Naturalnym sposobem reprezentacji macierzy w języku JavaScript jest stosowanie tablic dwuwymiarowych. To, co jest naprawdę ważne w przypadku macierzy o tym rozmiarze, to fakt, że taka macierz może przechować dowolną liczbę przekształceń w dowolnej kolejności, jaką zastosujesz wobec swojej sceny. Jak? Otóż każda macierz reprezentuje pewne przekształcenie: obrót, skalowanie, przesunięcie (translację) lub połączenie wszystkich trzech. Rysunek 8.7 przedstawia kilka przykładów.

$$\begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 5 & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0,7 & -0,7 & 0 & 0 \\ 0,7 & 0,7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Rysunek 8.7. Macierze reprezentują różne przekształcenia. Od lewej do prawej: zmniejszenie o 50% wzdłuż osi X, przesunięcie o pięć jednostek wzdłuż osi X i o dwie wzdłuż osi Y, obrót wokół osi Z o około 45 stopni

Jeśli nigdy nie korzystałeś z macierzy, rysunek 8.7 przedstawia dla Ciebie trzy siatki nieistotnych liczb. Całość stanie się bardziej czytelna, jeśli wiesz, jak mnożyć się macierze. Zasady nie są intuicyjne — znacznie łatwiej jest opisać je na macierzach o rozmiarze 2 na 2. Załóżmy, że chcesz pomnożyć macierz A przez B.

Ogólna zasada mnożenia macierzy jest następująca: aby uzyskać wartość komórki, która znajduje się w m -tym wierszu i n -tej kolumnie wynikowej macierzy, musisz wziąć wartości z m -tego wiersza lewej macierzy i n -tej kolumny prawej macierzy, przemnożyć kolejne elementy przez siebie i je zsumować. Aby uzyskać wartość pierwszej komórki (wiersz 1., kolumna 1.), musisz wziąć wartości z pierwszego wiersza lewej macierzy i pierwszej kolumny prawej macierzy, pomnożyć ich kolejne elementy i dodać wszystkie częściowe iloczyny. Operacja jest przedstawiona na rysunku 8.8.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 3 & 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 5 & 4 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 & \\ & \end{bmatrix} \quad 1 \times 5 + 0 \times 2 = 5$$

A B

Rysunek 8.8. Obliczenie pierwszego elementu wynikowej macierzy

W przypadku elementu znajdującego się w pierwszym wierszu i drugiej kolumnie musisz skorzystać z pierwszego wiersza lewej macierzy i drugiej kolumny prawej macierzy, a następnie wykonać to samo: pomnożyć kolejne elementy przez siebie i dodać cząstkowe iloczyny. Rysunek 8.9 przedstawia przebieg tej operacji.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 3 & 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 5 & 4 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 & 4 \\ 19 & 14 \end{bmatrix} \quad 1 \times 4 + 0 \times 1 = 4$$

A B

Rysunek 8.9. Następnym krokiem mnożenia — drugi element w pierwszym wierszu

Rysunek 8.10 przedstawia obliczenia niezbędne od uzyskania dwóch pozostałych komórek wynikowej macierzy.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 3 & 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 5 & 4 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 & 4 \\ 19 & 14 \end{bmatrix} \quad 3 \times 5 + 2 \times 2 = 19$$

A B

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 3 & 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 5 & 4 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 & 4 \\ 19 & 14 \end{bmatrix} \quad 3 \times 4 + 2 \times 1 = 14$$

A B

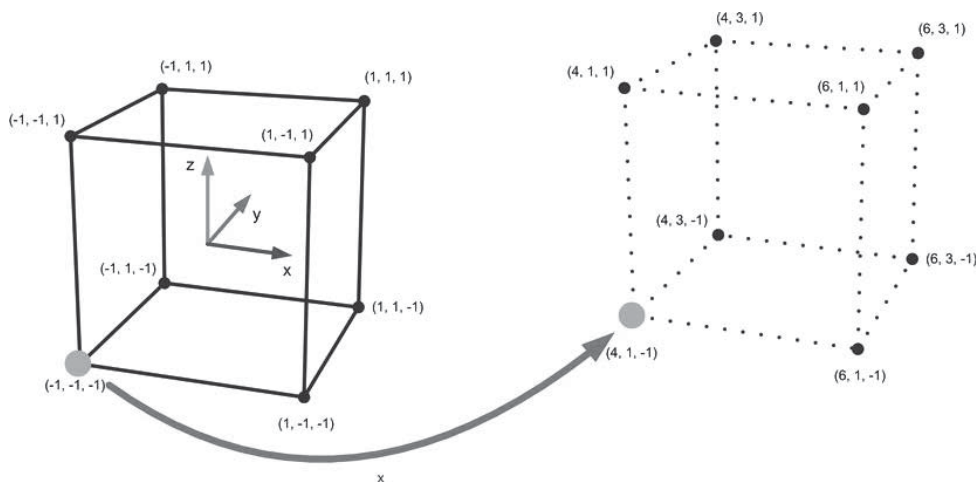
Rysunek 8.10. Ostateczny wynik mnożenia macierzy

Wreszcie dochodzimy do długo wyczekiwanej funkcjonalności. Aby zastosować przekształcenie opisane przez macierz, musimy pomnożyć współrzędne punktu przez macierz. Uzyskasz w ten sposób nowe współrzędne punktu — *po* transformacji. Jeśli tę samą transformację zastosujesz wobec wszystkich wierzchołków sześcianu, przekształcisz cały sześcian; w ten sposób możesz obracać, skalować lub przesuwać całe bryły. Teraz możemy omówić sam mechanizm nieco dokładniej. Przede wszystkim musisz zapisać współrzędne punktu w formie macierzy: $[x, y, z, 1]$. Trzeba dodać współrzędną 1, aby było możliwe przeprowadzenie mnożenia macierzy. Zobaczmy, co się stanie, gdy weźmiemy pierwszy wierzchołek sześcianu i zastosujemy do niego drugą z przykładowych macierzy przekształceń. Rysunek 8.11 przedstawia efekt mnożenia.

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 5 & 2 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Rysunek 8.11. Stosowanie przekształceń do współrzędnych wierzchołków

Punkt został przesunięty o pięć jednostek na osi X i o dwie na osi Y . Dokładnie to chcieliśmy osiągnąć! Jeśli powtórzymy tę operację dla wszystkich wierzchołków sześcianu, zostaną one przesunięte w odpowiednie miejsca. Rysunek 8.12 przedstawia zasadę działania mechanizmu. Wykropkowane krawędzie oznaczają położenie sześcianu w momencie stosowania przekształcenia do każdego wierzchołka. Podświetlony punkt oznacza punkt, który został przekształcony.



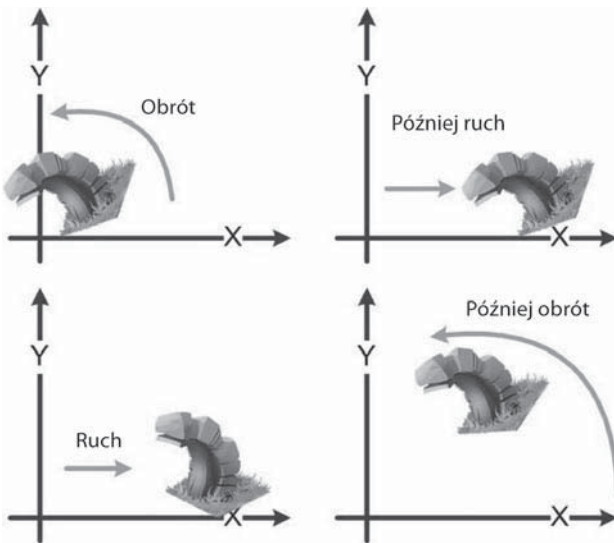
Rysunek 8.12. Przesunięcie sześcianu. Po przesunięciu wszystkich wierzchołków osiągniemy przesunięcie całego sześcianu

No cóż, nie jest to może porywający efekt, ponieważ mogliśmy po prostu dodać wartości 5 i 2 do odpowiednich współrzędnych bez zajmowania się macierzami. Prawdziwe możliwości macierzy ujawniają się jednak, gdy musimy wykonać szereg przekształceń na zbiorze punktów. Jeśli musisz wykonać np. dziesięć różnych przekształceń (jedno na drugim), a Twój model ma wiele wierzchołków, musisz albo zastosować przekształcenia dla modelu jedno po drugim, albo utworzyć pojedynczą macierz, która implementuje wszystkie przekształcenia, i zastosować tylko ją. Zgadnij, które podejście jest lepsze.

-
- **Uwaga** Ta skromna jedynka, którą dodaliśmy jako czwarty element współrzędnych świata, nie znajduje się tam tylko dla formalności (aby mnożenie było w ogóle możliwe). Silniki 3D reprezentują punkty w nieco innym układzie współrzędnych, zwanym układem współrzędnych jednorodnych (ang. *homogeneous coordinates system*). Czemu są one używane w grafice komputerowej? Ponieważ stosowanie tego rodzaju współrzędnych znacznie ułatwia wykonywanie rzutów. Bardziej szczegółowe informacje na ten temat znajdziesz z łatwością w internecie lub literaturze matematycznej, jednak z pewnością nie będziesz potrzebował niczego więcej poza omówionymi w tej książce mechanizmami. Mimo to zachęcam do poszerzenia wiedzy na ten temat, gdy tylko dobrze zrozumiesz koncepty przedstawione do tej pory.
-

Utworzenie macierzy, która łączy wiele przekształceń w jedno, jest niezwykle proste — wystarczy pomnożyć macierze, które określają pojedyncze transformacje. Jeśli pomnożysz macierz, która przesuwa wierzchołek w prawo o jedną jednostkę, przez macierz, która przesuwa wierzchołek o jedną jednostkę w górę, a następnie przez macierz, która obraca wierzchołek wokół osi X , uzyskasz macierz wykonującą wszystkie trzy operacje: przesuwać obiekt w górę i w prawo, a także obracającą model.

Operując na macierzach, musimy pamiętać o dwóch kwestiach. Po pierwsze, kolejność wykonywanych działań mnożenia ma znaczenie. Jeśli przeprowadzasz operację na pojedynczych liczbach, nie ma znaczenia, czy wykonasz operację 5×3 , czy 3×5 — w przypadku macierzy tak jednak nie jest. Wpływ kolejności przekształceń na efekt końcowy został przedstawiony na rysunku 8.13.



Rysunek 8.13. Zmiana kolejności przekształceń ma wpływ na efekt końcowy

Trzeba również pamiętać o tym, że przekształcenia są stosowane w odwrotnej kolejności, tj. ostatnie wprowadzone przekształcenie zostanie zastosowane wobec modelu jako pierwsze. Na początku jest to nieco mylące, jednak na pewno się do tego przyzwyczaisz.

Drugą kwestią, o której trzeba pamiętać, jest element neutralny. Podobnie jak pomnożenie liczby przez jeden nie zmienia wyniku mnożenia, tak pomnożenie macierzy przez *macierz jednostkową* nie zmieni danej macierzy — niezależnie od tego, czy macierz znajdzie się po lewej, czy po prawej stronie mnożenia. Macierz jednostkowa przedstawia brak jakichkolwiek przekształceń (rysunek 8.14).

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Rysunek 8.14. Macierz jednostkowa opisująca stan bez przekształceń

Na zakończenie na rysunku 8.15 przedstawiamy krótką listę najczęściej używanych macierzy przekształceń. Nie bój się sinusów i cosinusów pojawiających się w macierzach obrotu — nie musisz zagłębiać się w szczegóły przekształceń punktów.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ x & y & z & 1 \end{bmatrix}$$

Translacja

$$\begin{bmatrix} x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Skalowanie

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Obrót wokół osi X

$$\begin{bmatrix} \cos\alpha & 0 & \sin\alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\alpha & 0 & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Obrót wokół osi Y

$$\begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Obrót wokół osi Z

Rysunek 8.15. Różne rodzaje przekształceń przedstawione w formie macierzy

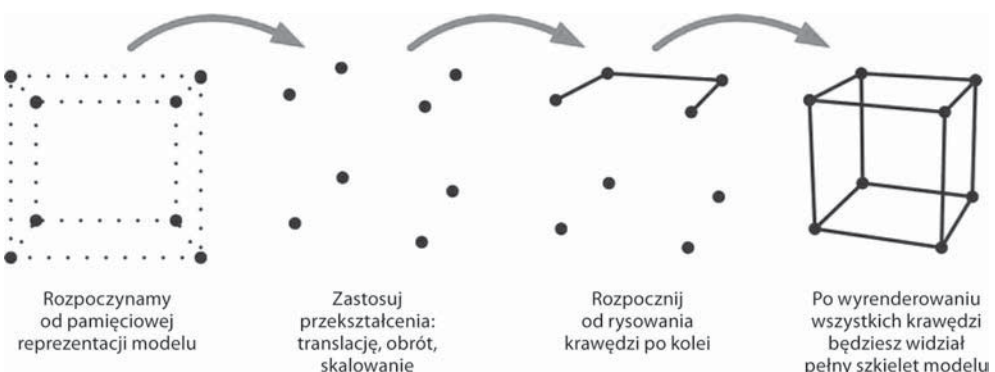
Implementacja przekształceń

Jesteśmy wreszcie gotowi do utworzenia pierwszej wersji naszego „szczęśliwego” silnika. Na początek dobre informacje. Wszystkie operacje na macierzach wykona za nas biblioteka `gl-matrix` (<https://github.com/toji/gl-matrix>). Dzięki Brandonowi Jonesowi możemy skorzystać z doskonałego i bardzo szybkiego narzędzia. Pobierz plik `gl-matrix.js` lub `gl-matrix-min.js` i dodaj go do projektu. Zgodnie z nazwą biblioteka jest zazwyczaj używana razem z biblioteką WebGL, jednak możemy ją bez problemów wykorzystać także w innych celach.

Przekształcenie szkieletu sześcianu wymaga wykonania dwóch kroków:

1. Przekształcenia wszystkich wierzchołków (chcemy je obracać).
2. Narysowania linii pomiędzy wszystkimi wierzchołkami, pomiędzy którymi zostały zdefiniowane krawędzie.

Kolejne kroki są przedstawione na rysunku 8.16.



Rysunek 8.16. Kolejne kroki niezbędne do wyrenderowania szkieletu

Zacznijemy od pierwszej operacji. Nasz sześcian musimy dwukrotnie przekształcić — obrócić wokół osi X i wokół osi Y (możesz zastosować także inne przekształcenia). Biblioteka *gl-matrix.js* udostępnia wiele metod, które ukrywają szczegóły implementacji w ramach biblioteki. Kod przekształceń został pokazany na listingu 8.3.

Listing 8.3. Tworzenie macierzy przekształceń

```
var modelView = mat4.create();
mat4.identity(modelView);
mat4.rotateX(modelView, xRot);
mat4.rotateY(modelView, yRot);
```

Na początku tworzymy pustą macierz. Jest ona wypełniona zerami, dlatego musimy ją zainicjalizować — w tym celu korzystamy z macierzy jednostkowej; w przeciwnym razie wszystkie przekształcenia dawałyby wynik $(0, 0, 0)$. W trzecim wierszu dodajemy obrót wokół osi X . Jest to równoważne utworzeniu macierzy obrotu i pomnożeniu przez nią macierzy jednostkowej. W ostatnim wierszu kończymy przygotowania — w tym momencie jesteśmy gotowi do obrotu sześcianu.

■ **Uwaga** Czemu zmienna macierzy nosi nazwę `modelView`? Taka właśnie nazwa jest używana w OpenGL i oznacza ona... widok modelu, czyli wszystkie przekształcenia, które są stosowane wobec wierzchołków modelu. Czemu nie zastosujemy po prostu nazwy „matrix”? Ponieważ w trakcie całego procesu korzystamy również z innych macierzy — w dalszej części rozdziału będziemy się zajmować np. macierzą rzutu (projekcji).

Proces obrotu jest bardzo prosty: stosujemy macierz po kolei do wszystkich wierzchołków. Otrzymujemy w ten sposób przekształcone współrzędne — aby wyświetlić je na ekranie, ignorujemy po prostu współrzędną z . Musimy także przeskalować sześcian, aby mieścił się na ekranie. Rozmiar sześcianu to jedynie 2 (od -1 do 1) — jeśli spróbujemy go wyświetlić na ekranie, będzie on niezwykle mały. Na listingu 8.4 znajdziesz kod odpowiedzialny za obliczanie współrzędnych projekcji.

Listing 8.4. Obliczanie współrzędnych projekcji dla wszystkich punktów

```
// Dobrze jest utworzyć indeksy, które będą odpowiadać indeksom w tablicy.
var X = 0;
var Y = 1;
var Z = 2;

// Współrzędne ekranowe.
var points = [];

// Współczynnik skalowania — w tym miejscu możesz wpisać wybraną wartość.
var scaleFactor = canvas.width/8;

for (var i = 0; i < vertices.length; i++) {
  // Przekształć punkt do współrzędnych jednorodnych — przygotuj się do mnożenia.
  var point = [vertices[i][X], vertices[i][Y], vertices[i][Z], 1];

  // Zastosuj przekształcenie.
  mat4.multiplyVec4(modelView, point);

  // Dodaj obliczone współrzędne do tablicy.
  points[i] = [
    Math.round(canvas.width/2 + scaleFactor*point[X]),
    Math.round(canvas.height/2 - scaleFactor*point[Y]);
  ]
}
```

- **Uwaga** Rozmiar wynosi dwa? Dwa co? Piksele, cale, metry, melony? W grafice trójwymiarowej nie ma to znaczenia. To od Ciebie zależy, jaką jednostkę przyjmiesz. Musisz jedynie zachować spójność w ramach całego projektu. Jeśli Twoje „dwa” będzie oznaczać „dwa metry”, musisz o tym pamiętać — inaczej może się zdarzyć, że utworzysz model królika, który będzie miał wymiary małego samochodu. Nie jest to jednak tak naprawdę problem — zawsze możesz wprowadzić dodatkowe skalowanie. W tym rozdziale we wszystkich odwołaniach do rozmiarów stosuję słowo „jednostki”.

Jak widać, obliczenia nie stanowią problemu, gdy tylko przyzwyczaisz się do korzystania z macierzy.

Na zakończenie musimy narysować krawędzie. Dysponujemy tablicą krawędzi i tablicą przekształceń punktów. Łącząc obie tablice, możemy otrzymać obracający się sześcian (nie zapomnij zaktualizować wartości obrotu). Listing 8.5 przedstawia pełny kod dla tego projektu. Spróbuj uruchomić go na swoim telefonie lub w przeglądarce stacjonarnej.

Listing 8.5. Pełny kod źródłowy dla dema obracającego się sześcianu

```
<script src="js/utils.js"></script>
<script src="js/gl-matrix-min.js"></script>

<script>

    var canvas = null;
    var ctx = null;

    var X = 0;
    var Y = 1;
    var Z = 2;

    var vertices = [
        [-1, -1, -1], [-1, -1, 1], [-1, 1, -1], [-1, 1, 1],
        [1, -1, -1], [1, -1, 1], [1, 1, -1], [1, 1, 1]
    ];

    var edges = [
        [0, 1], [0, 2], [0, 4], [1, 3],
        [1, 5], [2, 3], [2, 6], [3, 7],
        [4, 5], [4, 6], [5, 7], [6, 7]
    ];

    var xRot = 0;
    var yRot = 0;

    function init() {
        canvas = initFullScreenCanvas("mainCanvas");
        ctx = canvas.getContext("2d");
        animate(0);
    }

    function animate(t) {
        ctx.clearRect(0, 0, canvas.width, canvas.height);
        renderCube();
        requestAnimationFrame(arguments.callee);
    }

    function renderCube() {

        var modelView = mat4.create();
```



```

mat4.identity(modelView); // Ustaw macierz jednostkową
mat4.rotateX(modelView, xRot);
mat4.rotateY(modelView, yRot);

var points = [];
var scaleFactor = canvas.width/8;

for (var i = 0; i < vertices.length; i++) {
    var point = [vertices[i][X], vertices[i][Y], vertices[i][Z], 1];
    mat4.multiplyVec4(modelView, point);

    points[i] = [
        Math.round(canvas.width/2 + scaleFactor*point[X]),
        Math.round(canvas.height/2 + scaleFactor*point[Y]);
    ]
}

ctx.strokeStyle = "black";

// Narysuj szkielet
ctx.beginPath();
for (i = 0; i < edges.length; i++) {
    ctx.moveTo(points[ edges[i][0] ][X], points[ edges[i][0] ][Y]);
    ctx.lineTo(points[ edges[i][1] ][X], points[ edges[i][1] ][Y]);
}

ctx.stroke();
ctx.closePath();
xRot += 0.01;
yRot += 0.01;
}

function initFullScreenCanvas(canvasId) {
    var canvas = document.getElementById(canvasId);
    resizeCanvas(canvas);
    window.addEventListener("resize", function() {
        resizeCanvas(canvas);
    });
    return canvas;
}

function resizeCanvas(canvas) {
    canvas.width = document.width || document.body.clientWidth;
    canvas.height = document.height || document.body.clientHeight;
}
</script>

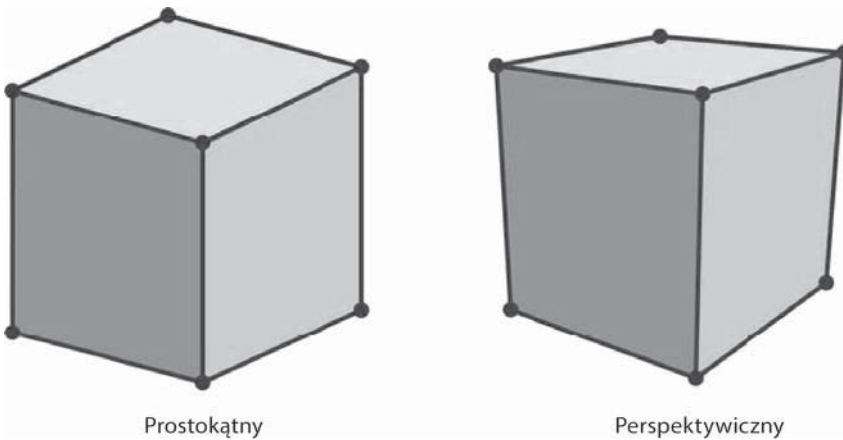
```

Po uruchomieniu dema przekonasz się, że sześcian nie wygląda naturalnie: tak naprawdę w ogóle nie wygląda on jak prawdziwy sześcian. Problem w tym, że skorzystaliśmy z rzutu prostokątnego — w prawdziwym świecie sytuacja wygląda inaczej. Pełny kod źródłowy z demem do tego rozdziału jest dostępny w pliku *01.spinning_cube.html* wraz z innymi zasobami.

Rzuty

W prawdziwym świecie obiekty, które znajdują się dalej, są mniejsze od obiektów znajdujących się bliżej. W naszym programie nie zastosowaliśmy się do tej zasady — to właśnie dlatego sześcian nie wygląda dobrze. Jak mogłeś się przekonać w kodzie, pominieliśmy po prostu wartość z, przez co nie uczestniczy ona wcale w obliczaniu rzutu.

W naszym demie korzystamy z rzutu *prostokątnego*, w którym podczas renderowania modeli 3D nie stosujemy żadnej perspektywy. W przypadku takiego rzutu samochód znajdujący się pięć metrów od aparatu ma taki sam rozmiar jak samochód znajdujący się dwadzieścia metrów dalej. Nie jest to naturalny widok. *Rzut perspektywiczny* funkcjonuje bardziej naturalnie: obiekty znajdujące się dalej są mniejsze niż te znajdujące się bliżej kamery. Rysunek 8.17 przedstawia różnice pomiędzy obydwoma rzutami.



Rysunek 8.17. Obraz po lewej stronie przedstawia rzut prostokątny, po prawej — rzut perspektywiczny

Jak widać, obraz po prawej stronie wygląda znacznie bardziej realistycznie niż ten po lewej. Jak możemy poprawić nasz silnik, aby perspektywa również była brana pod uwagę? Oczywiście musimy wprowadzić kolejną macierz.

Nie będę się zagłębiał w szczegóły matematyczne implementacji macierzy projekcji. Aby tworzyć świetne gry 3D, musisz o niej wiedzieć tylko dwie rzeczy. Po pierwsze, jeśli pomnożysz wynik przekształcenia `modelView` przez tę macierz, uzyskasz przekształcenie rzutu, które weźmie projekcję pod uwagę. Po drugie, Brandon to naprawdę fajny gość, który dołączył do swojej biblioteki mechanizm tworzenia macierzy perspektywy po podaniu parametrów przyjaznych dla użytkownika (listing 8.6).

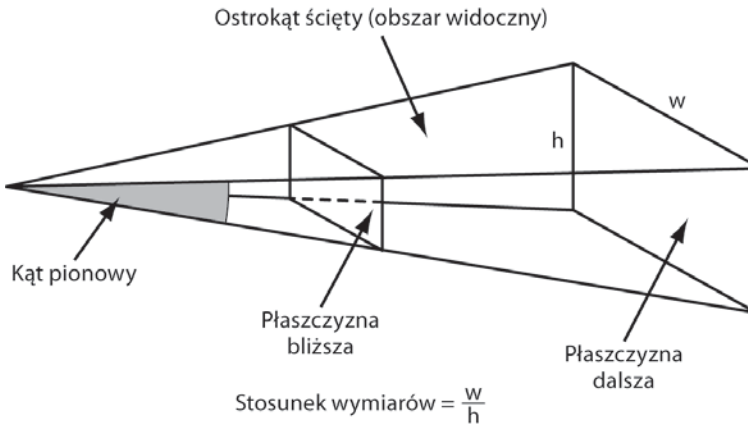
Listing 8.6. Tworzenie macierzy projekcji

```
var persp = mat4.create();
mat4.perspective(45, canvas.width/canvas.height, 0.1, 100, persp);
```

Wspomnianymi parametrami są pionowy kąt widoku, stosunek wymiarów (ang. *aspect ratio*) oraz odległość od bliższej i dalszej płaszczyzny. Płaszczyzny bliższa i dalsza określają granice sceny. Dzięki nim możesz stwierdzić, że chcesz widzieć tylko obiekty znajdujące się w odległości od 0,1 do 100 jednostek od kamery. Ostatni parametr określa macierz, która jest inicjalizowana przy użyciu tych wartości (listing 8.7). Rysunek 8.18 przedstawia wpływ parametrów perspektywy na końcowy efekt.

Listing 8.7. Stosowanie macierzy projekcji

```
for (var i = 0; i < vertices.length; i++) {
    var point = [vertices[i][X], vertices[i][Y], vertices[i][Z], 1];
    mat4.multiplyVec4(modelView, point);
    mat4.multiplyVec4(persp, point);
    ...
}
```



Rysunek 8.18. Określenie granic sceny przy użyciu perspektywy

Współrzędne otrzymane w wyniku stosowania macierzy perspektywy muszą zostać znormalizowane przed narysowaniem wierzchołków na scenie. Mówiąc wprost, przekształcamy współrzędne jednorodnie (te zawierające jeden dodatkowy parametr) na zwykłe współrzędne ekranowe zawierające dwa elementy: x i y (listing 8.8).

Listing 8.8. Normalizowanie współrzędnych

```
var ndcPoint = [
    point[X]/point[W],
    point[Y]/point[W]
];
```

Powstałe współrzędne x i y mieszczą się w zakresie od -1 do 1 . „NDC” w zmiennej `ndcPoint` oznacza znormalizowane współrzędne urządzenia (ang. *Normalized Device Coordinates*). Teraz musimy jedynie „rozciągnąć” je na całe płótno, co pokazano na listingu 8.9. Pełny kod dema z rzutem perspektywicznym jest dostępny w pliku `02.perspective.html` dołączonym do kodów źródłowych do tego rozdziału.

Listing 8.9. Translacja współrzędnych ekranowych

```
points[i] = [
    Math.round(canvas.width/2*(1 + ndcPoint[0])),
    Math.round(canvas.height/2*(1 - ndcPoint[1]))];
```

Listing 8.10 przedstawia pełny kod funkcji `renderCube()`, która obsługuje perspektywę (nowy kod jest pogrubiony).

Listing 8.10. Ostateczna wersja funkcji `renderCube()`

```
function renderCube() {

    var modelView = mat4.create();
    mat4.identity(modelView); // Macierz jednostkowa
    mat4.translate(modelView, [0, 0, -10]);
    mat4.rotateX(modelView, xRot);
    mat4.rotateY(modelView, yRot);

    var persp = mat4.create();
    mat4.perspective(45, canvas.width/canvas.height, 0.1, 100, persp);
```

```

var points = [];

for (var i = 0; i < vertices.length; i++) {
    var point = [vertices[i][X], vertices[i][Y], vertices[i][Z], 1];
    mat4.multiplyVec4(modelView, point);
    mat4.multiplyVec4(persp, point);

    var ndcPoint = [
        point[X]/point[W], // W = 3, położenie czwartej współrzędnej
        point[Y]/point[W] // w tablicy
    ];

    points[i] = [
        Math.round(canvas.width/2*(1 + ndcPoint[0])),
        Math.round(canvas.height/2*(1 - ndcPoint[1]))];
}

ctx.strokeStyle = "black";

// Narysuj szkielet
ctx.beginPath();
for (i = 0; i < edges.length; i++) {
    ctx.moveTo(points[ edges[i][0] ][X], points[ edges[i][0] ][Y]);
    ctx.lineTo(points[ edges[i][1] ][X], points[ edges[i][1] ][Y]);
}

ctx.stroke();
ctx.closePath();
xRot += 0.01;
yRot += 0.01;
}

```

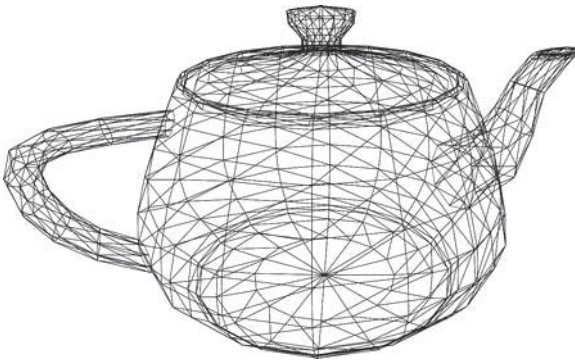
Świetnie! Utworzyłeś bardzo prosty silnik 3D! To naprawdę duże osiągnięcie. I wiesz co? Właśnie zduplikowaliśmy fragment mechanizmu renderującego biblioteki OpenGL — serce tego API. Przeanalizujmy, co właściwie udało nam się osiągnąć.

1. Skorzystaliśmy ze współrzędnych wierzchołków i krawędzi jako danych wejściowych.
2. Zastosowaliśmy przekształcenia wobec wierzchołków, obracając model wokół dwóch osi.
3. Zastosowaliśmy macierz perspektywy na wyniku poprzedniej operacji.
4. Znormalizowaliśmy współrzędne.
5. Przekształciliśmy współrzędne źródłowych wierzchołków na współrzędne płótna 2D.
6. Narysowaliśmy krawędzie obracającego się sześcianu.

Oczywiście cały proces w bibliotece WebGL jest bardziej skomplikowany, jednak jego główne części — przekształcenie wierzchołków, zastosowanie tablic, perspektywy i inne omówione w tym rozdziale zagadnienia — pozostają identyczne. Teraz możemy powiedzieć, że rozumiemy matematyczne podstawy kryjące się za operacjami wykonywanymi w WebGL.

Na koniec pozostaje nam jedno pytanie. Czy jesteśmy w stanie rysować cokolwiek poza prostymi sześcianami, prostokątami i kołami? Oczywiście. Rysunek 8.19 przedstawia bardzo złożony model, który udało mi się znaleźć w internecie. Nie będę wklejał teraz współrzędnych kilkuset wierzchołków, jednak cały kod możesz znaleźć w źródłach dołączonych do tego rozdziału. Rysunek 8.19 przedstawia dzbanek.

Pełny kod dzbanka jest dostępny w pliku *03.teapot.html*.



Rysunek 8.19. Dzbaneł do herbaty wyrenderowany przy uŹyciu tego samego mechanizmu co sześcian

Podsumowanie

W tym rozdziale skupiliśmy się całkowicie na zrozumieniu podstaw teoretycznych odpowiedzialnych za działanie silników 3D. Obliczenie położenia i zastosowanie perspektywy stanowią jedynie pierwszy krok w tworzeniu prawdziwego silnika, który renderuje kolejne ramki wewnątrz gry. Następne kroki są bardziej skomplikowane: usuwanie wielokątów, które nie są widoczne, aby zaoszczędzić czas, zastosowanie tekstur do ścian modeli, obliczanie efektów oświetleniowych itd. Silniki 3D zazwyczaj wykorzystują znacznie bardziej skomplikowane wzory i zależności matematyczne w porównaniu do silników 2D, a do tego silniki trójwymiarowe cały czas się zmieniają. Programiści i matematycy pracują wspólnie w celu uzyskania jeszcze lepszych algorytmów, które pozwolą na renderowanie coraz bardziej rzeczywistych obrazów.

Nawet najbardziej skomplikowana matematyka trójwymiarowa zaczyna się od współrzędnych wierzchołków i obliczeń przekształceń modelu. Jeśli nie pracowałeś nigdy z silnikiem 3D, to teraz możesz się pochwalić, że jesteś jednym z nielicznych programistów, którzy rozumieją, co się dzieje w ramach tego typu silników.

W tym rozdziale utworzyliśmy najprostsze możliwe demo 3D — obracający się sześcian. Podczas tego kursu nauczyliśmy się, jak:

- reprezentować model 3D w pamięci,
- korzystać z macierzy do przemieszczania, obracania i skalowania modeli,
- renderować szkielet,
- implementować rzut perspektywiczny w ramach sceny.

Teraz jesteśmy gotowi, aby zająć się bardziej zaawansowanym tematem — WebGL API.

Skorowidz

A

ADB, Android Debug Bridge, 387
adresy URL danych, 125, 128
AI, Artificial Intelligence, 415
Ajax, 370
akcesor modyfikujący, 151
aktualizacja
aplikacji, 479
 planszy, 108
 prototypu, 46
 shaderów, 321
 treści, 378
algorytm
 A*, 424–427
 brudnych prostokątów, 259
 wykonania ruchu, 403
aliasing, 61
aliasy, 121
animacja, 141, 143
 na płótnie, 136
 w Crafty, 450
animowany rycerz, 118
antialiasing, 61
Apache Ant, 460
Apache Cordova, 459
API, Application Programming
 Interface, 53
 graficzne, 438
 XMLHttpRequest, 372
aplikacja DDMS, 477
aplikacje
 natywne, 157, 457
 Node.js, 337
Aptana Studio, 28, 31
architektura
 API obsługi zdarzeń, 172
 gry Cztery kule, 98, 409
 gry sieciowej, 389
 modułów, 343
arkusz sprite'ów, 118, 130–133

atrybuty
 DOM, 158
 shaderów, 314
audio API, 486
AVD, Android Virtual Device, 36

B

bąbelkowanie, bubbling, 160
bezpieczeństwo, 391
biblioteka, 341
 BinaryFile.js, 329
 Connect, 347
 jQuery, 372
 jQuery UI Effects, 151
 Node.js, 331–367
 OpenGL, 293
 Prototype.js, 372
 RequireJS, 344
 Socket.IO, 394
 SoundManager, 490
 SoundManager2, 487
 WebGL, 298
biblioteki graficzne, 439
Blender, 328
blokada przepływu serwera, 334
blokowanie orientacji ekranu, 98
błąd ReferenceError, 498
błędy, 360, 374, 496
breakpoint, 495
brudne prostokąty, 257, 262, 265
B-splajn, 71
bufor pozaekranowy, 200, 205, 241

C

canvas, 53, 55
cel, destination, 130
ciągły IFRAME, Forever IFRAME, 385
Cordova, 460

CPU, Central Processing Unit, 282
Crafty, 441, 445
CSS, 93
cykliczne wysyłanie żądań, 381
czas pomiędzy ramkami, 142
czujki, watches, 336

D

dane binarne, 328, 376
DDMS, 386, 477
debugowanie, 38
 aplikacji, 495–498
 skryptów, 336
 urządzeń mobilnych, 499
 USB, 499
 w IntelliJ, 336
 w przeglądarce, 496
 w WebStorm, 337
 weinre, 503
dekorowanie tła, 71
deskryptor modułu, 344
długa czynność, 42
dodawanie
 ekranu lobby, 397
 gry do szkieletu HTML, 113
 klasy IsometricTileLayer, 243
 klasy ObjectLayer, 246
 obiektów do klastrów, 250
 obsługi dżojstika, 187
 obsługi płótna, 201
 obsługi rozgrywki, 402
 stylu CSS, 401
 warstwy do gry, 243
dokumentacja
 Connect, 364
 Express, 356, 358
 JSDoc, 102
dokumentowanie kodu w Javie, 103
DOM, Document Object Model, 54

- domknięcie, closures, 340
 - dostęp do
 - natywnego API, 459
 - parametrów zapytania, 355
 - prototypu, 45
 - stanu gry, 107
 - dostępność zasobów, 42
 - drzewo
 - przestrzenne, spatial tree, 245
 - decyzyjne, 432
 - dyspozytor zdarzeń, 378
 - dżbanek do herbaty, 299
 - działanie
 - brudnych prostokątów, 258
 - map kafelkowych, 190
 - szablonów, 352
 - dziedziczenie, 47, 49, 169
 - w encji gier, 442
 - w modułach, 343
 - dziennik zdarzeń, 364
 - dźwięki, 484
 - dźwięki w grze, 493
 - dżoistik wirtualny, 186
- E**
- Eclipse, 28, 458
 - ECs, Entity Component System, 441
 - edytor 3D, 328
 - efekt paralaksy, 361
 - eksport zmiennej, 342
 - element
 - canvas, 53, 55
 - undefined, 360
 - xStats, 197
 - elementy warstwy pośredniej, 358
 - emulacja zablokowanego ekranu, 96
 - emulator
 - systemu Android, 34
 - urządzenia mobilnego, 24
 - encje, 41, 441
- F**
- File API, 377
 - filtrowanie, 359
 - Firebug, 302
 - Flash Player, 487
 - fonty rastrowe, 135
 - format
 - Collada, 328
 - JAR, 340
 - JSON, 327, 344
 - MD2, 328
 - MP3, 489
 - PNG, 131
 - SVG, 55
 - Wavefront, 328
 - fps, 196, 197
 - framework
 - Connect, 347
 - Crafty.js, 41
 - Express, 347, 360
 - Timing, 146
 - funkcja
 - _checkWinDirection(), 109
 - _clearCanvas(), 112
 - _drawMapRegion(), 237
 - _getBoardRect(), 111
 - _getGameState(), 109
 - _getInputCoordinates(), 173
 - _loadItem(), 123
 - _onDownDomEvent(), 176
 - _onItemLoaded(), 124
 - _onMoveDomEvent(), 174
 - _onObjectMove(), 253
 - _onUpDomEvent(), 175
 - _redrawOffscreen(), 202
 - _reset(), 112
 - _throwIfStarted(), 152
 - _updateOffscreenBounds(), 204
 - addConnection(), 422
 - addEventListener(), 160
 - addObject(), 251
 - addUser(), 401
 - animate(), 137, 227
 - app.get(), 355
 - apply(), 227
 - arc(), 65
 - beginPath(), 64, 71
 - bind(), 124, 224–226
 - broadcast(), 396
 - call(), 228
 - canHandleMyself(), 362
 - clearInterval(), 141
 - clearTimeout(), 141
 - closePath(), 65, 71
 - configure, 366
 - console.log, 500
 - create(), 49
 - Crafty.e(), 446
 - Crafty.scene(), 445
 - createPattern(), 78
 - createServer(), 348
 - draw(), 201, 205, 241, 253
 - drawImage(), 129
 - drawPlayer(), 130
 - drawRect(), 62
 - drawScene(), 79, 303, 315
 - emit(), 396
 - extend(), 50
 - extends, 169
 - fillRect(), 62
 - foo(), 502
 - get, 122
 - getBounds(), 212
 - getContext(), 58
 - globalCompositeOperation, 183
 - handleResize(), 111
 - init(), 56, 79, 114
 - load(), 123
 - loadImage(), 79
 - makeTurn, 108
 - markDirty(), 263
 - Math.round(), 132
 - move(), 204
 - moveTo(), 71
 - next(), 359
 - Object.defineProperty(), 401
 - Object.freeze, 41
 - Object.preventExtensions, 41
 - Object.seal, 41
 - onCanvasTouchStart(), 160
 - onDone(), 124
 - onItemLoaded(), 124
 - overrideMimeType(), 376
 - preventDefault(), 160
 - render(), 355
 - renderCube(), 297
 - reorient(), 97
 - repaint(), 97, 105
 - requestAnimationFrame(), 139–143, 149
 - reset(), 107
 - resizeCanvas(), 94, 114
 - restore(), 85
 - rotate(), 83
 - save(), 85
 - scale(), 83
 - set(), 355
 - setInterval(), 139
 - setTile(), 242
 - setTileAt(), 266
 - setTimeout(), 140
 - setTransform(), 83
 - setViewportSize(), 204
 - startGame(), 406
 - stopPropagation(), 160
 - stroke(), 71
 - toDataURL, 126
 - toString(), 351
 - transform(), 83
 - trigger(), 452
 - wrapWithLogging, 501
 - xhr.abort(), 374 - funkcje
 - gry Cztery kule, 98
 - haków do klasy Animatora, 152
 - klasy BoardRenderer, 105
 - klasy InputHandlerBase, 173
 - matematyczne, 228
 - nasłuchujące, 159
 - przejścia, 71, 151
 - w GLSL, 312
 - funkcjonalność lobby, 395

G

generator zdarzeń, event emitter, 155
 geometria sześcianu, 304
 GLSL, 308
 głośność dźwięku, 491
 główny plik
 HTML, 411
 serwera, 405
 gniazda, sockets, 332, 394
 gniazdo Flash, Flash Socket, 385
 GPU, Graphics Processing Unit, 282
 gra, 53
 Angry Birds, 133
 Contra, 117
 Cztery kule, 53, 91, 390
 Fallout, 219
 Quake II, 328
 SimCity, 219
 Warcraft 2, 190
 XCOM, 219
 gradienty, 73
 liniowe, 73
 radialne, 75
 graf, 418
 skierowany, 420
 tworzony ręcznie, 430
 ważony, 420
 grafika
 rastrowa, 118
 wektorowa, 118
 granice mapy, 238, 239
 grupowanie transformacji, 82
 gry
 RPG, 189
 sieciowe, 378, 390

I

IDE, Integrated Development Environment, 23, 27
 identyfikator środowiska, 366
 ikony, 468, 469
 implementacja
 algorytmu A*, 427, 430
 animacji, 142
 dziedziczenia, 48
 grafów, 420
 klastrów obiektów, 248
 klasy InputHandlerBase, 173
 klasy WorldObjectRenderer, 208
 logiki gry, 277
 mapy kafelków, 191
 przekształceń, 292
 wirtualnego dżoystika, 187
 informacje
 o błędach, 365
 o modułach, 346

inicjalizacja
 biblioteki SoundManager2, 488
 drzewa decyzyjnego, 434
 dźwięku, 484
 frameworku Crafty, 444
 MouseEventHandler, 176
 WebGL, 302
 instalacja
 Node.js, 335
 SDK, 35
 instalowanie frameworków, 345
 instrukcja if-else, 311
 IntelliJ Idea, 28, 337, 458
 interakcja, 274
 interfejs
 CustomEvent, 165
 użytkownika, 271
 interpolacja liniowa, 322
 interwał odpytywania, polling interval, 380
 izometryczny silnik gry, 220

J

JAR, Java ARchive, 340
 JDK, Java Development Kit, 23
 język
 GLSL, 309
 JavaScript, 24, 38

K

kafelki, tiles, 189, 192
 izometryczne, 215, 233
 tła, 192
 katalog
 bin, 27
 conf, 33
 node_modules, 344
 klasa
 Animator, 145–151
 Array, 231
 BoardModel, 99, 348–351, 403, 409
 BoardRenderer, 99, 105, 409
 DirtyRectangleManager, 260, 263, 266
 EventEmitter, 166–169
 Game, 99, 110, 224, 409
 GameObject, 229, 262
 GameSession, 407
 ImageManager, 121, 126, 169
 InputHandlerBase, 173, 175
 IsometricTileLayer, 237, 241, 257, 266, 276
 LayerManager, 222, 268
 LobbyUsersList, 398
 MapRenderer, 194, 198
 MouseEventHandler, 172, 176
 ObjectLayer, 245–247, 255, 265, 276
 PropertyAnimator, 151
 Rect, 228
 RoundStateButton, 271
 SpriteSheet, 134, 212
 StaticImage, 246
 TouchInputHandler, 172, 178
 UILayer, 272, 276
 WorldObject, 208
 WorldObjectRenderer, 208
 klastry, 245, 248
 klasy gry Cztery kule, 99
 klient serwera Socket.IO, 396
 klucz
 debugowania, 474
 RSA, 474
 kod shaderów, 313
 kodowanie base64, 125
 kolejność
 mnożenia, 290
 przekształceń, 83, 291
 renderowania, 235
 kolor, 73, 319
 kolor piksela, 181
 komentarze JSDoc, 102
 kompensacja opóźnienia, 392
 kompilacja shadera wierzchołków, 314
 komponent
 lotnika, 443
 mechanika, 443
 WebView, 458
 komponenty gry Cztery kule, 392
 komunikacja
 klient-serwer, 394
 w czasie rzeczywistym, 379
 komunikat o błędzie, 360, 366
 konfiguracja
 Apache Ant, 460
 Apache Cordova, 459
 AVD, 36
 serwera, 371
 serwera nginx, 33
 timerów, 139
 WebGL, 302
 zmiennych środowiskowych, 25
 konfiguracje serwera, 366
 konsola programisty, 477, 478
 konstruktor, 48
 grafu, 422
 klasy
 BoardModel, 106
 BoardRenderer, 100
 Game, 111
 ImageManager, 122
 InputHandlerBase, 173
 MapRenderer, 194
 PropertyAnimator, 152

kontekst, 57, 83
 3D, 58
 globalCompositeOperation, 182
 kontrola przepływu zdarzeń, 160
 kontrolki mobilne, 156
 kontur, 72
 konwencja wielbłądzia, camel case, 468
 koszt drogi, 425
 krawędzie, edges, 286
 krawędzie sześcianu, 287
 krzywe, 64, 68
 krzywe Béziera, 69, 71
 książka adresowa, 472
 kwalifikator pamięciowy, 309

L

łagi, 392
 liczba klatek na sekundę, 142, 196
 linia, 60, 64
 lista
 kontaktów, 473
 krawędzi, 426
 listy algorytmu A*, 426
 liście drzewa decyzyjnego, 434
 lobby, 401
 logika gry, 277, 414
 logo, 446

Ł

ładowanie
 modeli, 327
 obrazka, 124, 128
 zasobów, 448
 łańcuch prototypów, 44
 łączenie
 komponentów, 442
 przekształceń, 290
 łuk, 65, 256

M

macierz, matrix, 287
 jednostkowa, 291
 modelView, 305
 projection, 305
 projekcji, 296
 transformacji, 292
 macierzowa reprezentacja grafu, 419
 mapa
 izometryczna, 216
 kafelków, 189–191
 maski obrazków, 181
 mechanizm zdarzeń, 158
 menedżer
 pakietów NMP, 345
 warstw, 268

metoda, *Patrz* funkcja
 metody
 przechwytywania zawartości
 konsoli, 48
 tworzenia grafu, 430
 metryka Manhattan, 429
 mikroruchy, 171
 mnożenie macierzy, 288
 model, 286
 asynchroniczny, 335
 DOM, 54, 157
 high-polygon, 327
 low-polygon, 327
 rozszerzania obiektów, 50
 wątków, 138
 modele trójwymiarowe, 327
 moduł Web Developer Tools, 337
 moduły, modules, 341
 modyfikacja
 klasy ImageManager, 126
 shaderów, 326
 mostek urządzeń Androida, 499

N

narzędzie
 Ant, 458
 Apache Cordova, 157, 459
 DDMS, 386
 DummyNet, 387
 JavaDoc, 103
 keytool, 474
 MP3Loop, 490
 weinre, 502
 xStats, 196
 nasłuchiwanie
 własnych zdarzeń, 166
 zdarzeń, 162, 452
 natywne
 API, 471
 funkcjonalności, 472
 nazwy zmiennych, 106
 Node.js, 331–367
 dziedziczenie, 343
 klasa BoardModel, 349
 moduły, 341
 NPM, 345
 sesje, 357
 szablony, 352
 udostępnianie plików, 351
 warstwa pośrednia, 358
 normalizowanie współrzędnych, 297
 NPM, 345

O

obiekt
 _dirtyRectangleManager, 264
 BoardModel, 348

canvas, 53, 89
 event, 158
 itemCount, 123
 płótna, 53
 respond, 406
 XMLHttpRequest, 372
 zdarzenia, 158
 obiektowy model dokumentu, 54
 obiekty złożone, 255
 obliczanie
 długości odcinka, 283
 liczby kul, 110
 promienia pionka, 101
 przesunięć gradientów, 101
 współrzędnych projekcji, 293
 obrót, 82
 obrót sześcianu, 294
 obsługa
 animacji, 451
 błędów, 120, 360, 362
 błędów w XHR, 374
 danych binarnych, 376
 dziennika zdarzeń, 364
 dźwięku, 483, 490
 ekranów, 101
 ekranów dotykowych, 162
 ekranu, 111
 fizyki gry, 133
 kliknięć, 112
 kolorów, 321
 logiki, 404
 płótna, 56
 rozgrywki, 402
 ruchu, 253
 ruchu obiektów, 255
 sesji, 357
 sieci, 371, 467
 Socket.IO, 395
 warstw, 270
 własnych zdarzeń, 166
 zdarzeń, 158, 172, 275
 zdarzeń serwera, 400
 żądania HTTP, 373
 obszar widoku, viewport, 93, 198, 238
 oddalanie, zoom out, 283
 odległość pomiędzy punktami, 417
 odpytywanie
 cykliczne, 380
 długotrwałe, 381, 382
 JSONP, 385
 odświeżanie
 bufora pozaekranowego, 241
 płótna, 204
 odtwarzanie
 dźwięku, 486, 491
 w pętli, 489
 odwrotny Ajax, reverse Ajax, 378
 ograniczenia Ajaksa, 370

okno DDMS, 387
 OpenGL, 293, 301
 OpenGL ES 2.0, 305
 operacja
 source-atop, 183
 source-over, 182
 operacje
 wejściowe, user input, 155, 164
 wejściowe zaawansowane, 179
 opóźnienia sieci, 392
 optymalizacja renderowania mapy, 203
 optymalizacje, 213
 orientacja ekranu, 96
 oznaczanie brudnych prostokątów, 266

P

pamięć podręczna, cache, 128
 pamięć podręczna obiektów, 250
 paradygmat komponentów encji, 441
 parametry
 kafelka, 235
 sesji, 357
 parsowanie wejścia użytkownika, 355
 pasek stanu, 470
 pętla
 do-while, 312
 for, 312
 while, 312
 plansza do gry, 87
 plik
 .bash_profile, 26
 1.skeleton.html, 56
 AndroidManifest.xml, 465, 468
 animal.js, 342
 Animator.js, 147
 BoardModel.js, 105, 404
 BoardRenderer.js, 100
 cordova-2.0.0.js, 472
 error.ejs, 362
 final.html, 86
 FourBalls.java, 464, 470
 Game.js, 113, 224
 gl-matrix.js, 292
 Graph.js, 423
 hamster.js, 342
 index.html, 195, 411, 413
 InputHandler.js, 413
 Level.js, 243
 logo.png, 446
 nginx.conf, 33
 package.json, 344
 Rect.js, 228
 skeleton.html, 98
 socket.io.js, 397
 strings.xml, 468
 transform-demo.html, 80
 utils.js, 141, 231
 weinre.jar, 502
 world.js, 193
 pliki
 .bat, 458
 .java, 464
 APK, 478
 z opisem modułu, 344
 płótno, 53, 56
 płótno pozaekranowe, 238
 pływające
 div-y, 55
 ramki, floating frame, 370
 pobieranie granic mapy, 239
 podejmowanie decyzji, 432
 podpisywanie aplikacji, 474
 podścieżki, 71
 podział
 na klastry, 248
 siatki, 240
 sprite'ów na kategorie, 128
 polecenie logcat, 499
 położenie obiektu, 146
 poprawianie adresów URL, 467
 port 80, 33
 porządek renderowania, 211
 postaci niegrywalne, 485
 potok, pipeline, 305
 potok OpenGL ES 2.0, 305
 powiadomienia push, 378
 powierzchnie NURBS, 71
 proces renderowania, 307
 program Blender, 328
 programowanie
 po stronie serwera, 348
 zorientowane obiektowo, 43
 projekt
 Cordova, 463
 Socket.IO, 394
 Three.js, 330
 WANem, 387
 propagowanie zdarzeń, 275, 278
 prostokąt, 62
 prototypy, 44
 próg
 brudnego obszaru, 260
 ruchu, movement threshold, 171
 przechwytywanie wejścia
 użytkownika, 157
 przeciągnij i upuść, 179
 przeglądarki mobilne, 51
 przekazywanie
 danych koloru, 322
 danych tekstur, 327
 zdarzenia, 275
 przekierowanie użytkownika, 160
 przekształcanie
 koloru, 184
 sześciangu, 292

przekształcenia kontekstu, 85
 przekształcanie, *Patrz* transformacja
 przełączanie pomiędzy ekranami, 411
 przemieszczanie rycerza, 451
 przemieszczenie pocisku, 150
 przepływ
 sterowania, 445
 w grze sieciowej, 404
 w Node.js, 334
 przestrzeń nazw, namespace, 338, 461
 przestrzeń nazw com.juriy.math, 340
 przestrzeń robocza, workspace, 31
 przesunięcie, slide, 80, 156
 przesunięcie sześciangu, 290
 przesuwanie
 mapy, 195
 na stronie, 56
 przetwarzanie żądania, 358
 przezroczystość, 131
 przybliżenie, zoom, 283
 przygotowywanie tekstur, 325
 przypisywanie koloru, 320
 przyspieszenie, 146
 przywracanie kontekstu stanu, 84
 publikowanie
 aplikacji, 473, 478
 w serwisie Google Play, 476
 punkt
 kontrolny, 68
 orientacyjny, way point, 417
 początkowy gry, 223
 zaczepienia, anchor point, 133

R

radiany, 66
 raport o błędzie, 362
 referencja do samej funkcji, 137
 rejestracja w Google Play, 477
 rejestrowanie
 informacji, 500
 zdarzeń, 158
 renderer kodu HTML, 351
 renderowanie
 3D, 281, 283
 animacji, 133
 aplikacji, 315
 kafelków, 232
 kafelków map, 194
 mapy, 195, 203
 obiektów, 209, 211, 244
 OpenGL, 305
 pionków, 76
 planszy, 100
 programowe, 282
 sceny, 98
 sceny 3D, 284

- renderowanie
 - siatki kafelków, 194
 - sprzętowe, 282
 - stron internetowych, 351
 - sześcianu, 313
 - ścieżek, 63
 - terenu, 449
 - tła, 449
 - trójkątów, 72
 - warstw silnika, 221
 - REPL, read-eval-print loop, 344
 - resetowanie
 - pamięci podręcznej, 250
 - plótka pozaekranowego, 241
 - stanu kontekstu, 84
 - statusu przycisku, 177
 - rodzaje
 - błędów, 374
 - węzłów, 433
 - rozdzielczość emulatora, 36
 - rozmiar
 - ekranu, 101
 - obszaru widoku, 252
 - plótka pozaekranowego, 201
 - rozszerzenia, extensions, 341
 - RPG, Role-Playing Games, 189
 - ruch
 - kuli, 256
 - obiektu, 254
 - rysowanie
 - elementów gry, 67
 - kafelków, 192, 195
 - kół, 66
 - krzywych, 68, 70
 - linii, 59, 64
 - łuków, 65
 - maski obrazu, 183
 - na płótnie, 57
 - obiektów świata gry, 209
 - obrazka, 129
 - obszaru ograniczonego, 236
 - pionowej linii, 60
 - pojedynczych ramek, 134
 - postaci, 492
 - prostokąta, 62
 - przy użyciu współrzędnych, 132
 - siatki, 64
 - sprite'ów, 135
 - sześcianu, 315
 - ścieżek, 64
 - tła planszy, 63
 - udekorowanego sprite'a, 236
 - udekorowanych kafelków, 236
 - w przeglądarce, 55
 - widocznych kafelków, 199
 - rzut
 - izometryczny, 215
 - perspektywiczny, 296
 - prostokątny, 296
 - rzutowanie promieni, 431
- ## S
- scena, 287
 - SDK Manager, 35
 - SDK systemu Android, 34
 - Server-Sent Events, 379
 - serwer
 - Ajax, 370
 - Apache, 33
 - dla gry, 347
 - nginx, 33, 338
 - stron internetowych, 24, 33
 - serwis
 - Apache Incubator, 460
 - Google Play, 477
 - W3Techs, 33
 - sesje, 357
 - setter, 151
 - shader, 308
 - fragmentów, 313, 321
 - wierzchołków, vertex shader, 306, 321, 326
 - siatka
 - izometryczna, 216
 - kafelków, 194
 - nawigacyjna, 431
 - sieć Wi-Fi, 34
 - silnik
 - Crafty, 437, 441
 - Engine X, 437
 - ejs, 355
 - Node.js, 50
 - silniki
 - 3D, 285
 - izometryczne, 219
 - szablonów, 352
 - gier, 437, 440
 - trójwymiarowe, 281
 - skalowanie, 81, 119
 - sklepy, 459
 - składnia adresu URL, 125
 - skrypt
 - build.xml, 462
 - Node.js, 333
 - słowo kluczowe
 - private, 39
 - this, 225
 - sortowanie, 211
 - sortowanie obiektów, 212
 - specyfikacja
 - ECMA, 49
 - GLSL, 309, 313
 - WebGL, 58
 - sprawdzanie
 - pamięci podręcznej, 252
 - typu urządzenia, 162
 - warunków zwycięstwa, 110
 - sprite'y, 118
 - stała Math.PI, 66
 - stan kontekstu, 84
 - standard REST, 345, 356
 - stany
 - gry, 274
 - XHR, 373
 - stos
 - warstwy pośredniej, 358
 - wywołań, 338
 - stosowanie
 - API, 459
 - atrybutów shaderów, 314
 - buforów, 307
 - sesji, 357
 - wzorców, 78, 79
 - strategia powtarzania, repetition strategy, 78
 - strona
 - aplikacji, 479
 - błędu, 361
 - struktura projektu, 393, 462, 464
 - strumieniowanie XHR, 383
 - klient, 383
 - serwer, 384
 - strumień, stream, 365
 - strumień do zapisu, 365
 - stuknięcie, tap, 156
 - styl background-image, 55
 - SVG, Scalable Vector Graphics, 55
 - symulowanie
 - dźwojstka, 185
 - złych warunków sieci, 387
 - system
 - komponentów encji, 441, 444
 - kontroli wersji, 344
 - szablon
 - EJS, 352
 - Jade, 353
 - szacunkowy koszt drogi, 425
 - sześcian
 - w 3D, 286
 - z nałożoną teksturą, 327
 - szkielet
 - gry, 92
 - strony HTML5, 56, 93, 95
 - sztuczna inteligencja, AI, 415
- ## Ś
- ściany, faces, 286
 - ścieżka, 26
 - systemowa PATH, 25
 - wirtualna, 63
 - śledzenie
 - ruchu obiektów, 254
 - stanu przycisku, 176
 - użytkowników, 400

środowisko
 deweloperskie, 41
 produkcyjne, 41

T

tablica, 231
 query, 355
 targetTouches, 160
 tablice typowane, 377
 technologia
 Ajax, 370
 WebSocket, 371
 tekstury, 322, 324
 teren izometryczny, 221, 231, 247
 testowanie
 aplikacji Android, 462
 projektu, 466
 zdarzeń, 178
 timery, 137, 143
 transformacja
 obrót, 82
 skalowanie, 81
 translacja, 80
 translacja współrzędnych
 ekranowych, 297
 transporty, 386
 trójkąt, 304, 306
 tryb
 LAN Game, 389
 pełnoekranowy, 459, 470
 portretowy, 97
 REPL, 344
 rysowania, 57
 tutorial
 Blendera, 328
 DummyNet, 387
 WebGL, 330
 tworzenie
 animacji, 136, 137
 aplikacji natywnej, 461
 aplikacji WebGL, 316, 317, 318,
 319
 aplikacji webowych, 347
 buforów, 307
 cyfrowego klucza, 474
 grafu, 422
 grafu wyszukiwania ścieżek, 430
 gry Cztery kule, 91, 99
 gry sieciowej, 389
 gry w Crafty, 447
 kodu w JavaScript, 38, 42
 lobby, 399
 macierzy, 290
 macierzy projekcji, 296
 macierzy przekształceń, 293
 modułu, 341
 natywnych aplikacji, 457

nowego AVD, 37
 obiektów, 43
 obrazka, 126
 podścieżki, 71
 pustego projektu, 461
 silnika izometrycznego, 219
 szablonu, 353
 typ
 Float32Array, 308
 NumericDecision, 433
 typy danych w GLSL, 310

U

udostępnianie plików statycznych, 351
 układ współrzędnych
 biegunowy, 185
 kartezjański, 58
 unoszenie, hover, 156
 uprawnienie
 ACCESS_NETWORK_STATE,
 472
 INTERNET, 473
 READ_CONTACTS, 473
 urządzenia dotykowe, 156
 usługa Perfecto Mobile, 35
 ustawianie
 funkcji przejścia, 152
 sceny, 445
 ustawienia strony HTML, 55
 usuwanie obiektu z klastra, 252

W

W3C, 372
 wachlarze trójkątne, 304
 walidacja, 411
 warstwa
 kliencka, 408
 obiektów, 257
 pośrednia, middleware, 358
 pośrednia errorHandler, 361
 serwerowa, 404
 session, 358
 static, 359
 wątki, 137
 wczytywanie
 danych binarnych, 329
 dźwięków, 491
 obrazka, 120
 opóźnione sceny, 448
 pliku w Node.js, 333
 sprite'ów, 447
 tekstury, 324
 wielu obrazków, 121
 Web Audio API, 485, 486
 Web Module, moduł webowy, 28
 WebGL, 281, 298–330
 WebSocket, 371, 379

WebStorm, 337
 węzły, nodes, 433
 węzły drzewa decyzyjnego, 433
 wiązanie shaderów, 313
 widok
 izometryczny, 214, 219
 z lotu ptaka, 207, 215
 wielodotyk, multitouch, 156
 wielokąt, 327
 wierzchołki, vertexes, 286
 otwarte, 426
 sześcianu, 286
 wirtualne urządzenie, 36
 własna właściwość, own property, 44
 właściwości, 44
 właściwości niewyliczalne, 401
 właściwość
 __proto__, 45
 background-repeat, 78
 canvas.height, 94
 canvas.width, 94
 constructor, 48
 document.body.clientWidth, 95
 document.width, 95
 exports, 344
 module.exports, 342
 prototype, 45
 readyState, 373
 responseType, 377
 socket, 401
 src, 125
 window.orientation, 96
 współdzielenie logiki gry, 403
 współrzędne
 ekranowe, 232
 siatki izometrycznej, 232
 świata, 232
 świata gry, 206
 tekstury, 325
 zdarzenia, 163
 wtyczka, plug-in, 341
 Firebug, 302
 Flash, 489
 wybór IDE, 28, 32
 wyciek pamięci, memory leaks, 166
 wydajność
 renderowania, 198
 rysowania, 131
 wyjątek, exception, 160, 338
 wykonywanie ruchów, 107
 wykrywanie
 dotknięć, 161
 modułów, 344
 wymuszanie orientacji, 96
 wypełnienie, 63, 77
 wyrażenie
 arguments.callee, 137
 foo, 502

wyrównanie, alignment, 458
 wysyłanie e-maili, 363
 wyszukiwanie ścieżek, 416, 424, 430
 wyświetlanie
 grafu, 423
 planszy, 103, 350
 wywołania
 asynchroniczne, 41
 synchroniczne, 41
 zwrotne, 120, 169, 226, 408
 wywoływanie
 metody setTimeout, 139
 XHR, 467
 zdarzeń, 452
 wyzwanie, challenge, 404
 wzorce, patterns, 77
 wzór na długość odcinka, 283

X

XHR, XMLHttpRequest, 329, 370
 XHR streaming, 383
 XMLHttpRequest Level 2, 375

Z

zadania
 klienta, 391
 serwera, 391
 zakończenie gry, 407
 zapętlenie dźwięku, 493
 zapisywanie
 dziennika, 365
 informacji o błędach, 365
 kontekstu stanu, 84
 zarządzanie płótnem
 pozaekranowym, 240
 zasięg
 globalny, 340
 w JavaScript, 341
 zasoby natywne, 471

zatrzymywanie
 przeglądarki, 137
 timerów, 141
 zdarzeń, 175, 278
 zbiór kluczy, keystore, 474
 zdarzenia
 down, 170
 move, 171
 myszy, 163
 przeglądarki, 157
 serwera, 400
 up, 170
 własne, 165, 170
 zdarzenie, event, 160
 _onDownDomEvent, 174
 _onUpDomEvent, 175
 connection, 396
 deviceready, 472
 finished, 166
 loaded, 166
 MouseDown, 453
 onclick, 356
 onerror, 120
 onLoaded, 121
 onProgress, 123, 124
 orientationchange, 96
 touchstart, 165, 453
 zgłaszanie błędów, 360
 zintegrowane środowisko
 programistyczne, IDE, 23, 27
 zmiana
 kontekstu stanu, 84
 obszaru widoku, 199
 ogniskowej, 284
 pikseli, 185
 położenia, 252
 położenia obrazka, 57
 rozmiaru ekranu, 111
 rozmiaru planszy, 111
 rozmiaru płótna, 94

zmienna
 ANDROID_HOME, 38
 modelView, 293
 NODE_DEV, 366
 NODE_PATH, 344
 zmiennie
 środowiskowe, 25, 38
 typu varying, 322
 znacznik
 app_name, 468
 audio, 484, 485, 487
 iframe, 370
 img, 487
 Meta Viewport, 93
 znak
 krzyżyka, 34
 ucieczki, 26
 ukośnika, 26
 znaki \n, 26

Ź

źródło, source, 130
 źródło danych dla obrazka, 125

Ż

żądania
 GET, 356
 HTTP, 373
 POST, 356
 uprawnień, 472
 XHR, 373

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>

Potencjał HTML5, CSS3 i JavaScriptu pozwala na tworzenie niesamowitych gier i aplikacji. Dzięki tym technologiom powstało oprogramowanie działające w mobilnej przeglądarce internetowej. Jeżeli dodamy do tego moc współczesnych telefonów i tabletów działających z systemem Android, może się okazać, że to trio stanowi niezastąpiony zestaw narzędzi.

Dzięki tej książce rozwiniesz swoje umiejętności programistyczne. W trakcie lektury dowiesz się, jak najszybciej rozpocząć przygodę z grami dla platformy Android. W kolejnych rozdziałach nauczysz się korzystać z grafiki i animacji w przeglądarce, obsługiwać zdarzenia i operacje wykonywane przez użytkownika oraz stosować różne sposoby renderowania świata gry. Zbudujesz też własny silnik izometryczny oraz wykorzystasz WebGL do stworzenia zaawansowanej grafiki 3D. Dodatkowo zdobędziesz wiedzę na temat programowania sztucznej inteligencji oraz zapewniania komunikacji aplikacji z serwerem. W tej chwili tylko krok dzieli Cię od tworzenia gier w trybie multiplayer! Książka ta jest doskonałym i kompletnym źródłem informacji dla wszystkich osób chcących wykorzystać platformę Android i przeglądarkę internetową do pisania zaawansowanych i atrakcyjnych gier.

Stwórz grę:

- działającą na platformie Android
- wykorzystującą mistrzowskie trio: HTML5, CSS3 i JavaScript
- zawierającą zaawansowane elementy graficzne 3D
- dla wielu graczy
- i odnieść sukces!

Niezastąpiony podręcznik dla każdego programisty tworzącego gry!

helion.pl
księgarnia
internetowa

Nr katalogowy: 14664



Księgarnia internetowa
<http://helion.pl>



Zamówienia telefoniczne:

0 801 339900



0 601 339900

Apress®



Helion

Sprawdź najnowsze promocje:

• <http://helion.pl/promocje>

Książki najchętniej czytane:

• <http://helion.pl/bestsellery>

Zamów informacje o nowościach:

• <http://helion.pl/nowosci>

Helion SA
ul. Kosciuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
<http://helion.pl>

sięgnij po **WIECEJ**



KOD KORZYŚCI

ISBN 978-83-246-7401-5



9 788324 674015

Cena: 79,00 zł

Informatyka w najlepszym wydaniu