

Spis treści

Wstęp 7

Rozdział 1. Schematy różnicowe rozwiązywania
równań różniczkowych zwyczajnych 11

1.1. Równania różniczkowe zwyczajne i różnice skończone 11

1.2. Równania różniczkowe zwyczajne i rachunek całkowy 13

 1.2.1. Schemat różnicowy Eulera 13

 1.2.2. Rozwiązanie równania rozpadu promieniotwórczego 16

 1.2.3. Metoda skokowa z wstępnymi obliczeniami Eulera 19

 1.2.4. Wahadło matematyczne 24

 1.2.5. Punkt materialny przymocowany do sprężyny 33

1.3. Dokładniejsze metody wyznaczania rozwiązań równań różniczkowych 39

 1.3.1. Metoda punktu środkowego drugiego rzędu 40

 1.3.2. Metoda Rungego-Kutty czwartego rzędu 42

1.4. Zestawienie poznanych schematów rozwiązywania
równań różniczkowych zwyczajnych 44

1.5. Podsumowanie 46

Rozdział 2. Dynamika według sir Isaaca Newtona 47

2.1. Rachunek wektorowy 47

 2.1.1. Klasa Wektor 48

 2.1.2. Operacje na wektorach 49

 2.1.3. Rachunek wektorowy — podsumowanie 55

2.2. Zasady dynamiki Newtona 56

 2.2.1. Pierwsza zasada dynamiki Newtona 56

 2.2.2. Druga zasada dynamiki Newtona 56

 2.2.3. Trzecia zasada dynamiki Newtona 56

2.3. Model fizyczny dynamiki układów punktów materialnych	57
2.3.1. Elementy składowe modelu	57
2.4. Punkt materialny	60
2.4.1. Przechowywanie danych. Lista jednokierunkowa	60
2.4.2. Równania ruchu pojedynczego punktu materialnego	64
2.5. Kolizje	68
2.5.1. Prosta metoda wykrywania kolizji punkt – ściana	68
2.5.2. Nieruchoma sfera kolizji	70
2.6. Oddziaływania między punktami materialnymi	79
2.6.1. Prawo powszechnego ciążenia	80
2.6.2. Oddziaływanie sprężyste pary punktów	83
2.7. Konstruowanie obiektów złożonych	86
2.7.1. Model dwuwymiarowego sznura	86
2.7.2. Symulacja trójwymiarowych tkanin	89
2.7.3. Konstrukcja bryły sztywnej	90
2.7.4. Konstrukcja modelu poruszającej się postaci	93
2.8. Obiekty złożone z „mięśniami”	95
2.8.1. Więzy odległości	99
2.9. Ciała miękkie	103
2.9.1. Symulacja flagi	103
2.9.2. Szczypta historii	106
2.9.3. Model fizyczny ciał miękkich	107
2.9.4. Ciśnienie i równanie stanu gazu doskonałego	109
2.9.5. Objętość zamkniętej bryły	110
2.9.6. Algorytm symulacji ciała miękkiego	113
2.9.7. Kod źródłowy symulacji ciał miękkich — HTML5	116
2.9.8. Przykłady symulacji	127
2.9.9. Wzajemne kolizje	128
2.9.10. Zmienny krok czasowy symulacji	132
2.9.11. Perspektywy ciał miękkich	133
2.10. Podsumowanie	135

Rozdział 3. Rozwiązanie numeryczne równania falowego 137

3.1. Co to jest fala?	137
3.2. Klasyczne równanie falowe	138
3.3. Równanie falowe w jednym wymiarze	138
3.3.1. Podział równania falowego na układ dwóch sprzężonych równań różniczkowych pierwszego rzędu	139
3.3.2. Siatka różnicowa Eulera w jednym wymiarze	139

3.3.3. Rozwiązanie algorytmiczne układu równań sprzężonych	140
3.3.4. Algorytm programu realizującego równanie falowe 1D	141
3.3.5. Efekty działania przedstawionego algorytmu	147
3.4. Równanie falowe w dwóch i więcej wymiarach przestrzennych	152
3.4.1. Siatka różnicowa Eulera w dwóch wymiarach	153
3.4.2. Realizacja symulacji równania falowego w dwóch wymiarach	157
3.5. Podsumowanie	164

Rozdział 4. Symulacje cieczy nieściśliwej 165

4.1. Równanie Naviera-Stokesa dla cieczy nieściśliwej	165
4.1.1. Warunek nieściśliwości cieczy	166
4.1.2. Pola wektorowe	167
4.1.3. Analiza równania Naviera-Stokesa	169
4.2. Rozwiązanie uproszczone równań NS	172
4.2.1. Równanie płytkiej wody	172
4.2.2. Warunek zachowania masy	173
4.2.3. Końcowa postać równania dla płytkiej wody	174
4.2.4. Przybliżenie dyskretne	175
4.2.5. Efekty działania	178
4.3. Pełne rozwiązanie równań NS dla cieczy nieściśliwej	180
4.3.1. Reprezentacja cieczy	181
4.3.2. Schematy różnicowe dla równania NS	187
4.3.3. Warunki brzegowe	197
4.3.4. Algorytm programu	201
4.3.5. Wizualizacja rezultatów obliczeń	215
4.4. Ogólnie o schematach różnicowych	219
4.5. Metoda gazu sieciowego Boltzmanna	220
4.5.1. LBM a gaz sieciowy LGA	221
4.5.2. Funkcja rozkładu	222
4.5.3. Model dwuwymiarowy (D2Q9)	223
4.5.4. Prędkość, gęstość, ciśnienie	225
4.5.5. Równanie transportu Boltzmanna	226
4.5.6. Algorytm	230
4.5.7. Implementacja LBM w języku C/C++	232
4.5.8. Przepływ wielofazowy	262
4.5.9. Model trójwymiarowy (D3Q15)	267
4.5.10. Przepływ przez ośrodki porowate	271
4.5.11. Jednostki fizyczne w LBM	291
4.5.12. Metoda wielorelaksacyjna LBM-MRT	296

4.5.13. Metoda LBM dla $\tau = 1$	300
4.5.14. Przepływ z powierzchnią swobodną	311
4.6. Podsumowanie	313

Rozdział 5. Równanie Schrödingera 315

5.1. Funkcja falowa — wektor stanu układu kwantowego	315
5.2. Ewolucja w czasie stanu układu kwantowego	316
5.3. Dyskretna postać operatora ewolucji w czasie	317
5.4. Schemat rozwiązywania różnicowego	318
5.5. Stan początkowy układu	319
5.6. Implementacja	319
5.6.1. Algorytm programu	320
5.6.2. Konstrukcja stanu początkowego	320
5.6.3. Pętla obliczeniowa	322
5.7. Rezultaty	324
5.8. Podsumowanie	326

Dodatek A. Materiały dołączone do książki 327

Bibliografia 351

Skorowidz 364