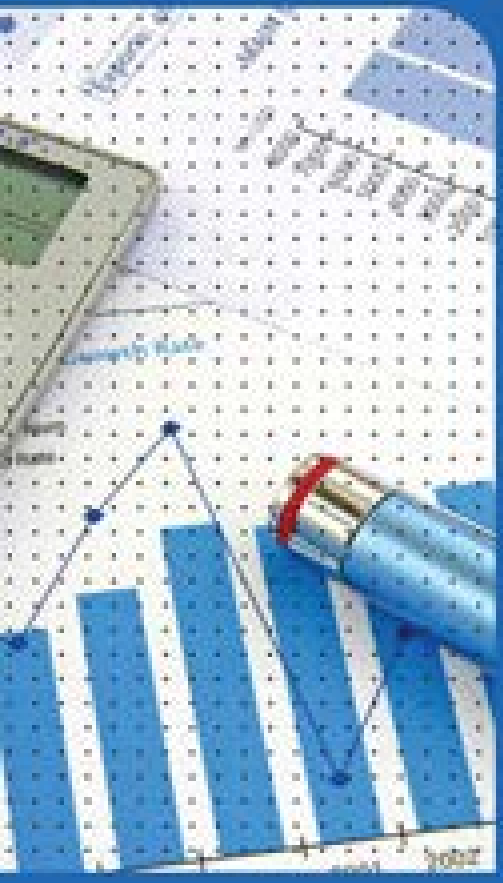
Maciej Gonet

WYDANIE II

EXCEL

w obliczeniach naukowych i inżynierskich



SKORZYSTAJ Z POMOCY, JAKĄ OFERUJE CI PROGRAM EXCEL!

helion.pl

Idź do

- Spis treści
- Przykładowy rozdział
- Skorowidz

Katalog książek

- Katalog online
- Zamów drukowany katalog

Twój koszyk

- Dodaj do koszyka

Cennik i informacje

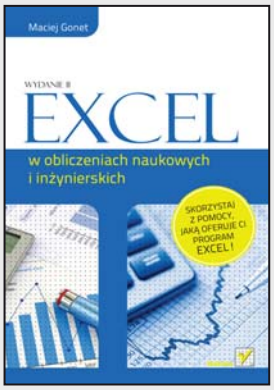
- Zamów informacje o nowościach
- Zamów cennik

Czytelnia

- Fragmenty książek online

Excel w obliczeniach naukowych i inżynierskich. Wydanie II

Autor: Maciej Gonet
ISBN: 978-83-246-3066-0
Format: 158×235, stron: 392



Sprawdź, jak Excel może pomóc Ci w skomplikowanych obliczeniach!

- Jak za pomocą arkusza rozwiązywać zaawansowane zadania matematyczne?
- Jak opisać równaniem wynik doświadczenia?
- Jak stworzyć prostą bazę danych w Excelu?
- Jak zaprojektować wykres animowany?
- Jak skorzystać z możliwości języka VBA?

Arkusz kalkulacyjny Excel to jedno z najbardziej cenionych narzędzi pakietu Microsoft Office. Liczba jego zastosowań jest wprost proporcjonalna do pomysłowości użytkowników. Jednak jego prawdziwą siłę można poznać wszędzie tam, gdzie konieczne jest żmudne przeliczanie wielu kolumn liczb lub wykonywanie skomplikowanych obliczeń matematycznych. Excel nigdy się nie nudzi, a do tego jest prawie nieomylny. Czas okiełznać te ogromne możliwości!

Właśnie dzięki tej książce szybko zapoznasz się z możliwościami narzędzia Microsoft Excel w zakresie wykonywania obliczeń naukowych i technicznych. Sprawdzisz, jak wydajnie rozwiązywać problemy o dowolnym stopniu złożoności. Nauczysz się obliczać całki oznaczone, rozwiązywać równania nieliniowe i różniczkowe oraz układy równań. Brzmi groźnie? Ale nie w Excelu! Przejrzyste przykłady oraz opisy "krok po kroku" sprawią, że rozwiązywanie tych i wielu innych problemów nie będzie dla Ciebie najmniejszym kłopotem. Książka ta świetnie sprawdzi się w rękach studentów, uczniów oraz pracowników naukowych.

- Podstawy pracy z arkuszem kalkulacyjnym Microsoft Excel
- Operowanie na tablicach
- Prezentacja danych w formie graficznej
- Różniczkowanie numeryczne
- Obliczanie całek oznaczonych
- Rozwiązywanie równań nieliniowych
- Rozwiązywanie układów równań
- Interpolacja danych
- Opis matematyczny danych pomiarowych
- Rozwiązywanie równań różniczkowych
- Działania na liczbach zespolonych
- Przygotowanie prostej bazy danych w arkuszu kalkulacyjnym
- Możliwości języka VBA

Wykorzystaj możliwości arkusza Excel w skomplikowanych działaniach matematycznych!

Kontakt

Helion SA
ul. Kościuszki 1c
44-100 Gliwice
tel. 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
© Helion 1991–2011

Spis treści

Rozdział 1. Wstęp ... 7
Do kogo adresowana jest ta książka? ... 7
Co jest, a czego nie ma w tej książce? ... 9
Konwencje przyjęte w tekście ... 10
Rozwój arkusza kalkulacyjnego ... 11

Rozdział 2. Podstawowe operacje w arkuszu ... 13
Typy danych występujących w arkuszu i ich identyfikacja ... 13
Konstrukcja formuł (wyrażeń) w Excelu ... 16
Edycja, kopiowanie i przesuwanie zawartości komórek ... 26
Zasady interpretacji nazw i adresów w wyrażeniach w arkuszu i w formułach nazwanych ... 29
Funkcje ułatwiające odczytywanie i wyliczanie adresów ... 33

Rozdział 3. Operacje i funkcje tablicowe ... 37
Podstawowe pojęcia dotyczące tablic i macierzy ... 37
Operacje tablicowe zaimplementowane w Excelu ... 38
Wprowadzanie i edycja formuł tablicowych ... 41
Kopiowanie formuł tablicowych ... 43
Odwołania do elementów lub fragmentów tablic ... 44
Użycie funkcji INDEKS ... 44
Użycie funkcji PRZESUNIĘCIE ... 47
Bez użycia funkcji ... 48
Łączenie tablic i tworzenie tablic mieszanych ... 48
Dynamiczne generowanie tablic o zadanym rozmiarze ... 50
Używanie tablic generowanych dynamicznie ... 54
Zasady interpretacji nazw i adresów w wyrażeniach tablicowych w arkuszu i w formułach nazwanych ... 55
Odwołania strukturalne w tabelach ... 57
Reguły składni odwołań strukturalnych ... 58
Elementy składowe tabeli ... 58
Predefiniowane specyfikatory wierszy ... 59
Operatory odwołania ... 59
Odwołania strukturalne kwalifikowane i niekwalifikowane ... 59
Przykłady użycia odwołań strukturalnych ... 60
Praca z odwołaniami strukturalnymi ... 61

Rozdział 4. Tablicowanie funkcji jednej i dwu zmiennych ... 65
Funkcje jednej zmiennej ... 65
Funkcja jednej zmiennej określona w sposób niejawny (uwikłany) ... 68
Funkcje dwu zmiennych ... 69

Rozdział 5. Graficzna prezentacja danych ... 75
Rodzaje wykresów dostępnych w Excelu ... 75
Przygotowanie danych do wykresu punktowego ... 76
Wykonanie wykresu punktowego ... 77
Dodawanie linii trendu (regresji) do wykresu ... 78
Wykresy radarowe ... 80
Wykresy powierzchniowe ... 83
Wykresy dynamiczne ... 85
Małe wykresy dostępne w Excelu 2010 ... 86

Rozdział 6. Różniczkowanie numeryczne ... 89
Pojęcie pochodnej ... 89
Numeryczne obliczanie pochodnej funkcji danej wzorem ... 91
Numeryczne różniczkowanie danych pomiarowych ... 92
Bezpośrednie oszacowanie wartości pochodnych na podstawie danych pomiarowych ... 92
Obliczenie pochodnej za pośrednictwem funkcji aproksymującej ... 93

Rozdział 7. Obliczanie całek oznaczonych z wykorzystaniem ich interpretacji geometrycznej ... 97
Pojęcie całki oznaczonej ... 97
Sposoby obliczania całek metodą kwadratur ... 97
Obliczenia całek w Excelu ... 99
Wykorzystanie operacji tablicowych do skrócenia zapisu obliczeń ... 102
Wykorzystanie iteracji i odwołań cyklicznych do obliczania całek ... 108

Rozdział 8. Obliczanie całek niewłaściwych ... 111
Pojęcie całki niewłaściwej ... 111
Przykład obliczenia całki metodą ekstrapolacji ... 112

Rozdział 9. Obliczanie górnej granicy całkowania ... 115
Funkcja podcałkowa opisana wzorem ... 116
Funkcja podcałkowa w postaci zbioru punktów pomiarowych ... 117

Rozdział 10. Obliczanie całek oznaczonych z wykorzystaniem szeregów potęgowych ... 121
Podstawowe pojęcia dotyczące ciągów i szeregów ... 121
Obliczenia sum szeregów w Excelu ... 123

Rozdział 11. Układy równań liniowych ... 131
Zapis układu równań i jego rozwiązania w formie macierzowej ... 131
Przebieg rozwiązania w Excelu ... 132
Wykorzystanie Solvera do rozwiązywania układu równań liniowych ... 133

Rozdział 12. Rozwiązywanie równań nieliniowych ... 135
Równanie kwadratowe ... 135
Graficzne oszacowanie pierwiastków ... 139
Metoda iteracji prostej ... 140
Metoda siecznych („regula falsi") ... 143
Przyspieszenie zbieżności metody siecznych ... 144
Metoda stycznych (Newtona) ... 145
Zmodyfikowana metoda stycznych ... 146
Inny wariant metody siecznych ... 147
Zamierzone użycie odwołań cyklicznych przy rozwiązywaniu równań ... 148
Wykorzystanie narzędzi Szukaj wyniku i Solver ... 149

Rozdział 13. Układy równań nieliniowych ... 153
Układy złożone z dwóch równań ... 153
Układy złożone z trzech i więcej równań ... 159

Rozdział 14. Wyszukiwanie danych w tablicach i interpolacja ... 163
Przeszukiwanie tablic funkcji jednej zmiennej ... 163
Interpolacja liniowa ... 166
Trend liniowy ... 169
Interpolacja kubiczna (wielomianem 3. stopnia) ... 170
Interpolacja liniowa w przypadku funkcji dwu zmiennych ... 171
Interpolacja kubiczna w przypadku funkcji dwu zmiennych ... 174

Rozdział 15. Regresja liniowa ... 177
Zakres zastosowania regresji liniowej ... 177
Ocena statystyczna jakości dopasowania równania regresji ... 179
Regresja liniowa w Excelu ... 181
Regresja liniowa w przypadku funkcji dwu zmiennych ... 188

Rozdział 16. Regresja nieliniowa ... 193
Zakres zastosowania regresji nieliniowej ... 193
Ocena statystyczna jakości dopasowania równania regresji ... 195
Regresja nieliniowa w Excelu z wykorzystaniem Solvera ... 196
Korelacja liniowa i nieliniowa w Excelu ... 200
Korelacja liniowa ... 201
Korelacja nieliniowa w Excelu z wykorzystaniem Solvera ... 203

Rozdział 17. Równania różniczkowe zwyczajne ... 207
Pojęcie równania różniczkowego ... 207
Rozwiązywanie zagadnienia początkowego metodą Eulera ... 208
Modyfikacje metody Eulera ... 213
Metoda Rungego-Kutty ... 217
Porównanie dokładności metod całkowania równań różniczkowych ... 219
Zagadnienie brzegowe równania różniczkowego zwyczajnego ... 220
Metoda strzałów ... 221
Metoda różnic skończonych ... 224

Rozdział 18. Równania różniczkowe cząstkowe ... 227
Przykłady równań różniczkowych cząstkowych ... 227
Równania eliptyczne ... 228
Równania paraboliczne ... 234

Rozdział 19. Konwersja liczb i jednostek ... 243
Konwersja liczb w różnych systemach pozycyjnych ... 243
Konwersja jednostek miar ... 245
Konwersja jednostek złożonych ... 247

Rozdział 20. Liczby i funkcje zespolone ... 249
Podstawowe wzory i definicje ... 250
Interpretacja geometryczna liczby zespolonej i jej postać trygonometryczna ... 251
Wzór Eulera i wykładnicza postać liczby zespolonej ... 252
Równość liczb zespolonych ... 252
Działania arytmetyczne na liczbach zespolonych ... 252
Potęgowanie i pierwiastkowanie ... 253
Funkcje elementarne z argumentem zespolonym ... 255
Format wyświetlania liczb zespolonych ... 256
Zastosowanie liczb zespolonych w elektrotechnice ... 257

Rozdział 21. Proste bazy danych ... 261
Sortowanie i filtrowanie ... 262
Zakres kryteriów ... 266
Użycie filtra zaawansowanego ... 269

Użycie funkcji do odzyskiwania danych z tabeli lub listy ... 270
Funkcje podsumowań ... 274
Użycie funkcji z grupy bazy danych ... 278

Rozdział 22. Elementy języka VBA (Visual Basic for Applications) ... 281
Podstawowe informacje o języku programowania VBA ... 281
Struktura podprogramów w VBA ... 284
Makropolecenie utworzone w wyniku rejestracji ... 284
Skoroszyt makr osobistych i folder AddIns ... 286
Uruchamianie makropoleceń ... 286
Wprowadzanie kodu VBA w edytorze ... 287
Prosta funkcja w VBA ... 288
Zmienne — typy i deklaracje ... 289
Wyrażenia ... 291
Obiekty, właściwości i metody ... 295
Wymiana informacji między arkuszem a kodem VBA ... 298
Użycie tablic w Visual Basicu ... 300
Więcej o funkcjach definiowanych przez użytkownika ... 302
Sterowanie wykonaniem kodu ... 305
Instrukcje warunkowe i instrukcja wyboru ... 305
Instrukcje pętli ... 308
Stosowanie komentarzy ... 310
Uruchamianie i testowanie makroinstrukcji i funkcji ... 310
Przykłady funkcji i makroinstrukcji w VBA ... 312
Obliczanie wartości wielomianu ... 312
Obliczanie pierwiastków równania kwadratowego ... 313
Wykorzystanie funkcji VBA w Excelu ... 314
Całkowanie numeryczne ... 316
Rozwiązywanie równań nieliniowych z wykorzystaniem metody GoalSeek ... 318
Przekształcenie tablicy dwuwymiarowej w jednowymiarową ... 320
Rozwiązanie równania różniczkowego metodą Rungego-Kutty ... 322
Funkcje użytkownika podobne do funkcji standardowych ... 323
Operacje na komórkach sformatowanych w określony sposób ... 326
Wyświetlanie tekstów formuł w arkuszu ... 327

Rozdział 23. Graficzne elementy sterujące (kontrolki ekranowe, formanty) ... 329
Rodzaje graficznych elementów sterujących i ich przeznaczenie ... 329
Dodawanie kontrolek (formantów) do arkusza ... 330
Formanty formularza ... 333
Formanty ActiveX ... 336
Nieudokumentowane formanty pola tekstowego ... 341
Makroinstrukcje przypisywane do formantów w arkuszu ... 343
Przykład wykorzystania formantów w arkuszu ... 344

Rozdział 24. Wybrane funkcje wbudowane w Excelu ... 347

Dodatek A Literatura cytowana i uzupełniająca ... 375

Skorowidz ... 377

Rozdział 6.

Różniczkowanie numeryczne

Pojęcie pochodnej

Pochodna jest miarą szybkości zmian wielkości funkcji w stosunku do zmian jej argumentu. Formalnie definiuje się ją jako granicę ilorazu różnicowego, gdy przyrost argumentu maleje do zera. Operację obliczania pochodnej nazywa się **różniczkowaniem**.

Jeżeli $y = f(x)$, to pochodna oznaczana symbolem $y' = f'(x)$ w punkcie $x = x_0$ jest równa (alternatywnym symbolem pochodnej jest stosunek dy/dx):

$$y' = \frac{dy}{dx} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{x \to x_0} \frac{y - y_0}{x - x_0}$$

W przypadku funkcji ciągłych nie ma znaczenia, czy $x > x_0$, czy odwrotnie, granica ma taką samą wartość. Gdy dysponujemy tylko wartościami funkcji w wybranych punktach, możemy wyznaczyć przybliżenie pochodnej, obliczając iloraz różnicowy, czyli stosunek zmiany wartości funkcji Δy do odpowiadającej jej zmiany wartości argumentu Δx. Im mniejsza wartość Δx, tym lepsze przybliżenie pochodnej można wyznaczyć (przy założeniu, że obliczenia odbywają się na podstawie dokładnych wzorów, a nie obarczonych błędami wyników pomiarów).

Jeśli funkcja jest opisana wzorem, to jej pochodną także można opisać pewnym wzorem. Czasem jednak wzór ten może być bardzo złożony i niedogodny do obliczeń. Wtedy wygodniej jest zastosować różniczkowanie numeryczne. Drugi przypadek, kiedy stosuje się różniczkowanie numeryczne, zachodzi wtedy, gdy funkcja dana jest jako zbiór punktów, na przykład wyników pomiarów.

Przy różniczkowaniu numerycznym będzie miało znaczenie, czy obliczając wartość pochodnej w punkcie $x = x_0$, korzystamy z punktów o wartości argumentu mniejszej, czy większej od x_0. W związku z tym stosuje się trzy rodzaje ilorazów różnicowych: oparte

na różnicach **wstecznych**, **przednich** i **centralnych**. Jeśli zastosujemy indeksy –1 i 1 odpowiednio do punktu poprzedzającego x_0 i następującego po x_0, otrzymamy aproksymacje pochodnej w punkcie x_0 wyrażone trzema sposobami:

za pomocą różnic wstecznych $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_0 - y_{-1}}{x_0 - x_{-1}}$

za pomocą różnic przednich $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$

za pomocą różnic centralnych $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_1 - y_{-1}}{x_1 - x_{-1}}$

Teoretycznie w przypadku funkcji ciągłej, gdy $\Delta x \to 0$, te trzy oszacowania powinny dawać taki sam wynik. W rzeczywistości Δx ma zawsze wartość skończoną, więc wartości ilorazów różnicowych mogą się różnić. Które oszacowanie należy zatem wybrać? Jeśli dysponujemy punktami położonymi symetrycznie wokół x_0, najdokładniejszym oszacowaniem pochodnej w punkcie x_0 jest zwykle to oparte na różnicach centralnych. Często jednak w trakcie obliczeń wartości x i $f(x)$ są wyliczane sukcesywnie i znane są tylko wartości wcześniejsze. Wtedy z konieczności stosujemy różnice wsteczne.

Analogicznie do pochodnych pierwszego rzędu można aproksymować pochodne drugiego i wyższych rzędów. Oszacowanie drugiej pochodnej angażuje współrzędne trzech punktów. Stosując oznaczenia takie jak poprzednio, można zapisać oszacowania drugiej pochodnej wzorami:

za pomocą różnic wstecznych $\frac{\Delta^2 y}{\Delta x^2} = \frac{y_0 - 2y_{-1} + y_{-2}}{(x_0 - x_{-1})^2}$

za pomocą różnic przednich $\frac{\Delta^2 y}{\Delta x^2} = \frac{y_2 - 2y_1 + y_0}{(x_1 - x_0)^2}$

za pomocą różnic centralnych $\frac{\Delta^2 y}{\Delta x^2} = \frac{y_1 - 2y_0 + y_{-1}}{0{,}25 \cdot (x_1 - x_{-1})^2}$

W powyższych wzorach założono, że punkty są równoodległe, tzn. $x_2 - x_1 = x_1 - x_0$ w przypadku różnic przednich, $x_{-1} - x_{-2} = x_0 - x_{-1}$ w przypadku różnic wstecznych oraz $x_1 - x_0 = x_0 - x_{-1}$ w przypadku różnic centralnych. Gdy ten warunek nie jest spełniony, wzory są bardziej rozbudowane. Przykładowo w przypadku różnic wstecznych należy użyć wzoru:

$$\frac{\Delta^2 y}{\Delta x^2} = \frac{2y_0}{(x_0 - x_{-1})(x_0 - x_{-2})} - \frac{2y_{-1}}{(x_0 - x_{-1})(x_{-1} - x_{-2})} + \frac{2y_{-2}}{(x_{-1} - x_{-2})(x_0 - x_{-2})}$$

Drugą pochodną możemy też traktować po prostu jak pochodną pochodnej i zastosować dwukrotnie wzory na pierwszą pochodną.

Z reguły obiektem największego zainteresowania są punkty, w których pochodne przyjmują wartość zero lub osiągają ekstremum. Są to tzw. **punkty krytyczne**. Przykładowo punkt, w którym druga pochodna osiąga wartość zero, nazywany jest **punktem przegięcia**.

Numeryczne obliczanie pochodnej funkcji danej wzorem

W przypadku funkcji danej wzorem bezpośrednie zastosowanie ilorazu różnicowego jako przybliżenia pochodnej nie stanowi problemu i może być efektywnie wykorzystane do obliczenia pochodnych w sytuacji, gdy trudno jest znaleźć odpowiednią formułę funkcji pochodnej. Jedynym problemem jest dobór optymalnej wartości Δx. Obliczenia wykonywane są w Excelu z dokładnością do około 15 cyfr znaczących, w związku z tym zastosowanie bardzo małej wartości Δx może prowadzić do niedokładności wywołanej ograniczoną dokładnością stosowanej arytmetyki. Z kolei duże wartości Δx powodują błąd związany z pominięciem w rozwinięciu funkcji w szereg Taylora wyrazów wyższych rzędów.

Rozwinięcie funkcji w szereg Taylora ma postać:

$$f(x+\Delta x) = f(x) + \frac{f'(x)}{1!}\Delta x + \frac{f''(x)}{2!}\Delta x^2 + \ldots + \frac{f^{(n)}(x)}{n!}\Delta x^n + \ldots$$

Jeżeli z tego rozwinięcia wyznaczymy I pochodną, otrzymamy:

$$f'(x) = \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x} - \frac{f''(x)}{2!}\Delta x - \ldots - \frac{f^{(n)}(x)}{n!}\Delta x^{n-1} + \ldots$$

Wynik ten pokazuje, że przybliżenie pochodnej ilorazem różnicowym, obliczanym z użyciem różnic przednich, generuje błąd proporcjonalny w przybliżeniu do Δx. Lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie różnic centralnych. Mamy bowiem

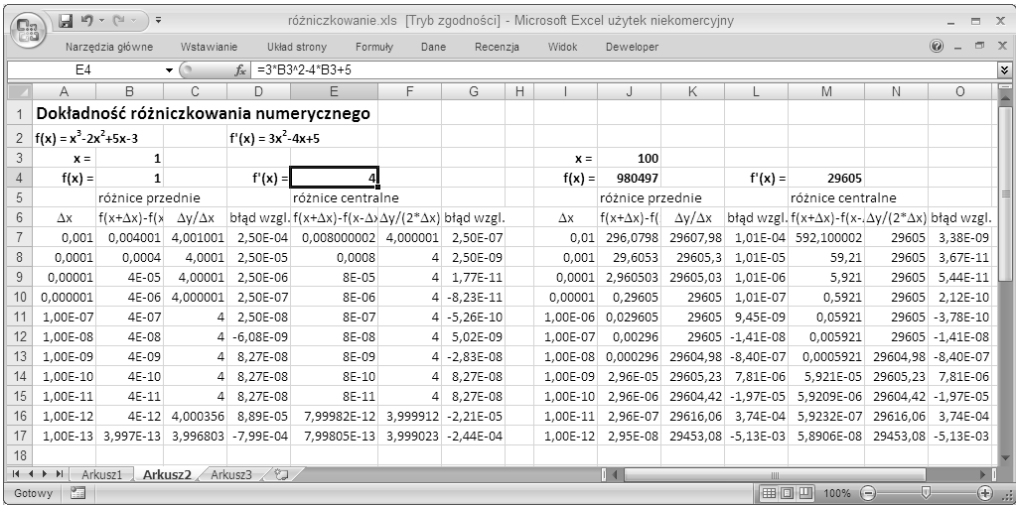
$$f(x-\Delta x) = f(x) - \frac{f'(x)}{1!}\Delta x + \frac{f''(x)}{2!}\Delta x^2 + \ldots + (-1)^n \frac{f^{(n)}(x)}{n!}\Delta x^n + \ldots$$

skąd pierwsza pochodna wyraża się wzorem:

$$f'(x) = \frac{f(x+\Delta x) - f(x-\Delta x)}{2\Delta x} - \frac{f'''(x)}{3!}\Delta x^2 - \ldots - \frac{f^{(n)}(x)}{n!}\Delta x^{n-1} + \ldots$$

W tym wzorze występują tylko człony z nieparzystymi wartościami n. Widać, że błąd oszacowania pochodnej za pomocą różnic centralnych jest w przybliżeniu proporcjonalny do Δx^2.

W praktyce trzeba poszukać kompromisu między tymi uwarunkowaniami. Przykładowe obliczenia przeprowadzono dla wielomianu 3. stopnia. Wyniki tych obliczeń widać na rysunku 6.1. W przypadku przybliżenia z różnicami przednimi najmniejszy błąd względny obliczeń uzyskano dla $\Delta x \approx 1\cdot 10^{-8}|x|$, z tym że dla $|x| < 1$ należy przyjąć $\Delta x \approx 1\cdot 10^{-8}$. W przypadku przybliżenia z różnicami centralnymi najmniejszy błąd względny obliczeń uzyskano dla $\Delta x \approx 1\cdot 10^{-5}|x|$, z tym że dla $|x| < 0{,}1$ należy przyjąć $\Delta x \approx 1\cdot 10^{-6}$.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Dokładność różniczkowania numerycznego														
2	f(x) = x^3-2x^2+5x-3			f'(x) = 3x^2-4x+5											
3	x =	1							x =	100					
4	f(x) =	1		f'(x) =	4				f(x) =	980497		f'(x) =	29605		
5		różnice przednie			różnice centralne					różnice przednie			różnice centralne		
6	Δx	f(x+Δx)-f(x	Δy/Δx	błąd wzgl.	f(x+Δx)-f(x-Δ	Δy/(2*Δx)	błąd wzgl.		Δx	f(x+Δx)-f(	Δy/Δx	błąd wzgl.	f(x+Δx)-f(x-	Δy/(2*Δx)	błąd wzgl.
7	0,001	0,004001	4,001001	2,50E-04	0,008000002	4,000001	2,50E-07		0,01	296,0798	29607,98	1,01E-04	592,100002	29605	3,38E-09
8	0,0001	0,0004	4,0001	2,50E-05	0,0008	4	2,50E-09		0,001	29,6053	29605,3	1,01E-05	59,21	29605	3,67E-11
9	0,00001	4E-05	4,00001	2,50E-06	8E-05	4	1,77E-11		0,0001	2,960503	29605,03	1,01E-06	5,921	29605	5,44E-11
10	0,000001	4E-06	4,000001	2,50E-07	8E-06	4	-8,23E-11		0,00001	0,29605	29605	1,01E-07	0,5921	29605	2,12E-10
11	1,00E-07	4E-07	4	2,50E-08	8E-07	4	-5,26E-10		1,00E-06	0,029605	29605	9,45E-09	0,05921	29605	-3,78E-10
12	1,00E-08	4E-08	4	-6,08E-09	8E-08	4	5,02E-09		1,00E-07	0,00296	29605	-1,41E-08	0,005921	29605	-1,41E-08
13	1,00E-09	4E-09	4	8,27E-08	8E-09	4	-2,83E-08		1,00E-08	0,000296	29604,98	-8,40E-07	0,0005921	29604,98	-8,40E-07
14	1,00E-10	4E-10	4	8,27E-08	8E-10	4	8,27E-08		1,00E-09	2,96E-05	29605,23	7,81E-06	5,921E-05	29605,23	7,81E-06
15	1,00E-11	4E-11	4	8,27E-08	8E-11	4	8,27E-08		1,00E-10	2,96E-06	29604,42	-1,97E-05	5,9209E-06	29604,42	-1,97E-05
16	1,00E-12	4E-12	4,000356	8,89E-05	7,99982E-12	3,999912	-2,21E-05		1,00E-11	2,96E-07	29616,06	3,74E-04	5,9232E-07	29616,06	3,74E-04
17	1,00E-13	3,997E-13	3,996803	-7,99E-04	7,99805E-13	3,999023	-2,44E-04		1,00E-12	2,95E-08	29453,08	-5,13E-03	5,8906E-08	29453,08	-5,13E-03
18															

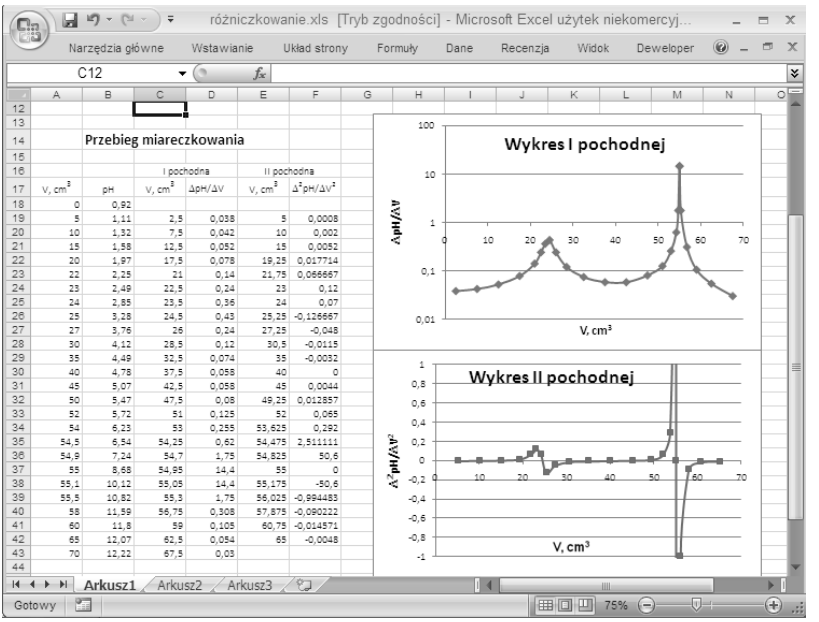
Rysunek 6.1. *Ocena dokładności oszacowania pochodnej za pomocą ilorazu różnicowego*

Numeryczne różniczkowanie danych pomiarowych

Jeżeli wartości funkcji pochodzą z pomiarów, to trzeba mieć świadomość, że błędy pomiarów w sposób bardzo istotny wpływają na oszacowanie pochodnej. Iloraz różnicowy jest stosunkiem różnic wartości funkcji i argumentu w pobliskich punktach, a więc jest to stosunek dwu małych, w porównaniu z wartością funkcji, liczb. Jeżeli błędy pomiarów mają przeciwne znaki, może nastąpić kumulacja błędów i w efekcie błąd oszacowania pochodnej będzie bardzo duży. Dlatego bezpieczniej jest przeprowadzić najpierw aproksymację badanej funkcji na przykład wielomianem i obliczyć pochodną wielomianu aproksymacyjnego zamiast bezpośredniego obliczania pochodnej z danych doświadczalnych.

Bezpośrednie oszacowanie wartości pochodnych na podstawie danych pomiarowych

Jako przykład bezpośredniego różniczkowania rozpatrzymy typową w chemii analitycznej krzywą miareczkowania kwasowo-zasadowego. Jest to zależność pH roztworu od ilości dodanego odczynnika miareczkującego. Charakterystyczne punkty tej zależności wykazują najszybszą (lokalnie) zmianę pH. Na krzywej pochodnej wystąpią w tych punktach maksima, a na wykresie drugiej pochodnej będą punkty zerowe. Dokładna lokalizacja tych punktów pozwoli określić zawartość składników w badanej próbce. Dane liczbowe przykładu zamieszczono na rysunku 6.2.



Rysunek 6.2. *Numeryczne obliczenia pierwszej i drugiej pochodnej na przykładzie krzywej miareczkowania*

Przykład 6.1.

Tabelka przedstawia krzywą miareczkowania próbki 20 cm^3 mieszaniny roztworów słabego i mocnego kwasu 0,1-molowym roztworem NaOH. Wykonano wykres zależności pH od objętości dodanego odczynnika miareczkującego oraz wykres ilorazu różnicowego $\Delta pH/\Delta V$ jako funkcji V, który jest przybliżeniem pochodnej. Wartość ilorazu różnicowego przypisano do środka przedziału V, dla którego została obliczona. Wykonano również wykres drugiej pochodnej. Z wykresów odczytano, przy jakich wartościach V pH zmienia się najszybciej. Na wykresie I pochodnej na osi rzędnych zastosowano skalę logarytmiczną.

Na wykresach można zauważyć dwa punkty krytyczne, pierwszy skok pH występuje przy $V = 24{,}4$ cm^3 i jest prawie niewidoczny przy zastosowaniu skali liniowej na wykresie pochodnej. Dopiero użycie skali logarytmicznej ujawnia ten punkt krytyczny. Drugi skok pH jest bardzo wyraźny i występuje przy $V = 55{,}0$ cm^3. Na wykresie II pochodnej skalę na osi rzędnych celowo ograniczono do ±1, aby można było zauważyć pierwszy mały skok pH.

Aproksymację pochodnej ilorazem różnicowym stosunkowo rzadko wykorzystuje się do obróbki danych doświadczalnych ze względu na ryzyko kumulacji błędów, natomiast dość często w przypadku funkcji określonych wzorem. Powrócimy do tego zagadnienia przy okazji metod numerycznych rozwiązywania równań algebraicznych i różniczkowych.

Obliczenie pochodnej za pośrednictwem funkcji aproksymującej

Gdy zachodzi potrzeba wyznaczenia pochodnej zależności określonej przez wyniki doświadczeń, rozwiązaniem lepszym od bezpośredniego różniczkowania jest aproksymacja badanej zależności odpowiednio dobraną funkcją, na przykład wielomianem, a następnie

zróżniczkowanie funkcji aproksymującej. (Kwestię aproksymacji zależności doświadczalnej omówiono dokładnie w rozdziale 15. „Regresja liniowa"). Potrzebne będą wartości liczbowe współczynników, musimy więc użyć funkcji `REGLINP` lub `REGEXPP`.

Jeżeli do aproksymacji wybierzemy wielomian n-tego stopnia

$$f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_n x^n = \sum_{k=0}^{n} a_k x^k$$

to po wyznaczeniu współczynników a_i możemy łatwo obliczyć pochodne aż do n-tego rzędu. Najczęściej potrzebne są pierwsza i druga pochodna:

$$f'(x) = a_1 + 2a_2 x + 3a_3 x^2 + \ldots + n a_n x^{n-1} = \sum_{k=1}^{n} k a_k x^{k-1}$$

$$f''(x) = 2a_2 + 2 \cdot 3a_3 x + 3 \cdot 4a_4 x^2 + \ldots + (n-1) n a_n x^{n-2} = \sum_{k=2}^{n} (k-1) k a_k x^{k-2}$$

W przypadku gdy do aproksymacji danych chcemy użyć wielomianu 3. stopnia, pierwszą pochodną możemy obliczyć w Excelu w następujący sposób (zapisy dotyczą wersji 2007 i wcześniejszych, w wersji 2010 ; w stałej tablicowej należy zamienić na \):

```
= SUMA(REGLINP(znane_y; znane_x^{1;2;3})*x^{2;1;0;0}*{3;2;1;0})
```

a drugą pochodną:

```
= SUMA(REGLINP(znane_y; znane_x^{1;2;3})*x^{1;0;0;0}*{6;2;0;0})
```

znane_y i *znane_x* reprezentują zbiory danych pomiarowych zmiennych ***y*** i ***x***, każdy z tych zakresów musi stanowić kolumnę danych; *x* jest wartością argumentu, dla której obliczamy pochodną. Przy obliczeniach tego typu może wystąpić problem, gdy $x = 0$. Pojawia się tu bowiem symbol nieokreślony 0^0 i Excel sygnalizuje błąd. Aby go uniknąć, trzeba do zerowego argumentu dodać jakąś bardzo małą stałą, na przykład 10^{-8} (`1E-08`), która nie będzie miała wpływu na wyniki obliczeń.

Z koniecznością obliczenia pochodnej spotkać się możemy na przykład przy obliczeniach cząstkowych wielkości molowych w chemii fizycznej. Jako ilustrację rozpatrzymy procedurę wyznaczania cząstkowych objętości molowych etanolu i wody w mieszaninie tych składników. Dana jest zależność średniej objętości molowej mieszaniny V od ułamka molowego etanolu x_1. Objętości molowe czystych składników $\underline{V}_1$ (etanol) i $\underline{V}_2$ (woda) są znane. Należy wyznaczyć cząstkowe objętości molowe składników w funkcji składu roztworu. Wielkości te wylicza się ze wzorów:

$$V_1 = V + (1 - x_1)\frac{dV}{dx_1}$$

$$V_2 = V - x_1 \frac{dV}{dx_1}$$

Większą dokładność można osiągnąć, jeżeli zamiast objętości molowej V jako zmienną roboczą weźmie się zmianę objętości mieszaniny na skutek zmieszania, czyli wielkość $\Delta V_{\mathrm{mix}} = V - x_1\underline{V}_1 - x_2\underline{V}_2$. Uwzględniając, że $x_1 + x_2 = 1$, łatwo wykazać, że

$$\frac{d(\Delta V_{mix})}{dx_1} = \frac{dV}{dx_1} - \underline{V}_1 + \underline{V}_2$$

i dalej

$$V_1 = \underline{V}_1 + \Delta V_{mix} + (1 - x_1)\frac{d(\Delta V_{mix})}{dx_1}$$

$$V_2 = \underline{V}_2 + \Delta V_{mix} - x_1\frac{d(\Delta V_{mix})}{dx_1}$$

$\Delta V_{\mathrm{mix}} = 0$ na końcach przedziału zmienności dla $x_1 = 0$ i dla $x_2 = 0$. Zatem jeśli ΔV_{mix} przedstawimy w postaci wielomianu, to x_1 i x_2 są pierwiastkami tego wielomianu.

$\Delta V_{\mathrm{mix}} = x_1\, x_2 y(x_1)$

$y(x_1)$ jest pomocniczym wielomianem, którego pochodną będziemy chcieli wyznaczyć w następujący sposób:

$$\frac{d(\Delta V_{mix})}{dx_1} = \frac{d(x_1 x_2 y)}{dx_1} = x_2 y - x_1 y + x_1 x_2 \frac{dy}{dx_1}$$

a więc

$$V_1 = \underline{V}_1 + x_1 x_2 y + x_2^2 y - x_1 x_2 y + x_1 x_2^2 \frac{dy}{dx_1}$$

$$V_1 = \underline{V}_1 + x_2^2\left(y + x_1\frac{dy}{dx_1}\right)$$

Podobnie

$$V_2 = \underline{V}_2 + x_1 x_2 y - x_1\left(x_2 y - x_1 y + x_1 x_2 \frac{dy}{dx_1}\right)$$

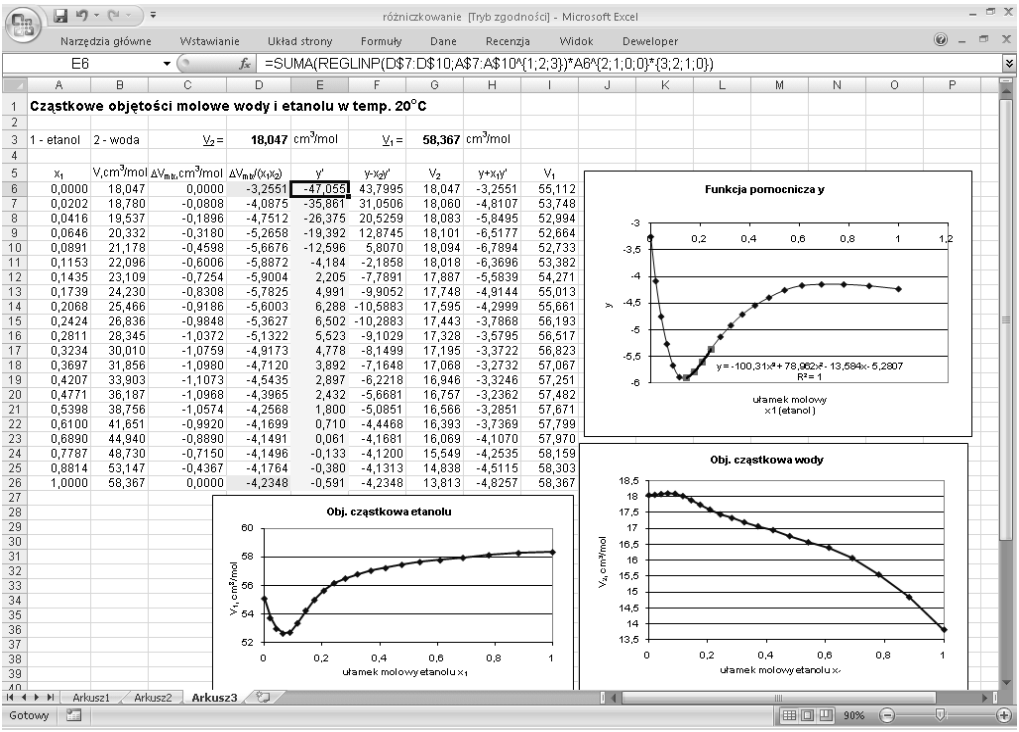
$$V_2 = \underline{V}_2 + x_1^2\left(y - x_2\frac{dy}{dx_1}\right)$$

Zadanie obliczenia cząstkowych objętości molowych sprowadza się do obliczenia pochodnej funkcji pomocniczej y względem x_1.

Funkcję y aproksymowano odcinek po odcinku wielomianami 3. stopnia, biorąc pod uwagę za każdym razem cztery kolejne punkty. Wyznaczone współczynniki wielomianu uwzględniono przy obliczaniu pochodnej w dwóch punktach wewnętrznych przedziału, dla którego

zostały wyznaczone. Zatem poza skrajnymi dwoma pierwszymi i dwoma ostatnimi punktami, dla których jest dostępny tylko jeden zestaw współczynników, dla pozostałych punktów dostępne są po dwa zestawy współczynników, które uśredniono. Wyniki obliczeń pokazano na rysunku 6.3. Do obliczenia pochodnych zastosowano wzory podobne do proponowanych powyżej. Przykładowo (zapis dotyczy wersji 2007 i wcześniejszych, w wersji 2010 ; w stałej tablicowej należy zamienić na \):

```
= SUMA(REGLINP($D$7:$D$10; $A$7:$A$10^{1;2;3})*A8^{2;1;0;0}*{3;2;1;0})
```



Rysunek 6.3. *Wyniki obliczenia pochodnej z wykorzystaniem współczynników wielomianu aproksymacyjnego*

Wartości funkcji pomocniczej y na końcach przedziału, czyli dla $x_1 = 0$ i $x_1 = 1$, nie można obliczyć bezpośrednio (symbol nieoznaczony 0/0). W tym przypadku oszacowano wartości funkcji na podstawie aproksymacji wielomianem 3. stopnia wartości funkcji w punktach sąsiednich, a następnie wzięto wartości tych wielomianów w punktach $x_1 = 0$ i $x_1 = 1$. W pierwszym przypadku jest to wyraz wolny wielomianu (zapisy dotyczą wersji 2007 i wcześniejszych, w wersji 2010 ; w stałej tablicowej należy zamienić na \):

```
= INDEKS(REGLINP(D$7:D$10; A$7:A$10^{1;2;3}); 4)
```

a w drugim suma współczynników:

```
= SUMA(REGLINP(D$22:D$25; A$22:A$25^{1;2;3}))
```

Dane do tego przykładu i koncepcję rozwiązania zaczerpnąłem z książki [10].

Skorowidz

####, 15
#ADR!, 29, 35
#ARG!, 24, 31, 138, 288, 313
#DZIEL/0!, 24
#LICZBA!, 24, 25
#N/D!, 49, 56, 165, 346
%, 23
[#Dane], 59
[#Nagłówki], 59
[#Sumy], 59
[#Ten wiersz], 59
[#Wszystko], 59

A

A1, 34, 296
Abs, 294
ABS, 350
Activate, 297
ActiveCell, 298
AddIns, 286
ADDRESS, 353
ADR.POŚR, 35, 51, 102, 118, 125, 186, 353
ADRES, 34, 353
adresy komórek, 17
    adresy absolutne, 28
    adresy bezwzględne, 28
    adresy mieszane, 28, 30, 56
    adresy względne, 28, 30
adsorpcja par na stałych adsorbentach, 204
AGGREGATE, 348
AGREGUJ, 276, 278, 348
aktywna komórka, 298
algorytm Rungego-Kutty, 322
Alignment, 337
Analiza symulacji, 150
Analysis Toolpak, 66
And, 293
AND, 353
Application, 295, 298
Application.Transpose, 302
Application.Version, 325
Application.Volatile, 315
ARG.LICZBY.ZESP, 251, 369
argumenty, 24, 284
argumenty operacji, 23
argumenty wyrażeń tablicowych, 55
arkusz kalkulacyjny, 7, 8
arkusze, 13
Array, 304, 313
As, 289, 290
Asc, 293, 294
ASCII, 24, 269
ASIN, 348
ASINH, 348
ATAN, 348
ATAN2, 348
ATANH, 348
Atn, 294
Autofiltr, 262, 265
Autokształty, 341
autouzupełnianie formuł, 25
AVEDEV, 358
AVERAGE, 365
AVERAGEA, 365
AVERAGEIF, 365
AVERAGEIFS, 365
awaryjne wyjście z pętli, 309

B

BackColor, 337
backslash, 38
baza danych, 261
    filtrowanie, 262
    formularze, 261
    funkcje, 278
    funkcje podsumowań, 274
    indeksy, 262
    operatory relacji, 266

baza danych
pola, 261
rekordy, 261
sortowanie, 262
zakres kryteriów, 266
BD.ILE.REKORDÓW, 280, 368
BD.ILE.REKORDÓW.A, 368
BD.ILOCZYN, 369
BD.MAX, 279, 369
BD.MIN, 369
BD.ODCH.STANDARD, 369
BD.ODCH.STANDARD.POPUL, 369
BD.POLE, 274, 279, 369
BD.SUMA, 369
BD.ŚREDNIA, 280, 369
BD.WARIANCJA, 369
BD.WARIANCJA.POPUL, 369
BESSEL.I, 369
BESSEL.J, 370
BESSEL.K, 370
BESSEL.Y, 370
BESSELI, 369
BESSELJ, 370
BESSELK, 370
BESSELY, 370
BETA.DIST, 360
BETA.INV, 360
BETADIST, 360
BETAINV, 360
BIN2DEC, 370
BIN2HEX, 370
BIN2OCT, 370
BINOM.DIST, 361
BINOM.INV, 359, 361
BINOMDIST, 361
Boolean, 290
BorderColor, 337
BorderStyle, 337
BoundColumn, 338
BRAK, 354
Breakpoints, 287
Button, 331
Byte, 290

C

Call, 305
Call Stack, 311
całki niewłaściwe, 111
obliczanie metodą ekstrapolacji, 112
całki oznaczone, 97
obliczanie, 99
obliczanie metodą 3/8, 99
obliczanie metodą kwadratur, 97
obliczanie metodą parabol, 98
obliczanie metodą Simpsona, 98
obliczanie metodą trapezów, 98
całkowanie numeryczne, 316
Caption, 337, 338, 341
Case Else, 308
cecha, 14
CELL, 355
Cells, 298, 299
Change, 345
CHAR, 293, 368
Chart, 295
CheckBox, 331
CHI.TEST, 365
CHIDIST, 360
CHIINV, 360
CHISQ.DIST, 360
CHISQ.DIST.RT, 360
CHISQ.INV, 360
CHISQ.TEST, 365
CHITEST, 365
CHOOSE, 354
Chr, 293, 294
ciąg funkcyjny, 122
ciąg liczbowy, 121
ciśnienie osmotyczne roztworu, 183
Clear, 297
CODE, 293, 367
COLUMN, 353
ColumnCount, 338
ColumnHeads, 338
COLUMNS, 353
Columns.Count, 302
ColumnWidths, 338
COMBIN, 349
ComboBox, 331
CommandButton, 331
COMPLEX, 137, 250, 251, 254, 371
CONCATENATE, 368
CONFIDENCE, 366
CONFIDENCE.NORM, 366
CONFIDENCE.T, 366
CONVERT, 245, 247, 371
jednostki, 246
Copy, 321
CORREL, 366
Cos, 294
COS, 348
COS.LICZBY.ZESP, 256, 370
COSH, 349
COUNT, 356
COUNTA, 356
COUNTBLANK, 356
COUNTIF, 356
COUNTIFS, 357
COVAR, 356
COVARIANCE.P, 356
COVARIANCE.S, 356
CRITBINOM, 359
Currency, 290
CVErr, 305

CZ.CAŁK.DZIELENIA, 349
CZ.RZECZ.LICZBY.ZESP, 250, 370
CZ.UROJ.LICZBY.ZESP, 250, 370
CZAS, 373
CZAS.WARTOŚĆ, 373
czcionki, 298
CZĘSTOŚĆ, 356
część rzeczywista, 250
część urojona, 250
CZY.ADR, 354
CZY.BŁ, 354
CZY.BŁĄD, 354
CZY.BRAK, 355
CZY.LICZBA, 355
CZY.LOGICZNA, 355
CZY.NIE.TEKST, 355
CZY.NIEPARZYSTE, 355
CZY.PARZYSTE, 355
CZY.PUSTA, 355
CZY.RÓWNE, 370
CZY.TEKST, 355

D

dane, 13
DATA, 373
DATA.WARTOŚĆ, 373
Date, 290
DATE, 373
DATEVALUE, 373
DAVERAGE, 369
DCOUNT, 368
DCOUNTA, 368
Debug, 311
DEC2BIN, 243, 370
DEC2HEX, 244, 371
DEC2OCT, 370
definiowanie
  funkcje, 302
  nazwy, 20
  tabele, 57
Definiuj nazwę, 18, 20, 25, 118
DEGREES, 351
deklaracja
  tablice, 300
  zmienne, 289
Delay, 339, 340
DELTA, 370
Design Mode, 311
DEVSQ, 357
DGET, 369
Dim, 289, 290, 300
DŁ, 367
DMAX, 369
DMIN, 369
Do Until…Loop, 309
Do While…Loop, 309
Do...Loop, 309
Do…Loop Until, 310
Do…Loop While, 310
dodawanie kontrolek do arkusza, 330
Double, 290
DPRODUCT, 369
DropButtonStyle, 340
DSTDEV, 369
DSTDEVP, 369
DSUM, 369
DVAR, 369
DVARP, 369
DWÓJK.NA.DZIES, 370
DWÓJK.NA.ÓSM, 370
DWÓJK.NA.SZESN, 370
dyfuzyjny transport wody, 234
dynamiczne generowanie tablic o zadanym rozmiarze, 50
działania arytmetyczne na liczbach zespolonych, 252
DZIES.NA.DWÓJK, 370
DZIES.NA.ÓSM, 370
DZIES.NA.SZESN, 244, 371
DZIŚ, 373

E

E, 38
edycja
  komórki, 26
  nazwy, 18
Edytowanie nazwy, 20, 57
ekstrapolacja rozwiązania równania Laplace'a, 232
elektrolizer, 229
elektrotechnika, 257
elementy tablicy, 37
Else, 306, 307
ElseIf, 306, 307
End Function, 288
End If, 306, 307
End Select, 307, 308
End Sub, 284
Eqv, 293
ERF, 371
ERF.PRECISE, 371
ERFC, 371
ERFC.PRECISE, 371
ERROR.TYPE, 355
Etykieta, 331, 333, 337
Evaluate, 315, 317
EXACT, 367
Excel, 7, 11
Exit Do, 310
Exit For, 309
Exit Function, 305
Exit Sub, 305
Exp, 294
EXP, 25, 106, 122, 349
EXP.LICZBY.ZESP, 255, 371
EXPON.DIST, 361
EXPONDIST, 361

F

F.DIST, 361
F.DIST.RT, 361
F.INV, 362
F.INV.RT, 361
F.TEST, 365
FACT, 350
FACTDOUBLE, 350
FAŁSZ, 14, 23
FDIST, 361
Filtr, 265
Filtr zaawansowany, 262, 269
filtrowanie, 262
Find, 297
FIND, 368
FINV, 361
FISHER, 362
FISHERINV, 362
FIXED, 368
folder AddIns, 286
Font, 298, 337
For Each ... Next, 309, 313
For...Next, 308
FORECAST, 360
ForeColor, 337
formanty, 329, 344
  dodawanie formantów do arkusza, 330
  makroinstrukcje, 332, 343
  nazwy, 332
  właściwości, 332
  zdarzenia, 330
formanty ActiveX, 330, 331, 336
  Etykieta, 337
  Obraz, 340
  Pasek przewijania, 339
  Pole kombi, 340
  Pole listy, 338
  Pole tekstowe, 339
  Pole wyboru, 337
  Przycisk opcji, 338
  Przycisk pokrętła, 339
  Przycisk polecenia, 337
  Przycisk przełącznika, 341
  właściwości, 336
formanty formularza, 330, 331, 333
  Etykieta, 333
  Pasek przewijania, 335
  Pokrętło, 334
  Pole grupy, 335
  Pole kombi, 335
  Pole listy, 334
  Pole wyboru, 333
  Przycisk, 333
  Przycisk opcji, 334
Format, 294
format wyświetlania liczb zespolonych, 256
Formatuj formant, 332
Formatuj jako tabelę, 57
Formula, 296, 327
FormulaLocal, 296, 327
FormulaR1C1, 296
FormulaR1C1Local, 296
formularze, 261
formuły, 16
  adresy komórek, 17
  autouzupełnianie formuł, 25
  funkcje, 24
  nazwy, 21
  obliczanie, 15
  odwołania, 18
  operatory, 21
  pierwszeństwo działań, 22
  tryb wyświetlania, 16
  wprowadzanie adresu, 17
  wynik obliczeń, 16
  wyświetlanie tekstów formuł w arkuszu, 327
  zmiana kolejności wykonywania operacji, 25
formuły nazwane, 8, 29
  argumenty wyrażeń tablicowych, 55
formuły tablicowe, 16, 41
  edycja, 42
  kopiowanie, 43
  nazwy, 43
  poszerzanie obszaru, 42
  tabele, 62
  wprowadzanie, 42
FRAGMENT.TEKSTU, 367
FREQUENCY, 356
FTEST, 365
Function, 283, 284, 288
funkcja autouzupełniania formuł, 61
funkcja podcałkowa opisana wzorem, 116
funkcja podcałkowa w postaci zbioru punktów pomiarowych, 117
FUNKCJA.BŁ, 371
FUNKCJA.BŁ.DOKŁ, 371
funkcje, 17
  argumenty, 24
  Array, 313
  funkcje agregujące, 274
  funkcje bazodanowe, 278, 368
  funkcje daty i czasu, 373
  funkcje dwu zmiennych, 69
  funkcje informacyjne, 354
  funkcje inżynierskie, 369
  funkcje jednej zmiennej, 65
  funkcje jednej zmiennej określone w sposób niejawny (uwikłany), 68
  funkcje logiczne, 352
  funkcje matematyczne, 348
  funkcje odwołań, 354
  funkcje operujące na liczbach zespolonych, 249
  funkcje podsumowań, 274
  funkcje statystyczne, 356, 358
  funkcje tekstowe, 367

funkcje wyszukiwania, 354
konwencje zapisu, 25
parametry, 284
wywołanie, 24
zagnieżdżanie funkcji, 24
funkcje definiowane przez użytkownika, 302
funkcje podobne do funkcji standardowych, 323
parametry, 303
sterowanie wykonaniem kodu, 305
typ wyniku, 303
zakończenie wykonywania, 305
zmienna liczba argumentów, 303
funkcje VBA, 283, 284, 288, 294
Array, 304
Asc, 293
Chr, 293
CVErr, 305
IsArray, 324
IsObject, 324
LBound, 301
Log, 293
metody, 295
nazwy, 287
Sqr, 288, 293
stosowanie w Excelu, 314
Ubound, 301
Val, 314
właściwości, 295
wywołanie rekurencyjne, 284

G

GAMMA.DIST, 362
GAMMA.INV, 362
GAMMADIST, 362
GAMMAINV, 362
GAMMALN, 362
GAMMALN.PRECISE, 363
GCD, 350
generowanie planu eksperymentu czynnikowego typu 2^k, 52
GEOMIN, 365
GESTEP, 372
GoalSeek, 297, 318
GODZINA, 373
górna granica całkowania, 115
graficzna prezentacja danych, 75
graficzne elementy sterujące, 329
graficzne szacowanie pierwiastków równania, 139
GroupBox, 331
GroupName, 338
GROWTH, 359

H

HARMEAN, 365
Height, 337, 344
HEX2BIN, 373
HEX2DEC, 373
HEX2OCT, 373
HLOOKUP, 354
HOUR, 373
HYPGEOM.DIST, 362
HYPGEOMDIST, 362

I

If, 306, 307
IF, 352
IFERROR, 352
ILE.LICZB, 117, 356
ILE.NIEPUSTYCH, 356
ILE.WIERSZY, 345, 353
ILOCZYN, 349
iloczyn macierzowy, 41
ILOCZYN.LICZB.ZESP, 254
ILORAZ.LICZB.ZESP, 371
IMABS, 251, 372
Image, 331
IMAGINARY, 250, 370
IMARGUMENT, 369
IMCONJUGATE, 250, 372
IMCOS, 256, 370
IMDIV, 253, 371
IMEXP, 371
IMLN, 255, 371
IMLOG10, 255, 371
IMLOG2, 255, 372
Immediate Window, 311
Imp, 293
IMPOWER, 254, 372
IMPRODUCT, 253, 254, 371
IMREAL, 250, 370
IMSIN, 256, 372
IMSQRT, 254, 372
IMSUB, 253, 372
IMSUM, 253, 373
INDEKS, 32, 44, 50, 54, 62, 96, 103, 166, 271, 353
indeksy, 262
INDEX, 353
INDIRECT, 353
INFO, 355
InputBox, 321
Inspekcja formuł, 15
instrukcja przypisania, 291
instrukcja wyboru, 305
instrukcje warunkowe, 305
Int, 294
INT, 352
Integer, 290
INTERCEPT, 358
interpolacja, 163
interpolacja kubiczna, 170
funkcje dwu zmiennych, 174
interpolacja liniowa, 166
funkcje dwu zmiennych, 171

interpretacja adresów, 29
interpretacja geometryczna, 97
    liczby zespolone, 251
interpretacja nazw, 29
Is, 292, 308
IsArray, 294, 324
IsDate, 294
IsEmpty, 294
ISEMPTY, 355
ISERR, 354
IsError, 294
ISERROR, 354
ISEVEN, 355
ISLOGICAL, 355
IsMissing, 294
ISNA, 355
ISNONTEXT, 355
IsNull, 294
ISNUMBER, 355
IsNumeric, 294
IsObject, 294, 324
ISODD, 355
ISREF, 354
ISTEXT, 355
izoterma Langmuira, 185, 204

J

jednostka urojona, 250
jednostki miar, 245
JEŻELI, 52, 85, 136, 137, 352
JEŻELI.BŁĄD, 352
język VBA, 8, 281

K

KOD, 269, 367
kod ASCII, 24, 269
kod VBA, 287
kolejność działań, 23
kolumny, 13, 31
KOMBINACJE, 349
komentarze VBA, 310
KOMÓRKA, 326, 355
komórki, 13
KOMP.FUNKCJA.BŁ, 371
KOMP.FUNKCJA.BŁ.DOKŁ, 371
komunikaty o błędzie, 24, 305
kontrolki ekranowe, 329
konwencja zapisu funkcji, 25
konwersja jednostek miar, 245
    CONVERT, 246
    konwersja jednostek złożonych, 247
    KONWERTUJ, 246
konwersja liczb, 243
    Analysis Toolpak, 243
    liczby szesnastkowe, 244
konwersja tabeli na zakres, 63
konwersja tablicy dwuwymiarowej
  w jednowymiarową, 320
konwersja zakresu na tabelę, 63
KONWERTUJ, 245, 247, 371
    jednostki, 246
Konwertuj na zakres, 63
kopiowanie
    formuły tablicowe, 43
    komórki, 27
    odwołania strukturalne, 62
    zawartość komórek, 26
Kopiuj, 27
korelacja liniowa, 200, 201
korelacja nieliniowa, 200
    Solver, 203
KOWARIANCJA, 356
KOWARIANCJA.POPUL, 356
KOWARIANCJA.PRÓBKI, 356
kryterium statystyczne Fishera, 180
kryterium statystyczne t Studenta, 180
krzywa logistyczna, 194
krzywa miareczkowania kwasowo-zasadowego, 92
krzywe Lissajous, 85
KURT, 356
KURTOZA, 356
kwadrat współczynnika korelacji R^2, 79
kwalifikowane odwołania do zakresu, 18
KWARTYL, 356
KWARTYL.PRZEDZ.OTW, 278, 356
KWARTYL.PRZEDZ.ZAMK, 278, 356

L

L, 355
Label, 331
LARGE, 357
LargeChange, 340
LBound, 294, 301, 302
LCM, 350
Left, 337
LEFT, 367
LEN, 367
LEWY, 34, 367
LICZ.JEŻELI, 356
LICZ.PUSTE, 356
LICZ.WARUNKI, 357
LICZBA, 314
liczba sprzężona, 250
liczba stopni swobody, 179
LICZBA.CAŁK, 349
LICZBA.KOLUMN, 353
LICZBA.ZESP, 137, 250, 251, 254, 371
liczby, 14
    formaty, 14
    Liczbowy, 14
    liczby bez znaku, 15
    liczby dziesiętne, 14
    liczby szesnastkowe, 244

Naukowy, 14
Procentowy, 14
Ułamkowy, 14
zapis naukowy, 14
liczby zespolone, 137, 249, 250
argument, 251
część rzeczywista, 250
część urojona, 250
działania arytmetyczne, 252
format wyświetlania, 256
funkcje elementarne z argumentem zespolonym, 255
funkcje operujące na liczbach zespolonych, 250
funkcje trygonometryczne, 255
interpretacja geometryczna, 251
jednostka urojona, 250
logarytm zespolony, 255
moduł, 251
pierwiastkowanie, 253
postać trygonometryczna, 251
postać wykładnicza, 252
potęgowanie, 253
równość liczb zespolonych, 252
stosowanie w elektrotechnice, 257
wartość główna logarytmu, 255
wzór Eulera, 252
Like, 292
LINEST, 360
linia trendu, 78
LinkedCell, 337, 338, 339, 341, 345
ListBox, 331
ListFillRange, 338
ListStyle, 338, 340
ListWidth, 340
listy, 261
literały tablicowe, 38
LN, 123, 349
LN.LICZBY.ZESP, 255, 371
Locals, 311
Locals Window, 311
Log, 293, 294
LOG, 349
LOG10, 349
LOG10.LICZBY.ZESP, 255, 371
LOG2.LICZBY.ZESP, 255, 372
logarytm zespolony, 255
LOGEST, 359
LOGINV, 363
LOGNORM.DIST, 363
LOGNORM.INV, 363
LOGNORMDIST, 363
Long, 290, 339
LOOKUP, 354
Loop, 310
LOS, 349
LOS.ZAKR, 349
Lotus 1-2-3, 36
LUB, 267, 269, 352

L

Łącze komórki, 334
łączenie tablic, 48

M

macierz jednostkowa, 38
generowanie, 52
macierz kwadratowa, 37
elementy diagonalne, 37
główna przekątna, 37
MACIERZ.ILOCZYN, 41, 132, 349
MACIERZ.ODW, 41, 132, 349
macierze, 37
elementy, 37
macierz diagonalna, 38
macierz odwrotna, 41, 132
macierz symetryczna, 38
mnożenie skalarne, 40
transpozycja, 41
układ równań liniowych, 131
wektor, 37
wyznacznik, 38, 41
makra, 282, 283
skoroszyt makr osobistych, 286
Makra, 286
makroinstrukcje, 282
makropolecenia, 282, 283
nazwy, 287
przypisanie do formantów, 343
rejestracja, 284
testowanie, 310
uruchamianie, 283, 286, 310
Maksymalna liczba iteracji, 86
Maksymalna zmiana, 86
mantysa, 14
MATCH, 353
MatchEntry, 340
MatchRequired, 340
Max, 339
MAX, 146, 357
MAX.A, 357
MAX.K, 278, 357
MAXA, 357
MaxChange, 319
MaxLength, 339, 340
MDETERM, 352
MEDIAN, 357
MEDIANA, 357
Menedżer nazw, 19, 20, 21, 30
methods, 295
metoda 3/8, 99
metoda ekstrapolacji, 112
metoda Eulera, 208
modyfikacje, 213
metoda GoalSeek, 318
metoda iteracji prostej, 140

metoda kwadratur, 98
metoda nadrelaksacji, 230
metoda Newtona, 115, 145
metoda Newtona-Raphsona, 160
metoda parabol, 98, 99
metoda prostokątów, 98, 99
metoda różnic skończonych, 224, 228
metoda Rungego-Kutty, 217, 322
metoda siatek, 228
metoda siecznych, 143, 147
    przyspieszenie zbieżności, 144
metoda Simpsona, 98, 101
metoda strzałów, 221
metoda stycznych, 145
    zmodyfikowana metoda stycznych, 146
metoda trapezów, 98, 99
metody, 295, 297
metody analitycznego rozwiązywania równań różniczkowych, 207
Microsoft Excel, 7
Microsoft Office, 11
MID, 367
MIESIĄC, 374
Min, 339
MIN, 357
MIN.A, 357
MIN.K, 278, 357
MINA, 357
minimalna suma kwadratów, 177, 193
minimum, 155
MINUTA, 374
MINUTE, 374
MINVERSE, 349
MMULT, 349
mnożenie macierzy, 41
MOD, 190, 349
MODE, 367
MODE.MULT, 367
MODE.SNGL, 367
moduł liczby zespolonej, 251
MODUŁ.LICZBY, 23, 123, 124, 137, 138, 350
MODUŁ.LICZBY.ZESP, 251, 372
moduły, 285
MONTH, 374
MROUND, 352
MultiLine, 339
MULTINOMIAL, 352
MultiSelect, 338, 340

N

N, 355
NA, 354
NACHYLENIE, 181, 202, 357
nadawanie nazw, 19
nadawanie wartości zmiennym, 291
nadrelaksacja, 230
NAJMN.WSP.WIEL, 350
najmniejsza suma kwadratów, 78
NAJW.WSP.DZIEL, 350
Name, 337
Narzędzia tabel/Projektowanie, 57
Naukowy, 14
nawiasy klamrowe, 38, 42
nawiasy okrągłe, 25
nazwy, 18, 29, 43, 287
    definiowanie, 20
    nadawanie, 19
    nazwy kwalifikowane, 19
    stosowanie, 32
nazwy formuł, 21
nazwy tabel, 19
nazwy tablic, 39
Nazwy zdefiniowane, 21
negacja, 23
NEGBINOM.DIST, 361
NEGBINOMDIST, 361
Next, 308, 309
NIE, 353
nieudokumentowane formanty pola tekstowego, 341
NORM.DIST, 363
NORM.INV, 363
NORM.S.DIST, 363
NORM.S.INV, 363
NORMALIZUJ, 357
NORMDIST, 363
NORMINV, 363
NORMSDIST, 363
NORMSINV, 363
Not, 293
NOT, 353
NOW, 374
Nowe makro, 284
NR.BŁĘDU, 355
NR.KOLUMNY, 33, 51, 353
NumberFormat, 296
numeryczne obliczanie pochodnej funkcji danej wzorem, 91
numeryczne różniczkowanie danych pomiarowych, 92

O

obiekty, 295
    Application, 298
    Range, 295
    właściwości, 295
Object, 290
objects, 295
OBLICZ, 109
obliczanie całek niewłaściwych, 111
    metoda ekstrapolacji, 112
obliczanie całek oznaczonych, 97, 99, 121
    iteracje, 108
    metoda kwadratur, 97
    metody, 97, 99

odwołania cykliczne, 108
operacje tablicowe, 102
szereg potęgowy, 121
obliczanie górnej granicy całkowania, 115
funkcja podcałkowa opisana wzorem, 116
funkcja podcałkowa w postaci zbioru punktów pomiarowych, 117
metoda Newtona, 116
Solver, 116
obliczenia, 16
obliczanie pierwiastków równania kwadratowego, 313
obliczanie sum szeregów, 123
obliczanie wartości wielomianu, 312
obliczenia cząstkowe wielkości molowych, 94
obliczenia iteracyjne, 127
iteracje, 109
obracanie wykresu, 83
Obraz, 331, 340
Obrót 3-W, 83
obsługa zdarzeń, 345
obszary, 17, 37
obwody elektryczne prądu zmiennego, 257
OCT2BIN, 372
OCT2DEC, 243, 372
OCT2HEX, 372
ODCH.KWADRATOWE, 357
ODCH.STAND.POPUL, 357
ODCH.STANDARD.POPUL, 357
ODCH.STANDARD.PRÓBKI, 358
ODCH.STANDARDOWE, 358
ODCH.STANDARDOWE.A, 358
ODCH.ŚREDNIE, 358
ODCIĘTA, 181, 358
odczytywanie adresów, 33
odwołania, 18, 29, 34
odwołania do elementów tablic, 44
odwołania do fragmentów tablic, 44
odwołania cykliczne, 8, 109, 230
obliczanie całek oznaczonych, 108
rozwiązywanie równań nieliniowych, 148
odwołania strukturalne, 57, 58
czytelność, 62
funkcja autouzupełniania formuł, 61
kopiowanie, 62
odwołania do wybranych elementów, 62
odwołania strukturalne kwalifikowane, 59
odwołania strukturalne niekwalifikowane, 59
przenoszenie, 62
składnia, 58
stosowanie, 60
wypełnianie, 62
zewnętrzne odwołania strukturalne, 61
odzyskiwanie danych z tabeli lub listy, 270
Offset, 299, 316
OFFSET, 353
ogólne rozwiązania równania różniczkowego, 207
Ogólny, 14, 15
okno obliczeń bezpośrednich, 311
okno podglądu zmiennych, 311
okno zmiennych lokalnych, 311
Opcje obliczania, 85
operacje na komórkach sformatowanych w określony sposób, 326
operacje tablicowe, 38, 102
operatory, 21
%, 23
operatory arytmetyczne, 23
operatory odwołania, 59
operatory relacji, 23
pierwszeństwo działań, 22
VBA, 292
Option Base, 300, 303
Option Explicit, 291
Optional, 303
OptionButton, 331
Or, 293
OR, 352
ORAZ, 267, 353
Orientation, 339
osadzanie w arkuszu plików graficznych, 340
OSADŹ, 342

Ó

ÓSM.NA.DWÓJK, 372
ÓSM.NA.DZIES, 372
ÓSM.NA.SZESN, 372

P

ParamArray, 303
parametry, 284, 303
parametry opcjonalne, 303
pasek narzędzi Debug, 311
Pasek przewijania, 331, 335, 339
PasswordChar, 339
PEARSON, 358
PERCENTILE, 358
PERCENTILE.EXC, 358
PERCENTILE.INC, 358
PERCENTRANK, 359
PERCENTRANK.EXC, 359
PERCENTRANK.INC, 359
PERCENTYL, 358
PERCENTYL.PRZEDZ.OTW, 278, 358
PERCENTYL.PRZEDZ.ZAMK, 278, 358
PERMUT, 358
PERMUTACJE, 358
Personal.xls, 286
pętle, 308
Do...Loop, 309
For Each ... Next, 309
For...Next, 308
wyjście awaryjne z pętli, 309

PI, 24, 350
Picture, 337, 338, 340, 341
PictureAlignment, 340
PicturePosition, 337, 338, 341
PictureSizeMode, 340
PictureTiling, 341
PIERW.PI, 324, 350
PIERWIASTEK, 82, 137, 157, 293, 350
PIERWIASTEK.LICZBY.ZESP, 254, 372
pierwiastki równania kwadratowego, 313
pierwszeństwo działań, 22
plan całkowitego eksperymentu czynnikowego, 53
pochodna, 89
PODAJ.POZYCJĘ, 126, 165, 167, 168, 271, 272, 353
podprogramy, 282, 283, 284
PODSTAW, 34, 109, 367
POISSON, 364
POISSON.DIST, 364
Pokaż formuły, 15
Pokrętło, 331, 334
pola, 261
Pole grupy, 331, 335
Pole kombi, 331, 335, 340
Pole listy, 331, 334, 338
Pole nazwy, 19
pole skalarne, 228
Pole tekstowe, 331, 339
pole trójkąta, 288
Pole wyboru, 331, 333, 337
PORÓWNAJ, 269, 367
porównywanie
    teksty, 24
    wartości logiczne, 24
postać trygonometryczna liczby zespolonej, 251
poszukiwanie minimum, 155
POTĘGA, 350
POTĘGA.LICZBY.ZESP, 254, 372
POWER, 350
POWT, 367
POZYCJA, 358
POZYCJA.NAJW, 358
POZYCJA.ŚR, 359
PRAWDA, 14, 23
PRAWDPD, 359
prawo Ficka, 234
prawo rozcieńczeń Ostwalda, 199
PRAWY, 367
predefiniowane specyfikatory wierszy, 59
Preserve, 301
PROB, 359
PROC.POZ.PRZEDZ.OTW, 359
PROC.POZ.PRZEDZ.ZAMK, 359
procedura obsługi zdarzenia, 345
PROCENT.POZYCJA, 359
Procentowy, 14
procesy transportu masy lub ciepła, 234
PRODUCT, 349
properties, 295
Properties, 336
ProportionalThumb, 340
PRÓG.ROZKŁAD.DWUM, 359
przechowywanie makropoleceń, 286
przeciągnij i upuść, 27
Przeglądarka Projektów, 285
przenoszenie
    formuły, 29
    komórki, 28
    odwołania strukturalne, 62
PRZESUNIĘCIE, 47, 62, 118, 168, 345, 353
przesuwanie zawartości komórek, 26
przeszukiwanie tablic, 163
przewodnictwo molowe, 184
Przybornik formantów, 331
Przycisk, 331, 333
Przycisk opcji, 331, 334, 338
Przycisk pokrętła, 331, 339
Przycisk polecenia, 283, 331, 337
Przycisk przełącznika, 331, 341
Przypisz makro, 343
pułapki programowe, 287, 311
punkt przegięcia, 90

Q

QUARTILE, 356
QUARTILE.EXC, 356
QUARTILE.INC, 356
Quick Watch, 311
QUOTIENT, 349

R

R.KWADRAT, 181, 359
R1C1, 17
RADIANS, 350
RADIANY, 350
RAND, 349
RANDBETWEEN, 349
Range, 295, 296, 297, 301, 303
    Count, 296
    Formula, 296
    NumberFormat, 296
    Select, 298
    Value, 296
RANK, 358
RANK.AVG, 359
RANK.EQ, 358
ReDim, 301
REGBŁSTD, 359
REGEXPP, 94, 359
REGEXPW, 359
REGLINP, 94, 96, 170, 175, 176, 181, 182, 183, 202, 360
REGLINW, 169, 170, 173, 176, 188, 191, 360
REGLINX, 167, 169, 188, 360

regresja, 78
regresja quasi-liniowa, 193
regresja wielokrotna, 187
regresja liniowa, 177, 181
funkcja liniowa jednej zmiennej, 181
funkcje dwu zmiennych, 188
NACHYLENIE, 181
ocena statystyczna jakości dopasowania równania regresji, 179
ODCIĘTA, 181
R.KWADRAT, 181
zastosowanie, 177
regresja nieliniowa, 193
ocena statystyczna jakości dopasowania równania regresji, 195
Solver, 194, 196
zasada minimalnej sumy kwadratów, 193
zastosowanie, 193
regula falsi, 143, 147
Rejestrator Makropoleceń, 284
rejestrowanie makropoleceń, 284
rekordy, 261
relacje, 23
REPLACE, 368
REPT, 367
RIGHT, 367
Rnd, 294
ROK, 374
ROUND, 352
ROUNDDOWN, 352
ROUNDUP, 352
ROW, 354
ROWS, 353
Rows.Count, 302
ROZKŁ.BETA, 360
ROZKŁ.BETA.ODWR, 360
ROZKŁ.CHI, 360
ROZKŁ.CHI.ODWR, 360
ROZKŁ.CHI.PS, 360
ROZKŁ.DWUM, 361
ROZKŁ.DWUM.ODWR, 359, 361
ROZKŁ.DWUM.PRZEC, 361
ROZKŁ.EXP, 361
ROZKŁ.F, 361
ROZKŁ.F.ODWR, 362
ROZKŁ.F.ODWR.PS, 361
ROZKŁ.F.PS, 361
ROZKŁ.GAMMA, 362
ROZKŁ.GAMMA.ODWR, 362
ROZKŁ.HIPERGEOM, 362
ROZKŁ.LOG, 363
ROZKŁ.LOG.ODWR, 363
ROZKŁ.NORMALNY, 363
ROZKŁ.NORMALNY.ODWR, 363
ROZKŁ.NORMALNY.S, 363
ROZKŁ.NORMALNY.S.ODWR, 363
ROZKŁ.POISSON, 364
ROZKŁ.T, 364
ROZKŁ.T.DS, 364
ROZKŁ.T.ODWR, 364
ROZKŁ.T.ODWR.DS, 364
ROZKŁ.T.PS, 364
ROZKŁ.WEIBULL, 364
ROZKŁAD.BETA, 360
ROZKŁAD.BETA.ODW, 360
ROZKŁAD.CHI, 360
ROZKŁAD.CHI.ODW, 360
ROZKŁAD.DWUM, 361
ROZKŁAD.DWUM.PRZEC, 361
ROZKŁAD.EXP, 361
ROZKŁAD.F, 361
ROZKŁAD.F.ODW, 361
ROZKŁAD.FISHER, 362
ROZKŁAD.FISHER.ODW, 362
ROZKŁAD.GAMMA, 362
ROZKŁAD.GAMMA.ODW, 362
ROZKŁAD.HIPERGEOM, 362
ROZKŁAD.LIN.GAMMA, 113, 362
ROZKŁAD.LIN.GAMMA.DOKŁ, 363
ROZKŁAD.LOG, 363
ROZKŁAD.LOG.ODW, 363
ROZKŁAD.NORMALNY, 363
ROZKŁAD.NORMALNY.ODW, 363
ROZKŁAD.NORMALNY.S, 363
ROZKŁAD.NORMALNY.S.ODW, 363
ROZKŁAD.POISSON, 364
ROZKŁAD.T, 364
ROZKŁAD.T.ODW, 364
ROZKŁAD.WEIBULL, 364
rozmiar tablicy, 302
rozwiązywanie równań nieliniowych, 135
graficzne szacowanie pierwiastków, 139
metoda GoalSeek, 318
metoda iteracji prostej, 140
metoda Newtona, 145
metoda siecznych, 143, 147
metoda stycznych, 145
odwołania cykliczne, 148
przyspieszenie zbieżności metody siecznych, 144
regula falsi, 143
Solver, 149, 151
Szukaj wyniku, 149
wyróżnik, 135
zmodyfikowana metoda stycznych, 146
rozwiązywanie równań różniczkowych cząstkowych, 228
rozwiązywanie równań różniczkowych metodą Rungego-Kutty, 217, 322
rozwiązywanie układu równań liniowych, 41, 132
Solver, 133
rozwiązywanie układu równań nieliniowych, 156
metoda minimalizacji sumy kwadratów, 154
metoda Newtona-Raphsona, 160
zmienna pomocnicza, 157
rozwiązywanie zagadnienia początkowego metodą Eulera, 208

równania kwadratowe, 135
pierwiastki, 313
równania nieliniowe, 135
równania różniczkowe, 207
dokładność rozwiązania, 217
metoda Rungego-Kutty, 322
metody analitycznego rozwiązywania równań różniczkowych, 207
rząd równania, 207
warunki brzegowe, 207
warunki początkowe, 207
zagadnienie początkowe, 208
równania różniczkowe cząstkowe, 227
metoda nadrelaksacji, 230
metoda różnic skończonych, 228
metoda siatek, 228
metody numeryczne oparte na schematach różnicowych, 236
równania eliptyczne, 228
równania hiperboliczne, 228
równania mieszane, 227
równania paraboliczne, 228, 234
schemat jawny, 236
schemat niejawny Cranka-Nicolsona, 237
równania różniczkowe zwyczajne, 207
dokładność metod całkowania równań różniczkowych, 219
dopasowanie warunku brzegowego, 221
metoda różnic skończonych, 224
metoda Rungego-Kutty, 217
metoda strzałów, 221
modyfikacje metody Eulera, 213
rozwiązywanie zagadnienia początkowego metodą Eulera, 208
zagadnienie brzegowe, 220
równanie izotermy Langmuira, 185, 204
równanie kinetyki chemicznej, 208
równanie Laplace'a, 228
równanie van der Waalsa, 84
równość liczb zespolonych, 252
RÓŻN.LICZB.ZESP, 372
różniczkowanie numeryczne, 89
aproksymacje, 90, 93
bezpośrednie oszacowanie wartości pochodnych na podstawie danych pomiarowych, 92
dane pomiarowe, 92
funkcje aproksymujące, 93
obliczanie pochodnej funkcji danej wzorem, 91
pochodna, 89
pochodne drugiego i wyższych rzędów, 90
punkt przegięcia, 90
punkty krytyczne, 90
różnice centralne, 90
różnice przednie, 90
różnice wsteczne, 90
szereg Taylora, 91
RSQ, 359
rząd równania różniczkowego, 207

S

schemat Hornera, 312
schemat jawny, 236
schemat niejawny Cranka-Nicolsona, 237
ScrollBar, 331
ScrollBars, 339, 340
SEARCH, 367
SECOND, 374
SEKUNDA, 374
Select, 297, 298
Select Case, 307
Selection, 298, 321
SERIESSUM, 126, 351
Set, 300
ShowDropButtonWhen, 340
SIGN, 352
SILNIA, 25, 112, 124, 350
SILNIA.DWUKR, 350
Sin, 294
SIN, 350
SIN.LICZBY.ZESP, 256, 372
Single, 290
SINH, 350
skalarne mnożenie macierzy, 40
SKEW, 365
składnia odwołań strukturalnych, 58
składniki szeregu, 121
skoroszyt, 13
arkusze, 13
skoroszyt makr osobistych, 286
SKOŚNOŚĆ, 365
SLOPE, 357
SMALL, 357
SmallChange, 339
Solver, 115, 150, 158
korelacja nieliniowa, 203
regresja nieliniowa, 196
rozwiązywanie równań nieliniowych, 149, 151, 159
rozwiązywanie układu równań liniowych, 133
sortowanie, 262
SpinButton, 331
Spinner, 331
sposób wyświetlania danych, 15
SPRAWDŹ.PRÓG, 372
SPRZĘŻ.LICZBY.ZESP, 250, 372
Sqr, 288, 294
SQRT, 293, 350
SQRTPI, 324, 350
stała dysocjacji K_c kwasu azotowego w metanolu, 199
stałe liczbowe, 14, 16
stałe logiczne, 14, 16
stałe tablicowe, 17, 30, 38
stałe tekstowe, 17
STANDARDIZE, 357
STDEV, 358
STDEV.P, 357
STDEV.S, 358

STDEVA, 358
STDEVP, 357
Step, 308
Step Into, 311
Step Out, 311
Step Over, 311
sterowanie wykonaniem kodu, 305
STEYX, 359
STOPNIE, 82, 351
stos wywołań procedur, 311
Str, 294
String, 290
struktura tabeli, 58
styl A1, 34, 296
styl adresowania komórek, 17
styl R1C1, 17
styl W1K1, 17, 34, 296
Style, 340
Sub, 283, 284
SUBSTITUTE, 367
SUBTOTAL, 351
SUM, 351
SUMA, 24, 43, 54, 138, 351
suma regresyjna, 180, 182
suma resztkowa, 179
suma szeregów, 123
SUMA.ILOCZYNÓW, 56, 172, 351
SUMA.JEŻELI, 351
SUMA.KWADRATÓW, 55, 133, 351
SUMA.LICZB.ZESP, 373
SUMA.SZER.POT, 351
SUMA.WARUNKÓW, 351
SUMA.X2.M.Y2, 351
SUMA.X2.P.Y2, 351
SUMA.XMY.2, 198, 351
SUMA_KOLOR, 326
SUMIF, 351
SUMIFS, 351
SUMPRODUCT, 351
SUMSQ, 351
SUMX2MY2, 351
SUMX2PY2, 351
SUMXMY2, 351
SUMY.CZĘŚCIOWE, 274, 275, 351
SUMY.POŚREDNIE, 274, 275, 351
system dwójkowy, 243
system liczbowy, 243
system ósemkowy, 243
system pozycyjny, 243
system szesnastkowy, 243
szczególne rozwiązania równania różniczkowego, 207
szereg funkcyjny, 122
szereg geometryczny, 121
szereg liczbowy, 121
szereg Maclaurina, 122
szereg naprzemienny, 122
szereg potęgowy, 121, 122, 126
szereg Taylora, 91, 122
SZESN.NA.DWÓJK, 373
SZESN.NA.DZIES, 244, 373
SZESN.NA.ÓSM, 373
Szukaj wyniku, 115, 116, 150, 158
  rozwiązywanie równań nieliniowych, 149
SZUKAJ.TEKST, 367

Ś

średni błąd wartości, 179, 195
ŚREDNIA, 29, 365
ŚREDNIA.A, 365
ŚREDNIA.GEOMETRYCZNA, 365
ŚREDNIA.HARMONICZNA, 365
ŚREDNIA.JEŻELI, 365
ŚREDNIA.WARUNKÓW, 365
ŚREDNIA.WEWN, 365
średnik, 24, 38

T

T, 368
T.DIST, 364
T.DIST.2T, 364
T.DIST.RT, 364
T.INV, 364
T.INV.2T, 364
T.TEST, 365
Tabela, 67
Tabela danych, 67
tabele, 19, 57, 215, 261
  definiowanie, 57
  dodawanie kolumn i wierszy, 61
  elementy składowe, 58
  formuły tablicowe, 62
  INDEKS, 62
  łączenie specyfikatorów kolumn, 59
  odwołania strukturalne, 57, 58
  operatory odwołania, 59
  predefiniowane specyfikatory wierszy, 59
  PRZESUNIĘCIE, 62
  ukrywanie nagłówków kolumn, 61
  usuwanie kolumn i wierszy, 61
  wstawianie, 57
  zmiana nazwy tabeli, 61
tablice, 37, 300
  adresy skrajnych komórek, 38
  deklaracja, 300
  dynamiczne generowanie tablic o zadanym rozmiarze, 50
  elementy, 37
  indeks początkowy, 300
  konwersja tablicy dwuwymiarowej w jednowymiarową, 320
  łączenie tablic, 48
  nazwy, 38, 39
  odwołania do elementów, 44
  odwołania do początkowych elementów, 48

tablice
operacje, 38, 39
rozmiar tablicy, 301, 302
separatory, 38
tablice wielowymiarowe, 300
transpozycja, 41
wprowadzanie, 38
zakres indeksów, 301
tablice dynamiczne, 52
stosowanie, 54
tablice funkcji dwu zmiennych, 69
tablice funkcji jednej zmiennej, 65, 163
przeszukiwanie, 163
tablice funkcji jednej zmiennej określonej w sposób niejawny (uwikłany), 68
tablice mieszane, 48
Tan, 294
TAN, 351
TANH, 351
TDIST, 364
tekst, 15
TEKST, 368
Tekstowy, 15
TERAZ, 374
TEST.CHI, 365
TEST.F, 365
TEST.T, 365
TEST.Z, 366
testowanie makropoleceń, 310
TEXT, 368
TextAlign, 337, 339, 341
TextBox, 331
Then, 306, 307
TIME, 373
TIMEVALUE, 373
TINV, 364
To, 308
TODAY, 373
Toggle Breakpoint, 311
ToggleButton, 331
Top, 337
TRANSPONUJ, 41, 52, 353
transport masy lub ciepła, 234
TRANSPOSE, 353
transpozycja macierzy, 41
TREND, 360
trend liniowy, 169
TRIMMEAN, 365
TripleState, 337, 341
TRUNC, 349
tryb projektowania, 311
tryb wyświetlania formuł, 16
TTEST, 365
tworzenie
tablice funkcji dwu zmiennych, 69
tablice funkcji jednej zmiennej, 65
tablice funkcji jednej zmiennej określonej w sposób niejawny (uwikłany), 68
tablice mieszane, 48
wykresy punktowe, 77
TYP, 355
TYPE, 355
typy danych, 13
VBA, 290

U

UBound, 294, 301, 302
UFNOŚĆ, 366
UFNOŚĆ.NORM, 366
UFNOŚĆ.T, 366
układ równań liniowych, 41, 131
macierze, 131
rozwiązanie, 131, 132
zapis układu równań, 131
układ równań nieliniowych, 153
metoda minimalizacji sumy kwadratów, 154
metoda Newtona-Raphsona, 160
minimum, 155
rozwiązanie, 156
Solver, 159
układ złożony z dwu równań, 153
układ złożony z trzech i więcej równań, 159
ukośniki, 14
ukośniki wsteczne, 38
ukrywanie nagłówków kolumn, 61
ułamki algebraiczne, 26
Ułamkowy, 14
Union, 297
uruchamianie makropoleceń, 283, 286, 310
usuwanie nazwy, 18
Utwórz z zaznaczenia, 19, 20

V

Val, 314, 325
Value, 295, 339, 341
VALUE, 368
VAR, 366
VAR.P, 366
VAR.S, 366
VARA, 366
Variant, 290, 304, 324
VARP, 366
VARPA, 366
VBA, 8, 281
And, 293
argumenty, 284
As, 289, 290
Dim, 289, 290
Do...Loop, 309
Eqv, 293
For Each ... Next, 309
For...Next, 308
Function, 283
funkcje, 283, 284, 288, 294

funkcje definiowane przez użytkownika, 302
If, 306
Imp, 293
instrukcja przypisania, 291
instrukcje warunkowe, 305
Is, 292, 308
komentarze, 310
komórka aktywna, 298
komunikaty błędów, 305
koniec linii, 287
Like, 292
makropolecenia, 283
metody, 297
moduły, 285
nazwy, 287
Not, 293
obiekty, 295
operatory, 292
operatory porównania, 308
Option Explicit, 291
Or, 293
parametry, 284
pasek narzędzi Debug, 311
pętle, 308
podprogramy, 282, 283, 284
ReDim, 301
Select Case, 307
Sub, 283, 284
tablice, 300
testowanie makropoleceń, 310
Then, 306
typy danych, 290
uruchamianie makropoleceń, 310
wprowadzanie kodu, 287
wymiana informacji z arkuszem, 298
wyrażenia, 291
wywołanie rekurencyjne, 284
Xor, 293
zaznaczenie, 298
zmienne, 289
zmienne lokalne, 288
Visual Basic, 281
Visual Basic for Applications, 8, 281
VLOOKUP, 354

W

W1K1, 17, 34, 296
WARIANCJA, 366
wariancja pomiaru, 179
wariancja resztkowa, 179
WARIANCJA.A, 366
WARIANCJA.POPUL.A, 366
WARIANCJA.PRÓBKI, 366
wartości logiczne, 15
WARTOŚĆ, 368
Watch, 311
Watch Window, 311
WEIBULL, 364
WEIBULL.DIST, 364
wektor, 37
wersja Excela, 11, 325
Width, 337, 344
WIELOMIAN, 352
wielomian interpolacyjny, 170
wielomian Lagrange'a, 170, 175
WIERSZ, 33, 51, 102, 118, 125, 354
wiersze, 13, 31
Wklej, 27
właściwości, 295
tylko do odczytu, 295
WordWrap, 337, 339, 341
Workbook, 295
Worksheet, 295
WorksheetFunction, 295, 325
wprowadzanie
formuły tablicowe, 42
kod VBA, 287
WSP.KORELACJI, 366
współczynnik determinacji, 79, 180
współrzędne biegunowe, 80
Wstaw funkcję, 24, 289
wstawianie tabeli, 57
WYBIERZ, 49, 136, 354
wykładnicza postać liczby zespolonej, 252
wykresy, 75
linia trendu, 78
model linii trendu, 79
regresja, 78
wykresy liniowe, 76
wykresy radarowe, 76, 80, 81
wykresy XY, 76
wykresy dynamiczne, 85
krzywe Lissajous, 85
wykresy powierzchniowe, 76, 83
płaski wykres izolinii, 83
zredukowane równanie stanu gazu van der Waalsa, 83
wykresy przebiegu w czasie, 86
wielkość wykresu, 87
wygląd wykresu, 87
zmienność gęstości pierwiastków, 87
wykresy punktowe, 76
przygotowanie danych, 76
punkty połączone linią, 78
tworzenie, 77
wyliczanie adresów, 33
wymiana informacji między arkuszem a kodem VBA, 298
wypełnianie odwołań strukturalnych, 62
wyrażenia, 16, 291
wyróżnik rozwiązywanie równania kwadratowego, 135
WYST.NAJCZĘŚCIEJ, 367
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.TABL, 367
WYST.NAJCZĘŚCIEJ.WART, 367
WYSZUKAJ, 126, 164, 273, 354

WYSZUKAJ.PIONOWO, 163, 273, 354
WYSZUKAJ.POZIOMO, 163, 354
wyszukiwanie danych w tablicach, 163
wyświetlanie danych, 15
wyświetlanie tekstów formuł w arkuszu, 327
wywołanie funkcji, 24
wywołanie rekurencyjne, 284
wyznaczanie cząstkowych objętości molowych, 94
wyznacznik macierzy, 38, 41
WYZNACZNIK.MACIERZY, 41, 43, 352
wzór Eulera, 252, 255, 258

X

xlErrDiv0, 305
xlErrNA, 305
xlErrName, 305
xlErrNull, 305
xlErrNum, 305
xlErrRef, 305
xlErrValue, 305
Xor, 293

Y

YEAR, 374

Z

Z.TEST, 366
zagadnienie brzegowe równania różniczkowego zwyczajnego, 220
zagnieżdżanie funkcji, 24
zakres indeksów tablicy, 301
zakres kryteriów, 266
zakresy, 17, 37, 38
zależność gęstości roztworu od temperatury i stężenia, 188
zależność średniego współczynnika aktywności γ w roztworach kwasu azotowego od stężenia, 196
zamiana zakresu na stałą tablicową, 42
ZAOKR, 137, 352
ZAOKR.DO.CAŁK, 53, 190, 352
ZAOKR.DO.TEKST, 368
ZAOKR.DO.WIELOKR, 352
ZAOKR.DÓŁ, 352
ZAOKR.GÓRA, 352
zaokrąglanie liczb, 137
zapis liczb
    zapis naukowy, 14
    zapis półlogarytmiczny, 14
Zarejestruj nowe makro, 284
zarządzanie nazwami, 21
zasada minimalnej sumy kwadratów, 177, 193
ZASTĄP, 368
Zastosuj nazwy, 21
Zatrzymaj rejestrowanie, 285
zaznaczanie
    serie danych, 78
    wykresy, 78
zbieżne szeregi, 121
zdarzenia, 330, 345
zewnętrzne odwołania strukturalne, 61
zgodność między arkuszami kalkulacyjnymi Excel i Lotus 1-2-3, 36
ZŁĄCZ.TEKSTY, 368
zmiana
    kolejność wykonywania operacji, 25
    nazwa tabeli, 61
zmienna liczba argumentów, 303
zmienne, 289
    nadawanie wartości, 291
    typy danych, 290
zmienność gęstości pierwiastków, 87
zmodyfikowana metoda stycznych, 146
ZNAJDŹ, 368
ZNAK, 293, 368
ZNAK.LICZBY, 143, 352
ZTEST, 366

Spraw, by Excel stał się najmocniejszym koniem w Twojej naukowej stajni!

Słyszy się czasem, że jedyną rzeczą, z jaką nie radzi sobie program Excel, jest parzenie kawy. Choć to z pewnością lekka przesada, trudno się nie zgodzić, że to właśnie arkusz kalkulacyjny stanowi najlepszą, najbardziej wszechstronną i najczęściej wykorzystywaną spośród wszystkich aplikacje pakietu Microsoft Office. Excela używa się do wykonywania obliczeń finansowych, tworzenia raportów, gromadzenia danych, a nawet przeprowadzania skomplikowanych analiz i symulacji, co powoduje, że program ten stał się standardem w wielu przedsiębiorstwach i instytucjach naukowych.

Jeśli poszukujesz poradnika, który w prosty sposób objaśni działanie najważniejszych narzędzi Excela, ułatwiających pracę analityka, naukowca, inżyniera lub zwykłego użytkownika, trafiłeś na właściwą książkę. Dowiesz się z niej, jak wydajnie i bezbłędnie rozwiązywać najbardziej skomplikowane problemy obliczeniowe. Poznasz metody numerycznego różniczkowania i całkowania, a także rozwiązywania równań liniowych, nieliniowych i różniczkowych. Nauczysz się wykorzystywać do swoich celów funkcje i tablice, a także tworzyć przejrzyste i atrakcyjne wizualnie wykresy. Zrozumiesz także, jak uprościć rachunki, wykorzystując możliwości języka Visual Basic for Applications.

W książce omówiony został Excel 2010 oraz jego wcześniejsze wersje, dlatego recepty na swoje problemy obliczeniowe znajdzie w niej każdy użytkownik tego narzędzia.

- Przygotowanie prostej bazy danych w arkuszu kalkulacyjnym
- Podstawy pracy z arkuszem kalkulacyjnym Microsoft Excel
- Operowanie na tablicach
- Prezentacja danych w formie graficznej
- Różniczkowanie numeryczne
- Obliczanie całek oznaczonych
- Rozwiązywanie układów równań
- Interpolacja danych
- Regresja liniowa i nieliniowa
- Rozwiązywanie równań różniczkowych
- Działania na liczbach zespolonych
- Konwersja jednostek
- Przykłady zastosowań języka VBA

NAUCZ SIĘ UŻYWAĆ ARKUSZA KALKULACYJNEGO DO ROZWIĄZYWANIA PROBLEMÓW OBLICZENIOWYCH

Nr katalogowy: 6127

Księgarnia internetowa: http://helion.pl

Zamówienia telefoniczne: 0 801 339900 / 0 601 339900

helion.pl księgarnia internetowa

Sprawdź najnowsze promocje: http://helion.pl/promocje
Książki najchętniej czytane: http://helion.pl/bestsellery
Zamów informacje o nowościach: http://helion.pl/nowosci

Helion

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

Informatyka w najlepszym wydaniu

Cena 67,00 zł

ISBN 978-83-246-2066-0
9 788324 630660