

**K.A. Stroud
Dexter J. Booth**

**MATEMATYKA
INŻYNIERSKA
POZIOM ZAAWANSOWANY**

WYDANIE VI

Z języka angielskiego przełożył

Szymon Wąsowicz

Pętla

Tytuł oryginału: Advanced Engineering Mathematics (8th Edition)

Copyright © K.A. Stroud, Dexter Booth 2020

This translation of Advanced Engineering Mathematics, 6th edition is published by arrangement with Bloomsbury Publishing Plc.

Copyright © for the translation by Pętla Sp. z o.o. 2023

Copyright © for the Polish edition by Pętla Sp. z o.o. 2023

Wszystkie prawa zastrzeżone. Kopiowanie i rozpowszechnianie całości albo fragmentów tej książki – z wyjątkiem cytatów w artykułach i przeglądach krytycznych – możliwe jest tylko na podstawie pisemnej zgody właściciela praw autorskich.

REVIEW BOARD FOR THE SIXTH EDITION:

Declan Bates, Professor of Bioengineering, School of Engineering,
University of Warwick, UK

Stewart Chidlow, Senior Lecturer in Applied Mathematics, School of Applied
Mathematics, Liverpool John Moores University, UK

Patrick Johnson, Senior Lecturer in Mathematics, Department of Engineering
and Mathematics, Sheffield Hallam University, UK

Colin Steele, Director of Service Teaching, Department of Mathematics,
University of Manchester, UK

Tłumaczenie **Szymon Wąsowicz**

Redakcja **Agnieszka Jarosz**

Oprawa graficzna i skład **Marta Dobrzyńska**

ISBN 978-83-944283-3-4

Pętla Sp. z o.o.

<http://www.stroud.edu.pl/>

www.facebook.com/matematykastroud/

info@stroud.edu.pl

tel. 508 270 779



Indeks

- Adresy względne 13
- Algebra macierzy 384
- Macierze osobliwe i nieosobliwe 385
 - Operacje elementarne i macierze równoważne 387
 - Przekształcenia układów współrzędnych 413
 - Rozwiązywanie układów równań liniowych 394
 - Zgodność układu równań liniowych 390
- Alternatywna postać całki krzywoliniowej skierowanej 687
- Alternatywne postaci funkcji eliptycznych 773
- Analiza płaszczyzny fazowej 472, 478
- Analiza płaszczyzny fazowej 478
 - Co dzieje się wokół punktu krytycznego? 486, 488
 - Dwie identyczne wartości własne 497
 - Dwie rzeczywiste dodatnie wartości własne 491
 - Dwie rzeczywiste ujemne wartości własne 487
 - Dwie rzeczywiste wartości własne różnych znaków 494
 - Niejednorodny układ równań 500
 - Osobliwa macierz współczynników 499
 - PPLANE 475
 - Przesunięcie punktu krytycznego do początku układu współrzędnych 501
 - Urojone wartości własne 478
 - Wahadło sprężynowe 473
 - Wartości własne a płaszczyzna fazowa 478
 - Węzeł gwiazdzisty 498
 - Zespolone wartości własne 483
- Analiza wektorowa 781, 821, 865
- Całka powierzchniowa niezorientowana 832
 - Całki krzywoliniowe skierowane 822
 - Całki potrójne 828
 - Dowolne układy współrzędnych krzywoliniowych 876
 - Element łuku ds w układzie ortogonalnych współrzędnych krzywoliniowych 877
 - Element objętości dV w układzie ortogonalnych współrzędnych krzywoliniowych 877
- Gradient, dywergencja i laplasjan we współrzędnych kartezjańskich, walcowych i sferycznych 881
- Gradient, dywergencja, rotacja i laplasjan w układzie ortogonalnych współrzędnych krzywoliniowych 878
- Iloczyn potrójny 786
- Ortogonalne układy współrzędnych w przestrzeni 870
- Pochodne cząstkowe funkcji wektorowej 799
- Pola skalarne i wektorowe 801
- Równania przejścia 877
- Różniczkowanie wektorów 793
- Twierdzenie Greena 856
- Współczynniki skali 873
- Współrzędne krzywoliniowe 866
- Wzór Gaussa-Ostrogradskiego 843
- Wzór Stokesa 849
- Zachowawcze pola wektorowe 839
- Zwrot jednostkowego wektora normalnego do powierzchni S 851
- Analiza wymiarowa 661
- Analiza zespolona 888, 921, 961
- Całki funkcji rzeczywistych 976
 - Całkowanie funkcji zespolonych 930
 - Funkcje harmoniczne 926
 - Funkcje zmiennej zespolonej 889
 - Koło zbieżności 967
 - Obliczanie residuów 975
 - Odwzorowania konforemne 943
 - Odwzorowania nieliniowe 902
 - Odwzorowanie zespolone 890
 - Promień zbieżności 965
 - Punkty osobliwe 966
 - Residua 973
 - Różniczkowanie funkcji zmiennej zespolonej 922
 - Szereg Laurenta 969
 - Szereg Maclaurina 962
 - Szereg Taylora 968
- Autonomiczne równania różniczkowe 456
- Bieguny 966
- Bifurkacja 546
- Równania drugiego rzędu 550
 - Równania pierwszego rzędu 546

- Całki funkcji okresowych 220
 Funkcje ortogonalne 222
 Szeregi Fouriera 223
 Całki funkcji rzeczywistych 976
 Całki funkcji wielu zmiennych 671, 714
 Całki krzywoliniowe skierowane 687
 Całki podwójne 715
 Całki potrójne 728
 Obszary ograniczone krzywymi zamkniętymi 683
 Różniczkowanie 678
 Twierdzenie Greena 703
 Układy współrzędnych w przestrzeni trójwymiarowej 724
 Współrzędne krzywoliniowe 737
 Całki krzywoliniowe nieskierowane 696
 Całki krzywoliniowe skierowane 687, 822
 Alternatywna postać całki krzywoliniowej skierowanej 687
 Całki krzywoliniowe nieskierowane 696
 Niezależność całki krzywoliniowej skierowanej od drogi całkowania 698
 Różniczka zupełna funkcji trzech zmiennych 702
 Całki krzywoliniowe skierowane wzdłuż krzywych zamkniętych 692
 Całki podwójne 715
 Całki powierzchniowe niezorientowane 719
 Całki po konturach, czyli całki krzywoliniowe na płaszczyźnie z 930
 Całki potrójne 728, 828
 Zamiana zmiennych w całkach wielokrotnych 735
 Całki powierzchniowe niezorientowane 719, 832
 Pole skalarne 832
 Pole wektorowe 835
 Całkowanie funkcji wektorowych 800
 Całkowanie funkcji zespolonych 930
 Całki po konturach, czyli całki krzywoliniowe na płaszczyźnie z 930
 Deformacja konturu w punkcie osobliwym 937
 Twierdzenie Cauchy'ego 933
 Całkowanie różniczek zupełnych 682
 Ciągi 142
 Co dzieje się wokół punktu krytycznego? 486, 488
 Cosinusowe transformaty Fouriera 290
 Cykle graniczne 551
 Deformacja konturu w punkcie osobliwym 937
 Delta Diraca – impuls jednostkowy 121, 280
 Interpretacja graficzna 122
 Pochodna funkcji skokowej Heaviside'a 125
 Transformata Laplace'a delty Diraca $\delta(t - a)$ 123
 DFIELD 453
 Autonomiczne równania różniczkowe 456
 Linia fazowa 459
 Rodzina rozwiązań szczególnych 455
 Rozwiązania równowagi 457
 Rozwiązanie szczególne 454
 Diagonalizacja macierzy 436
 Macierz modalna 436
 Macierz spektralna 436
 Dowolne układy współrzędnych krzywoliniowych 876
 Drugie twierdzenie o przesunięciu 156
 Dwa sposoby opisu przebiegów okresowych 272
 Dwie identyczne wartości własne 497
 Dwie populacje bez wzajemnych interakcji 532
 Dwie populacje z wzajemnymi interakcjami 534
 Dwie rzeczywiste dodatnie wartości własne 491
 Dwie rzeczywiste ujemne wartości własne 487
 Dwie rzeczywiste wartości własne różnych znaków 494
 Dyskretny impuls jednostkowy 199
 Dywergencja funkcji wektorowej 810
 Dzielenie transformaty Laplace przez t 52
 Efekt Gibbsa 233
 Efekt zastosowania funkcji skokowej 87
 Element łuku ds w układzie ortogonalnych współrzędnych krzywoliniowych 877
 Element objętości dV w trzech rodzajach współrzędnych 727
 Element objętości dV w układzie ortogonalnych współrzędnych krzywoliniowych 877
 Funkcja analityczna 923
 Funkcja beta 758
 Funkcja błędu 766
 Uzupełniająca funkcja błędu $\operatorname{erfc}(x)$ 767

- Wykres funkcji $\operatorname{erfc}(x)$ 767
- Funkcja dwóch zmiennych rzeczywistych 633
- Gwiazdy różnicowe 636
 - Podsumowanie metody 639
 - Wartości w punktach siatki 634
- Funkcja gamma 751
- Funkcja gamma i funkcja Bessela 335
- Funkcja prostokątna 278
- Funkcja skokowa Heaviside'a 86, 286
- Funkcja skokowa w zerze 87
- Funkcja trójkątna 281
- Funkcje eliptyczne 769
- Alternatywne postaci funkcji i eliptycznych 773
 - Całki eliptyczne zupełne 770
 - Standardowe postaci funkcji eliptycznych 769
- Funkcje gamma oraz beta 751
- Funkcja beta 758
 - Funkcja gamma 751
 - Wzór Legendre'a o podwajaniu 765
 - Wzory rekurencyjne 759
 - Zastosowania funkcji gamma oraz beta 763
 - Związek pomiędzy funkcjami gamma i beta 761
- Funkcje harmoniczne 926
- Funkcje nieparzyste 277
- Funkcje odwrotne 570
- Funkcje okresowe 113, 214
- Funkcje okresowe, które nie są sinusoidalne 216
- Funkcje określone przez całki 750
- Funkcja błędu 766
 - Funkcje eliptyczne 769
 - Funkcje gamma oraz beta 751
- Funkcje ortogonalne 222
- Funkcje o okresie T 256
- Funkcje o okresie innym niż 2π 256
- Funkcje o okresie T 256
 - Szeregi według cosinusów oraz według sinusów dla funkcji o dowolnym okresie 259
 - Współczynniki Fouriera 256
- Funkcje parzyste 276
- Funkcje parzyste, funkcje nieparzyste i szeregi Fouriera według cosinusów oraz według sinusów 241
- Funkcje parzyste i funkcje nieparzyste 241
 - Iloczyn funkcji parzystych i funkcji nieparzystych 243
 - Interpretacja wyrazu stałego $\frac{1}{2}a_0$ 255
- Szeregi Fouriera według cosinusów oraz według sinusów 250
- Szeregi zawierające tylko harmoniki o numerach nieparzystych 253
- Szeregi zawierające tylko harmoniki o numerach parzystych 253
- Funkcje parzyste i funkcje nieparzyste 241
- Funkcje trzech zmiennych rzeczywistych 590
- Funkcje uwikłane 566
- Funkcje zmiennej zespolonej 889
- Gradient, dywergencja i laplasjan we współrzędnych kartezjańskich, walcowych i sferycznych 881
- Gradient, dywergencja, rotacja i laplasjan w układzie ortogonalnych współrzędnych krzywoliniowych 878
- Gradient funkcji skalarnej 802
- Gradienty sumy i iloczynu funkcji skalarnych 808
- Graficzna reprezentacja nierówności liniowych 991
- Gwiazdy różnicowe 636
- Harmoniki 215
- Identyczne wartości własne 430
- Iloczyn funkcji parzystych i funkcji nieparzystych 243
- Iloczyn potrójny 786
- Iloczyn skalarny trzech wektorów (iloczyn mieszany) 786
 - Potrójne iloczyny wektorowe 789
 - Wektory komplanarne 788
 - Własności iloczynu mieszanego 787
- Iloczyn skalarny trzech wektorów (iloczyn mieszany) 786
- Impuls jednostkowy 121
- Interpolacja 22
- Interpolacja graficzna 23
 - Interpolacja Lagrange'a 32
 - Interpolacja liniowa 23
 - Różnice centralne 28
 - Różnice wsteczne
 - Gregory'ego-Newtona 30
 - Wzór interpolacyjny
 - Gregory'ego-Newtona z różnicami progresywnymi 24
- Interpolacja graficzna 23
- Interpolacja Lagrange'a 32
- Interpolacja liniowa 23

- Interpretacja graficzna 122
 Interpretacja graficzna metody Eulera 362
 Interpretacja wyrazu stałego $\frac{1}{2}a_0$ 255

 Jednostkowy wektory normalny 807
 Jednostkowy wektory stycznymi 797
 Jednoznaczność rozwiązania 391

 Koło zbieżności 967
 Krzywe określone równaniami parametrycznymi 697

 Linearyzacja 514
 Linia fazowa 459
 Liniowe układy niezmiennicze 174
 Liniowe układy niezmiennicze 175
 Niezmienniczość układu dyskretnego ze względu na przesunięcia 181
 Niezmienniczość w czasie układu ciągłego 179
 Odpowiedzi układu ciągłego 189
 Odpowiedzi układu dyskretnego 199
 Relacje typu wejście-odpowiedź 176
 Równania różniczkowe 182
 Układy 175
 Układy liniowe 177
 Liniowość 154, 282

 Macierz modalna 436
 Macierz spektralna 436
 Macierze osobliwe i nieosobliwe 385
 Rząd macierzy 386
 Maksima i minima lokalne 578
 Małe przyrosty 562, 563
 Funkcje uwikłane 566
 Małe przyrosty 563
 Tempo zmiany wartości funkcji 565
 Wzór Taylora dla funkcji dwóch zmiennych rzeczywistych 562
 Wzór Taylora dla funkcji jednej zmiennej rzeczywistej 562
 Zamiana zmiennych 566
 Metoda Cranka-Nicolsona 656
 Metoda eliminacji niewiadomych Gaussa 401
 Metoda Eulera 352
 Metoda Eulera drugiego rzędu 372
 Metoda Eulera-Cauchy'ego 364
 Metoda Frobeniusa 319
 Metoda iteracyjna Newtona-Raphsona 13
 Tabelaryczne przedstawienie wyników 15
 Zmodyfikowana metoda Newtona-Raphsona 19

 Metoda Leibniza-Maclaurina 306
 Metoda macierzy odwrotnej 394
 Metoda połowienia 9
 Metoda predyktor-korektor 378
 Metoda przekształcania wierszy 397
 Metoda rozkładu na iloczyn macierzy trójkątnych (rozkładu LU) 403
 Metoda Rungego-Kutty 369
 Metoda Rungego-Kutty dla równań różniczkowych drugiego rzędu 374
 Metoda Tartaglii dla pierwiastka rzeczywistego 8
 Metoda współczynników nieoznaczonych Lagrange'a 588
 Funkcje trzech zmiennych rzeczywistych 590
 Metoda zakrywania - rozkład na ułamki proste 62
 Metody numeryczne 9
 Metoda połowienia 9
 Mnożenie transformaty Laplace'a przez t oraz t^n 51

 Niejednorodny układ równań 500
 Nierówności liniowe 990
 Niezależność całki krzywoliniowej skierowanej od drogi całkowania 698
 Niezmienniczość układu dyskretnego ze względu na przesunięcia 181
 Niezmienniczość w czasie 188
 Niezmienniczość w czasie układu ciągłego 179
 Numeryczna aproksymacja pochodnych 631
 Numeryczne rozwiązywanie równań i interpolacja 1
 Interpolacja 22
 Metoda iteracyjna Newtona-Raphsona 13
 Metody numeryczne 9
 Numeryczne rozwiązywanie równań przez iterację 11
 Równania sześciennego 7
 Zasadnicze twierdzenie algebry 2
 Numeryczne rozwiązywanie równań przez iterację 11
 Adresy względne 13
 Zastosowanie arkusza kalkulacyjnego 11
 Numeryczne rozwiązywanie równań różniczkowych cząstkowych 630
 Analiza wymiarowa 661
 Funkcje dwóch zmiennych rzeczywistych 633
 Metoda Cranka-Nicolsona 656
 Numeryczna aproksymacja pochodnych 631

- Pochodne cząstkowe drugiego rzędu 648
 Równania różniczkowe cząstkowe drugiego rzędu 646
 Równania zależne od czasu 651
 Warunki brzegowe zawierające pochodne cząstkowe 642
- Numeryczne rozwiązywanie równań różniczkowych zwyczajnych 350
 Metoda predyktor-korektor 378
 Równania różniczkowe drugiego rzędu 372
 Równania różniczkowe pierwszego rzędu 352
 Szereg Taylora 351
- Obliczanie residuów 975
 Obliczenia metodą Eulera-Cauchy'ego 364
 Obrót układu współrzędnych 414
 Obszary ograniczone krzywymi zamkniętymi 683, 692
 Odpowiedzi układu ciągłego 189
 Odpowiedź impulsowa 189
 Odpowiedź wykładnicza 192
 Równania różniczkowe 196
 Splot 190
 Transmitancja operatorowa $H(s)$ 194
 Wejście dowolne 189
- Odpowiedzi układu dyskretnego 199
 Dyskretny impuls jednostkowy 199
 Odpowiedź wykładnicza 201
 Równania różnicowe 203
 Transmitancja impulsowa 202
 Wejście dowolne 200
- Odpowiedź impulsowa 189
 Odpowiedź wejścia zerowego i odpowiedź stanu zerowego 183
 Odpowiedź wykładnicza 192, 201
 Odwrotna transformata Laplace'a 118
 Odwrotna transformata Z 56, 159
 Odwzorowania konforemne 943
 Odwzorowanie Schwarza-Christoffela 947
 Punkty krytyczne 944
 Warunki konforemności odwzorowania 944
 Wielokąty otwarte 951
- Odwzorowania nieliniowe 902
 Wyznaczanie obrazów obszarów 906
- Odwzorowania zespolone 890
 Typy odwzorowań postaci $w = az + b$ 895
 Wyznaczanie obrazu linii prostej leżącej na płaszczyźnie w odwzorowaniu $w = f(z)$ 891
- Odwzorowanie Schwarza-Christoffela 947
- Ogólne równanie n -tego rzędu 182
 Operacje elementarne i macierze równoważne 387
 Optymalizacja 990
 Graficzna reprezentacja nierówności liniowych 991
 Nierówności liniowe 990
 Parametry Solvera 997
 Programowanie liniowe 990
 Solver 996
- Optymalizacja i programowanie liniowe 989
 Optymalizacja 990
 Programowanie nieliniowe 1003
 Zastosowania 1001
- Ortogonalne układy współrzędnych w przestrzeni 870
 Ortogonalne współrzędne krzywoliniowe 869
 Ortogonalność 344
 Oscylatory harmoniczne 128
 Rezonans 134
 Ruch drgający tłumiony 130
 Ruch harmoniczny wymuszony z tłumieniem 132
- Osobliwa macierz współczynników 499
- Parametry Solvera 997
 Pierwsze twierdzenie o przesunięciu 50, 155
 Pochodna funkcji skokowej Heaviside'a 125
 Pochodna transformaty Z 158
 Pochodne cząstkowe 561
 Funkcje odwrotne 570
 Małe przyrosty 562
 Metoda współczynników nieoznaczonych Lagrange'a 588
 Punkty stacjonarne funkcji dwóch zmiennych 577
- Pochodne cząstkowe drugiego rzędu 648
 Pochodne cząstkowe funkcji wektorowej 799
 Całkowanie funkcji wektorowych 800
- Pochodne kierunkowe 804
 Pochodne wyższych rzędów 300
 Wzór Leibniza 303
- Podsumowanie metody 639
 Pola kierunków 448, 451
 DFIELD 453
 Równania nieautonomiczne 464
- Pola skalarne i wektorowe 801
 Dywergencja funkcji wektorowej 810
 Gradient funkcji skalarnej 802
 Gradienty sumy i iloczynu funkcji skalarnych 808

- Jednostkowy wektory normalny 807
 Pochodne kierunkowe 804
 Rotacja funkcji wektorowej 810
 Złożenia operatorów gradientu, dywergencji i rotacji 813
 Pole skalarne 822, 832
 Pole wektorowe 824, 835
 Porównanie metod numerycznych 412
 Potrójne iloczyny wektorowe 789
 PPLANE 475
 Problemy z linearyzacją 521
 Programowanie liniowe 990
 Programowanie nieliniowe 1003
 Promień zbieżności 965
 Próbkowanie 165
 Przekształcenia układów współrzędnych 413
 Obrót układu współrzędnych 414
 Przekształcanie równania sześciennego do postaci zredukowanej 8
 Przesunięcie punktu krytycznego do początku układu współrzędnych 501
 Przesunięcie w czasie 283
 Przesunięcie w częstotliwości 283
 Przyrost funkcji 352
 Punkt siodłowy 583
 Punkty krytyczne 944
 Punkty osobliwe 966
 Bieguny 966
 Punkty pozornie osobliwe 967
 Punkty pozornie osobliwe 967
 Punkty stacjonarne funkcji dwóch zmiennych 577
 Maksima i minima lokalne 578
 Punkt siodłowy 583

 Relacje typu wejście-odpowiedź 176
 Residua 973
 Rezonans 134
 Rodzina rozwiązań szczególnych 449, 455
 Rotacja funkcji wektorowej 810
 Rozdzielenie zmiennych 602, 620
 Rozwiązania równań różniczkowych zwyczajnych w postaci szeregów potęgowych 299, 318, 333
 Funkcja gamma i funkcje Bessela 335
 Metoda Frobeniusa 319
 Pochodne wyższych rzędów 300
 Rozwiązania w postaci szeregów potęgowych 305
 Równanie Bessela 334
 Równanie indeksowe 326
 Równanie Legendre'a 339
 Wykresy funkcji Bessela 339

 Zagadnienie Sturm-Liouville'a 342
 Rozwiązania równowagi 457
 Rozwiązania w postaci szeregów potęgowych 305
 Metoda Leibniza-Maclaurina 315
 Równania liniowe Eulera 311
 Rozwiązanie równania Laplace'a 615
 Rozwiązanie równania przewodnictwa cieplnego 611
 Rozwiązanie równania struny 602
 Rozwiązanie szczególne 454, 147
 Rozwiązywanie przez bezpośrednie całkowanie 599
 Rozwiązywanie przez ogląd 144
 Rozwiązywanie równań różnicowych 144, 162
 Rozwiązanie szczególne 147
 Rozwiązywanie przez ogląd 144
 Rozwiązywanie równań różniczkowych drugiego rzędu 68
 Rozwiązywanie równań różniczkowych pierwszego rzędu 66
 Rozwiązywanie równań różniczkowych z zastosowaniem transformat Laplace'a 64
 Transformaty Laplace pochodnych 64
 Rozwiązywanie równań różniczkowych drugiego rzędu 68
 Rozwiązywanie równań różniczkowych pierwszego rzędu 66
 Rozwiązywanie układów równań liniowych 394
 Metoda eliminacji niewiadomych Gaussa 401
 Metoda macierzy odwrotnej 394
 Metoda przekształcania wierszy 397
 Metoda rozkładu na iloczyn macierzy trójkątnych (rozkładu LU) 403
 Porównanie metod numerycznych 412
 Zastosowanie arkusza kalkulacyjnego 408
 Równania Cauchy'ego-Riemanna 925
 Równania charakterystyczne 422
 Równania drugiego rzędu 550
 Równania eliptyczne 646
 Równania hiperboliczne 646
 Równania liniowe Eulera 311
 Równania nieautonomiczne 464
 Równania paraboliczne 646
 Równania pierwszego rzędu 546
 Równania przejścia 877
 Równania różnicowe 142, 203
 Równania różnicowe i transformata Z 140
 Ciągi 142
 Próbkowanie 165

- Rozwiązywanie równań różnicowych 144, 162
- Równania różnicowe 142
- Tabela transformat Z 154
- Transformata Z 150
- Transformaty odwrotne 159
- Własności transformat Z 154
- Równania różniczkowe 182, 196, 449
- Równania różniczkowe 182, 449
- Niezmienniczość w czasie 188
- Odpowiedź wejścia zerowego i odpowiedź stanu zerowego 183
- Ogólne równanie n -tego rzędu 182
- Pola kierunków 451
- Rodzina rozwiązań szczególnych 449
- Wejście zerowe, odpowiedź zerowa 186
- Równania różniczkowe cząstkowe 598
- Rozwiązanie metodą rozdzielania zmiennych 602
- Rozwiązanie równania struny 602
- Rozwiązywanie przez bezpośrednie całkowanie 599
- Równanie Laplace'a 615
- Równanie Laplace'a we współrzędnych biegunowych 619
- Równanie przewodnictwa cieplnego 610
- Równanie struny 602
- Warunki początkowe i warunki brzegowe 601
- Równania różniczkowe cząstkowe drugiego rzędu 646
- Równania eliptyczne 646
- Równania hiperboliczne 646
- Równania paraboliczne 646
- Równania różniczkowe drugiego rzędu 372, 540
- Metoda Eulera drugiego rzędu 372
- Metoda Rungego-Kutty dla równań różniczkowych drugiego rzędu 374
- Wahadło nietłumione – brak aproksymacji 541
- Wahadło nietłumione – małe odchylenia 540
- Wahadło tłumione 543
- Równania różniczkowe pierwszego rzędu 352
- Interpretacja graficzna metody Eulera 362
- Metoda Eulera 352
- Metoda Eulera-Cauchy'ego 364
- Metoda Rungego-Kutty 369
- Obliczenia metodą Eulera-Cauchy'ego 364
- Wartości dokładne i błędy metoda Eulera 359
- Równania różniczkowe zawierające funkcje skokowe 99
- Równania różniczkowe zawierające impuls jednostkowy 126
- Równania sześciennie 7
- Metoda Tartaglii dla pierwiastka rzeczywistego 8
- Przekształcanie równania sześciennego do postaci zredukowanej 8
- Równania zależne od czasu 651
- Równanie Bessela 334
- Równanie indeksowe 326
- Równanie Laplace'a 615
- Rozwiązanie równania Laplace'a 615
- Równanie Laplace'a we współrzędnych biegunowych 619
- Rozdzielenie zmiennych 620
- Równanie Legendre'a 339, 345
- Wielomiany Legendre'a 340
- Wzór Rodriguesa i funkcja tworząca 340
- Równanie przewodnictwa cieplnego 610
- Rozwiązanie równania przewodnictwa cieplnego 611
- Równanie struny 602
- Równanie van der Pola 553
- Różnice centralne 28
- Różnice wsteczne Gregory'ego-Newtona 30
- Różniczka zupełna 680
- Różniczka zupełna funkcji trzech zmiennych 702
- Różniczki 678
- Całkowanie różniczek zupełnych 682
- Różniczka zupełna 680
- Różniczkowanie 285
- Różniczkowanie funkcji zmiennej zespolonej 922
- Funkcja analityczna 923
- Równania Cauchy'ego-Riemanna 925
- Różniczkowanie i całkowanie transformat 50
- Dzielenie przez t 52
- Mnożenie przez t oraz t'' 51
- Pierwsze twierdzenie o przesunięciu 50
- Różniczkowanie sum i iloczynów wektorów 796
- Różniczkowanie wektorów 793
- Jednostkowy wektory styczny 797
- Różniczkowanie sum i iloczynów wektorów 796
- Rząd macierzy 386
- Ruch drgający tłumiony 130

- Ruch harmoniczny wymuszony z tłumieniem 132
- Sinusowe transformaty Fouriera 290
- Skalowanie 157
- Skalowanie czasu 284
- Solver 996
- Splot 102, 190, 287
- Standardowe postaci funkcji eliptycznych 769
- Suma i iloczyn wartości własnych 423
- Suma szeregu Fouriera w punkcie nieciągłości funkcji 233
- Symetria 284
- Szeregi Fouriera 213, 240
- Całki funkcji okresowych 220
 - Funkcje okresowe 214
 - Funkcje okresowe, które nie są sinusoidalne 216
 - Funkcje o okresach innych niż 2π 256
 - Funkcje parzyste, funkcje nieparzyste i szeregi Fouriera według cosinusów oraz według sinusów 241
 - Harmoniki 215
 - Warunki Dirichleta 226
 - Wykresy funkcji postaci $y = A \sin nx$ 214
 - Wyznaczanie wzorów analitycznych funkcji okresowych 216
- Szeregi Fouriera według cosinusów oraz według sinusów 250
- Szeregi Maclaurina 962
- Szeregi według cosinusów oraz według sinusów dla funkcji o dowolnym okresie 259
- Szeregi zawierające tylko harmoniki o numerach nieparzystych 253
- Szeregi zawierające tylko harmoniki o numerach parzystych 253
- Szereg Laurenta 969
- Szereg Taylora 351, 968
- Przyrost funkcji 352
- Tabela odwrotnych transformat Laplace 63
- Tabelaryczne przedstawienie wyników 15
- Tabela transformat Fouriera 291
- Tabela transformat Z 154
- Tempo zmiany wartości funkcji 565
- Transformata Z 150
- Transformaty Fouriera 266
- Cosinusowe transformaty Fouriera 290
 - Dwa sposoby opisu przebiegów okresowych 272
 - Funkcja skokowa Heaviside'a 286
 - Postaci alternatywne 282
 - Sinusowe transformaty Fouriera 290
- Splot 287
- Tabela transformat Fouriera 291
- Transformaty Fouriera ważniejszych funkcji 276
- Twierdzenie o splocie 288
- Widma ciągłe 273
- Widma sygnału 271
- Własności transformat Fouriera 282
- Wzór całkowity Fouriera 274
- Zespolone szeregi Fouriera 267
- Transformaty Fouriera ważniejszych funkcji 276
- Delta Diraca 280
 - Funkcje nieparzyste 277
 - Funkcje parzyste 276
 - Funkcja prostokątna 278
 - Funkcja trójkątna 281
- Transformaty Laplace'a 43, 85, 112
- Delta Diraca – impuls jednostkowy 121
 - Efekt zastosowania funkcji skokowej 87
 - Funkcja skokowa Heaviside'a 86
 - Funkcja skokowa w zerze 87
 - Impuls jednostkowy 121
 - Oscylatory harmoniczne 128
 - Rozwiązywanie równań różniczkowych z zastosowaniem transformat Laplace'a 64
 - Równania różniczkowe zawierające funkcje skokowe 99
 - Równania różniczkowe zawierające impuls jednostkowy 126
 - Różniczkowanie i całkowanie transformat 50
 - Splot 102
 - Transformata Laplace'a funkcji $u(t - c)$ 90
 - Transformata Laplace'a funkcji $u(t - c) \cdot f(t - c)$ 90
 - Transformaty Laplace'a funkcji okresowych 113
 - Transformaty odwrotne 56
 - Twierdzenie o splocie 106
- Transformata Laplace'a delty Diraca $\delta(t - a)$ 123
- Transformata Laplace'a funkcji $u(t - c)$ 90
- Transformata Laplace'a funkcji $u(t - c) \cdot f(t - c)$ 90
- Transformaty Laplace'a funkcji okresowych 113
- Funkcje okresowe 113
 - Transformaty odwrotne 118
- Transformaty Laplace'a pochodnych 64
- Metoda zakrywania - rozkład na ułamki proste 62
 - Tabela transformat odwrotnych 63

- Zasady rozkładu na ułamki proste 57
- Transmitancja impulsowa 202
- Transmitancja operatorowa $H(s)$ 194
- Twierdzenie Cauchy'ego 933
- Twierdzenie Greena 703, 856
- Twierdzenie o splocie 106, 288
- Twierdzenie o wartości końcowej 157
- Twierdzenie o wartości początkowej 158
- Typy odwzorowań postaci $w = az + b$ 895
- Układy 175
- Układy dynamiczne 528
- Bifurkacja 546
- Cykle graniczne 551
- Dwie populacje bez wzajemnych interakcji 532
- Dwie populacje z wzajemnymi interakcjami 534
- Równania różniczkowe drugiego rzędu 540
- Równanie van der Pola 553
- Układy dynamiczne 529
- Współzawodnictwo w pojedynczej populacji 531
- Zagadnienia typu drapieżnik-ofiara 529
- Układy liniowe 177
- Układy liniowych równań różniczkowych zwyczajnych pierwszego rzędu 426
- Identyczne wartości własne 430
- Układy równań nieliniowych 510
- Układy równań różniczkowych z wieloma punktami krytycznymi 511
- Układy równań różniczkowych z wieloma punktami krytycznymi 511
- Linearyzacja 514
- Problemy z linearyzacją 521
- Układy równań różniczkowych zwyczajnych 421
- Diagonalizacja macierzy 436
- Układy liniowych równań różniczkowych zwyczajnych drugiego rzędu 440
- Układy liniowych równań różniczkowych zwyczajnych pierwszego rzędu 426
- Wartości własne macierzy 2×2 422
- Układy współrzędnych w przestrzeni trójwymiarowej 724
- Element objętości w trzech rodzajach współrzędnych 727
- Współrzędne kartezjańskie 724
- Współrzędne sferyczne 725
- Współrzędne walcowe 724
- Urojone wartości własne 478
- Uzupełniająca funkcja błędu $\operatorname{erfc}(x)$ 767
- Wahadło nietłumione – brak aproksymacji 541
- Wahadło nietłumione – małe odchylenia 540
- Wahadło sprężynowe 473
- Wahadło tłumione 543
- Wartości dokładne i błędy – metoda Eulera 359
- Wartości własne a płaszczyzna fazowa 478
- Wartości własne macierzy 2×2 422
- Równania charakterystyczne 422
- Suma i iloczyn wartości własnych 423
- Wektory własne 423
- Wartości w punktach siatki 634
- Warunki brzegowe zawierające pochodne cząstkowe 642
- Warunki Dirichleta 226
- Efekt Gibbsa 233
- Suma szeregu Fouriera w punkcie nieciągłości funkcji 233
- Wpływ harmonik na szereg Fouriera 231
- Warunki konforemności odwzorowania 944
- Warunki początkowe i warunki brzegowe 601
- Wejście zerowe, odpowiedź zerowa 186
- Wektory komplanarne 788
- Wektory własne 423
- Węzeł gwiazdzisty 498
- Widma ciągłe 273
- Widma sygnału 271
- Wielokąty otwarte 951
- Wielomiany jako kombinacje liniowe wielomianów Legendre'a 345
- Wielomiany Legendre'a 340
- Własności całek krzywoliniowych skierowanych 690
- Własności iloczynu mieszanego 787
- Własności transformat Fouriera 282
- Liniowość 282
- Przesunięcie w czasie 283
- Przesunięcie w częstotliwości 283
- Różniczkowanie 285
- Skalowanie czasu 284
- Symetria 284
- Własności transformat Z 154
- Drugie twierdzenie o przesunięci 156
- Liniowość 154
- Pierwsze twierdzenie o przesunięciu 155
- Pochodna transformaty Z 158
- Skalowanie 157
- Twierdzenie o wartości końcowej 157
- Twierdzenie o wartości początkowej 158
- Wpływ harmonik na szereg Fouriera 231
- Współczynniki Fouriera 256

- Współczynniki skali 873
 Współczynniki skali dla współrzędnych kartezyjskich, walcowych i sferycznych 874
 Współrzędne kartezyjskie 724
 Współrzędne krzywoliniowe 737, 866
 Ortogonalne współrzędne krzywoliniowe 869
 Zamiana zmiennych w trzech wymiarach 743
 Współrzędne sferyczne 725
 Współrzędne walcowe 724
 Współzawodnictwo w pojedynczej populacji 531
 Wykres funkcji $\operatorname{erfc}(x)$ 767
 Wykresy funkcji Bessela 339
 Wykresy funkcji postaci $y = A \sin nx$ 214
 Wyznaczanie obrazów obszarów 906
 Wyznaczanie obrazu linii prostej leżącej na płaszczyźnie w odwzorowaniu $w = f(z)$ 891
 Wyznaczanie wzorów analitycznych funkcji okresowych 216
 Wzory rekurencyjne 759
 Wzór całkowy Fouriera 310
 Wzór Gaussa-Ostrogradskiego 843
 Wzór interpolacyjny Gregory'ego-Newtona z różnicami progresywnymi 24
 Wzór Legendre'a o podwajaniu 765
 Wzór Leibniza 303
 Wzór Rodriguesa i funkcja tworząca 340
 Wzór Stokesa 849
 Wzór Taylora dla funkcji dwóch zmiennych rzeczywistych 562
 Wzór Taylora dla funkcji jednej zmiennej rzeczywistej 562

 Zachowawcze pola wektorowe 839
 Zagadnienia typu drapieżnik-ofiara 529
 Zagadnienie Sturm-Liouville'a 342
 Ortogonalność 344
 Równanie Legendre'a 345
 Wielomiany jako kombinacje liniowe wielomianów Legendre'a 345
 Zamiana zmiennych 566
 Zamiana zmiennych w całkach wielokrotnych 735
 Zamiana zmiennych w trzech wymiarach 743
 Zasadnicze twierdzenie algebry 2
 Związki między współczynnikami a pierwiastkami równania wielomianowego 4
 Zasady rozkładu na ułamki proste 57

 Zastosowania 1001
 Zastosowania funkcji gamma oraz beta 763
 Zastosowanie analizy zespolonej do rozwiązywania całek funkcji rzeczywistych 976
 Zastosowanie arkusza kalkulacyjnego 11, 408
 Zespolone funkcje wykładnicze 267
 Zespolone szeregi Fouriera 267
 Zespolone funkcje wykładnicze 267
 Zespolone wartości własne 483
 Zgodność układu równań liniowych 390
 Jednoznaczność rozwiązania 391
 Złożenia operatorów gradientu, dywergencji i rotacji 813
 Zmodyfikowana metoda Newtona-Raphsona 19
 Związek pomiędzy funkcjami gamma i beta 763
 Związki między współczynnikami a pierwiastkami równania wielomianowego 4
 Zwrot jednostkowego wektora normalnego do powierzchni S 851