helion.pl
KSIĘGARNIA INTERNETOWA · WYDAWNICTWO

IDŹ DO
PRZYKŁADOWY ROZDZIAŁ
SPIS TREŚCI

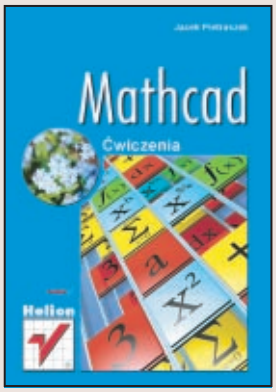
KATALOG KSIĄŻEK
KATALOG ONLINE
ZAMÓW DRUKOWANY KATALOG

TWÓJ KOSZYK
DODAJ DO KOSZYKA

CENNIK I INFORMACJE
ZAMÓW INFORMACJE O NOWOŚCIACH
ZAMÓW CENNIK

CZYTELNIA
FRAGMENTY KSIĄŻEK ONLINE

MathCAD. Ćwiczenia praktyczne



Autor: Jacek Pietraszek
ISBN: 83-7197-972-X
Format: B5, stron: 96

Program MathCAD to aplikacja służąca do wykonywania złożonych obliczeń, wizualizacji ich wyników, a także tworzenia dokumentacji projektowej. Przeznaczony przede wszystkim dla inżynierów i projektantów, powinien również zainteresować wszystkie osoby, potrzebujące zaawansowanego pakietu matematycznego. Statystyka, analiza matematyczna, obliczenia finansowe, dwu- i trójwymiarowe wykresy, to tylko niektóre dziedziny zastosowań MathCAD-a.

Książka prezentuje możliwości MathCAD-a w zakresie:

- Obliczeń skalarnych
- Obliczeń wektorowych i operacji na macierzach
- Wykresów dwu- i trójwymiarowych
- Rozwiązywania równań i układów równań
- Analizy matematycznej (szeregów, pochodnych i całek oznaczonych)

Książka zawiera szereg praktycznych, pogrupowanych tematycznie ćwiczeń, które krok po kroku odsłaniają bogate możliwości tej aplikacji. Może stanowić nieocenioną pomoc dla studentów wszystkich kierunków, na których wykładana jest matematyka.

Wydawnictwo Helion
ul. Chopina 6
44-100 Gliwice
tel. (32)230-98-63
e-mail: helion@helion.pl

Spis treści

Wstęp 5

Rozdział 1. Zaczynamy pracę z Mathcadem 7

Uruchomienie programu 7
Okno programu Mathcad 7
Paski narzędzi 8
Obszary 10
Odświeżanie ekranu 11
Zapisywanie arkusza 12
Otwieranie arkusza 13

Rozdział 2. Obliczenia skalarne 15

Wprowadzanie operatorów i stałych 15
Funkcje trygonometryczne i cyklometryczne 17
Funkcje wykładnicze i logarytmiczne 20
Inne funkcje wbudowane 21
Definiowanie własnych funkcji 23
Zmienne zakresowe 24
Automatyczne i ręczne przeliczanie arkusza 25
Formatowanie wyników numerycznych 26

Rozdział 3. Obliczenia wektorowe i macierzowe 31

Wstęp do wektorów 31
Wektory 32
Wstęp do macierzy 38
Macierze 39

Rozdział 4. Wykresy dwuwymiarowe 47

Wstęp do wykresów 47
Wykres funkcyjny w układzie kartezjańskim 48
Wykres parametryczny w układzie kartezjańskim 51
Formatowanie wykresu kartezjańskiego 53
Wykres funkcyjny w układzie biegunowym 58
Wykres parametryczny w układzie biegunowym 60
Formatowanie wykresu biegunowego 61

Rozdział 5. Wykresy trójwymiarowe ... 65
Wstęp do wykresów ... 65
Wykres przestrzenny danych macierzowych ... 67
Wykres przestrzenny powierzchni funkcyjnej ... 69
Wykres przestrzenny powierzchni parametrycznej ... 72
Wykres przestrzenny krzywej parametrycznej ... 74
Wykres poziomicowy ... 76

Rozdział 6. Równania i układy równań algebraicznych ... 79
Równania z jedną niewiadomą ... 79
Układy równań i nierówności ... 82
Optymalizacja ... 84

Rozdział 7. Analiza matematyczna ... 87
Szeregi ... 87
Iloczyny ... 89
Pochodne ... 91
Całki oznaczone ... 92

Rozdział 4.

Wykresy dwuwymiarowe

Wstęp do wykresów

Mathcad posiada bogate możliwości tworzenia różnorakich wykresów dwuwymiarowych. Dotyczy to zarówno sposobów dostarczania danych, niezbędnych do utworzenia wykresu, jak i typów wykresów płaskich.

Podstawowe dane, potrzebne do utworzenia wykresu płaskiego, to:

- *dwa wektory liczbowe* o takiej samej liczbie składowych, gdzie jeden wektor jest traktowany jako zestaw wartości zmiennej niezależnej, drugi — zależnej; program buduje wykres jako linię łamaną, której stopień gładkości zależy od zagęszczenia punktów;
- *funkcja jednej zmiennej* zadana jawnym wzorem funkcyjnym typu `y = f(x)` oraz wektor wartości zmiennej niezależnej; Mathcad tworzy wykres jako linię łamaną, stopień wizualnej gładkości tej linii zależy od przyjętej przez użytkownika liczby składowych wektora; wariant ten pozwala na kontrolowane zagęszczanie liczby punktów w obszarze dużej zmienności funkcji i rozrzedzanie ich w pozostałej części dziedziny funkcji;
- *funkcja jednej zmiennej* zadana jawnym wzorem funkcyjnym typu `y = f(x)`; w tym przypadku Mathcad przez domniemanie zakłada pewien wektor wartości zmiennej niezależnej o takiej liczbie składowych (wartości), aby wykres był w miarę gładki;
- *dwie funkcje jednej zmiennej* zadane jawnymi wzorami funkcyjnymi typu `y = f(x)`; jest to przypadek dotyczący wykresów parametrycznych, zmienna niezależna musi być w obu wzorach ta sama; jeżeli zakres jej zmienności nie jest podany jawnie (zmienna zakresowa), to Mathcad przyjmie pewien zakres domniemany.

Dostępnymi typami wykresów są:

- wykresy w układzie kartezjańskim — funkcyjne i parametryczne,
- wykresy w układzie biegunowym — funkcyjne i parametryczne.

Szablony poszczególnych typów wykresów można wywoływać za pomocą albo skrótów klawiszowych (tabela 4.1), albo poprzez naciśnięcie odpowiedniej ikony z paska narzędzi *Graph* (rysunek 4.1). Pasek narzędzi *Graph* można wyświetlić za pomocą polecenia *Toolbars* w menu rozwijanym *View* (rysunek 4.2).

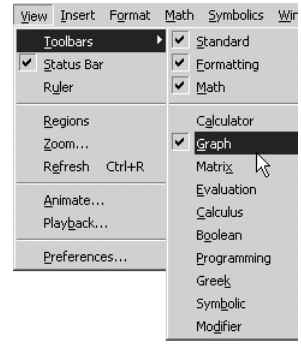
Tabela 4.1. *Skróty klawiszowe wywołujące szablony wykresów 2D*

Opis	Klawisz
Wykres w układzie kartezjańskim	*Shift+2*
Wykres w układzie biegunowym	Ctrl+7

Rysunek 4.1.
Pasek narzędzi Graph



Rysunek 4.2.
Polecenie Toolbars w menu rozwijanym View



Wykres funkcyjny w układzie kartezjańskim

Wykres taki może być wykonany z zastosowaniem:

- wektora wartości zmiennej niezależnej i wektora wartości zmiennej zależnej,
- wektora wartości zmiennej niezależnej i wzoru funkcyjnego,
- wyłącznie wzoru funkcyjnego i zakresu zmienności zmiennej niezależnej.

Do wywołania szablonu wykresu dwuwymiarowego w układzie kartezjańskim służy albo skrót klawiszowy *Shift+2*, albo odpowiednia ikona na pasku narzędzi *Graph* (rysunek 4.3).

Rysunek 4.3.
Ikona układu kartezjańskiego 2D na pasku narzędzi Graph



Ćwiczenie 4.1.

W trakcie badań przeprowadzono pięć pomiarów wartości wielkości x oraz y. Uzyskano następujące pary wartości: (1, 0), (2, 5), (3, 0), (4, –5) oraz (5, 0). Wykreśl wykres tej zależności w układzie kartezjańskim, stosując łączenie zadanych punktów odcinkami prostymi (domniemane ustawienie programu).

1. Zdefiniuj wektor `x` o pięciu składowych. Po uzyskaniu szablonu wektora wypełnij go wartościami zmiennej niezależnej `(1, 2, 3, 4, 5)` — rysunek 4.4.

Rysunek 4.4.
Definicja wektora wartości zmiennej niezależnej

$$x := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix}$$

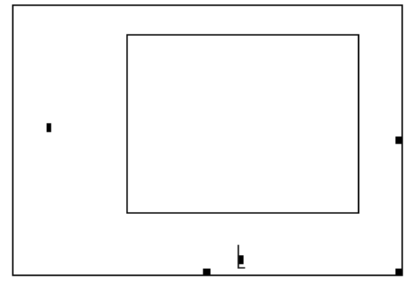
2. Zdefiniuj wektor `y` o pięciu składowych. Po uzyskaniu szablonu wektora wypełnij go wartościami zmiennej zależnej `(0, 5, 0, -5, 0)` — rysunek 4.5.

Rysunek 4.5.
Definicja wektora wartości zmiennej zależnej

$$y := \begin{pmatrix} 0 \\ 5 \\ 0 \\ -5 \\ 0 \end{pmatrix}$$

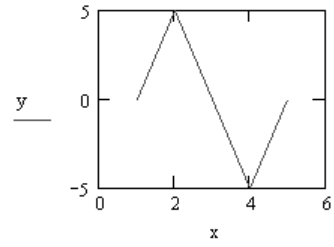
3. Wywołaj szablon wykresu dwuwymiarowego w układzie kartezjańskim (rysunek 4.6). Zastosuj skrót klawiszowy *Shift+2* lub ikonę z paska narzędzi *Graph* (rysunek 4.3).

Rysunek 4.6.
Szablon wykresu dwuwymiarowego w układzie kartezjańskim



4. Wypełnij odpowiednie pola szablonu nazwami wektorów danych (rysunek 4.7). Zwróć uwagę, że program automatycznie proponuje pewne zakresy skalowania osi układu, aby wykres wyglądał estetycznie.

Rysunek 4.7.
Wykres dwuwymiarowy w układzie kartezjańskim

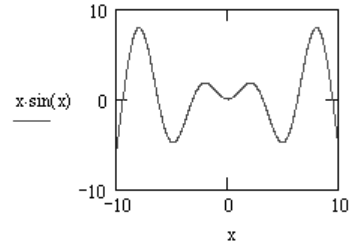


Ćwiczenie 4.2.

Narysuj wykres funkcji $y = x \sin x$ *w przedziale zmienności x od* $-4\ \pi$ *do* $4\ \pi$.

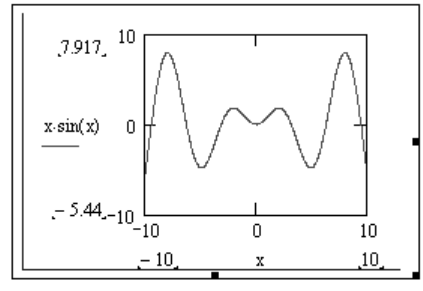
1. Wywołaj szablon wykresu dwuwymiarowego w układzie kartezjańskim. Do pola osi poziomej wpisz nazwę zmiennej niezależnej `x`, do pola osi pionowej wpisz wzór funkcji `x sin x` i naciśnij klawisz *Enter* (rysunek 4.8).

Rysunek 4.8.
Wykres dwuwymiarowy funkcji w układzie kartezjańskim



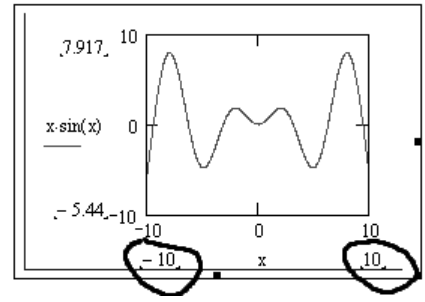
2. Program automatycznie dobrał zakres zmienności zmiennej `x` od `–10` do `10`. Jest to zakres różny od żądanego -4π do 4π, wymaga więc korekty. Kliknij wykres jeden raz lewym klawiszem myszy; wykres znajdzie się wówczas w trybie edycji (rysunek 4.9).

Rysunek 4.9.
Wykres dwuwymiarowy funkcji w układzie kartezjańskim w trybie edycji



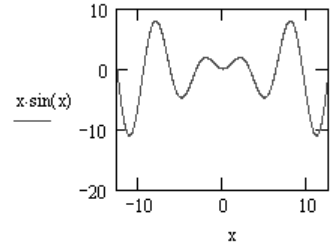
3. Obok wyświetlanych „ładnych” zakresów zmienności poszczególnych osi, na rysunku 4.9 pojawiły się faktyczne wartości wyjściowe tych zakresów. Korekty wymagają zakresy osi poziomej (rysunek 4.10).

Rysunek 4.10.
Wykres dwuwymiarowy funkcji w układzie kartezjańskim w trybie edycji



4. W pola zaznaczone na rysunku 4.10 wpisz żądane wartości, czyli -4π i 4π, a następnie naciśnij klawisz *Enter*. Kursor opuści wnętrze wykresu, a sam wykres zostanie ponownie przeliczony i sformatowany w nowych zakresach (rysunek 4.11). Zwróć uwagę, że wprowadzone nowe zakresy zmienności zmiennej x nie są jawnie wyświetlane.

Rysunek 4.11.
Wykres w nowych zadanych zakresach zmienności zmiennej x



Wykres parametryczny w układzie kartezjańskim

Wykres taki może być wykonany dla trzech wariantów danych:

- wektory wartości obu zmiennych zależnych, wygenerowane uprzednio za pomocą parametru;
- dwa wzory funkcyjne obu zmiennych zależnych z jawnym podaniem uprzednio zdefiniowanego parametru; pozwala to na kontrolowanie zakresu zmienności parametru;
- dwa wzory funkcyjne obu zmiennych zależnych z podaniem formalnego, wcześniej niezdefiniowanego parametru; program przyjmuje dla tego parametru pewien domniemany zakres zmienności.

Do wywołania szablonu wykresu dwuwymiarowego w układzie kartezjańskim służy albo skrót klawiszowy *Shift+2*, albo odpowiednia ikona na pasku narzędzi *Graph* (rysunek 4.12).

Rysunek 4.12.
Ikona układu kartezjańskiego 2D na pasku narzędzi Graph



Ćwiczenie 4.3.

Wykonaj wykres parametryczny związków $x = \cos t$, $y = \sin t$ dla wartości parametru t zmieniających się od 0 do 100 z krokiem 5.

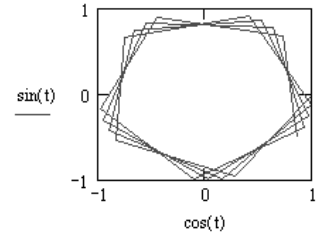
1. Zadana zmienność wartości parametru `t` jest identyczna z ciągiem arytmetycznym o wartości początkowej 0, kroku 5 i elemencie ostatnim 100. Pozwala to na wykorzystanie do zdefiniowania parametru pojęcia zmiennej zakresowej. Musisz wszakże pamiętać, że zmienna zakresowa o kroku różnym od 0 definiowana jest poprzez podanie elementów pierwszego, drugiego i ostatniego, a nie jawnego kroku (rysunek 4.13).

Rysunek 4.13.
Definicja parametru t

$$t := 0,5 .. 100$$

2. Wywołaj szablon wykresu dwuwymiarowego w układzie kartezjańskim za pomocą skrótu klawiszowego *Shift+2* lub odpowiedniej ikony z paska narzędzi *Graph* (rysunek 4.12). Do pola osi poziomej wpisz definicję wzoru dla zmiennej `x`, czyli `cos(t)`, a dla pola osi pionowej — definicję wzoru dla zmiennej `y`, czyli `sin(t)` — rysunek 4.14. Następnie naciśnij klawisz *Enter*.

Rysunek 4.14.
Wykres parametryczny



3. Zwróć uwagę, że przebieg pokazany na rysunku 4.14 jest niezbyt gładki, ale wynika to z przyjętego w zadaniu dość dużego kroku zmienności parametru `t`.

Ćwiczenie 4.4.

Wykonaj w układzie kartezjańskim wykres epicykloidy danej równaniami parametrycznymi:

$$\begin{cases} x = (1+m)\cos\phi - \cos\left[(1+m)\phi\right] \\ y = (1+m)\sin\phi - \sin\left[(1+m)\phi\right] \end{cases},$$

gdzie m jest parametrem przyjmującym wartości dodatnie większe od 0. Dla parametru m przyjmij wartość $\frac{5}{7}$.

1. Zdefiniuj dwuargumentowy wzór funkcyjny dla zmiennej `x`, gdzie pierwszym argumentem jest parametr ϕ, a drugim argumentem parametr konfiguracyjny `m` (rysunek 4.15). Do wprowadzenia greckiej litery ϕ wykorzystaj pasek narzędzi *Greek* (polecenie *Toolbars* z menu rozwijanego *View*).

Rysunek 4.15. *Definicja zmiennej x*

$$x(\phi, m) := (1 + m)\cdot\cos(\phi) - \cos[(1 + m)\phi]$$

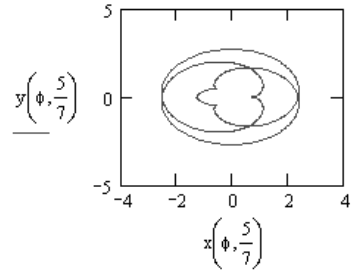
2. Zdefiniuj dwuargumentowy wzór funkcyjny dla zmiennej `y`, gdzie pierwszym argumentem jest parametr ϕ, a drugim argumentem parametr konfiguracyjny `m` (rysunek 4.16). Do wprowadzenia greckiej litery ϕ wykorzystaj pasek narzędzi *Greek* (polecenie *Toolbars* z menu rozwijanego *View*).

Rysunek 4.16. *Definicja zmiennej y*

$$y(\phi, m) := (1 + m)\sin(\phi) - \sin[(1 + m)\cdot\phi]$$

3. Wywołaj szablon wykresu dwuwymiarowego w układzie kartezjańskim za pomocą skrótu klawiszowego *Shift+2* lub odpowiedniej ikony z paska narzędzi *Graph* (rysunek 4.12). Do pola osi poziomej wpisz nazwę funkcji `x`, a dla parametru konfiguracyjnego `m` wprowadź zadaną wartość. Do pola osi pionowej wpisz nazwę funkcji `y`, a dla parametru konfiguracyjnego `m` wprowadź zadaną wartość (rysunek 4.17). Następnie naciśnij klawisz *Enter*.

Rysunek 4.17. *Wykres epicykloidy dla parametru konfiguracyjnego 5/7*



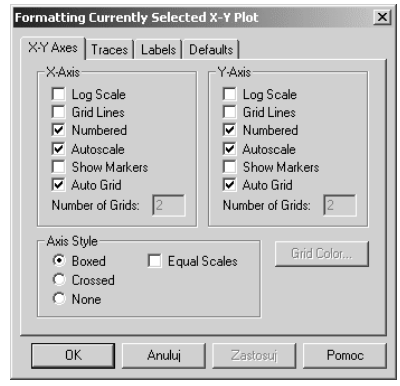
Formatowanie wykresu kartezjańskiego

Formatowanie wykresu kartezjańskiego obejmuje:

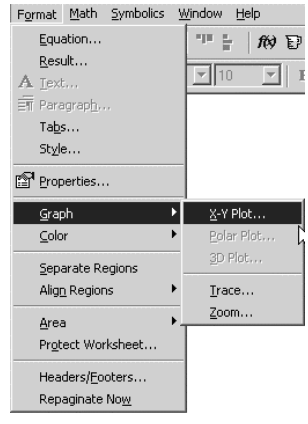
- ❖ wyświetlenie pionowych linii siatki, wartości liczbowych oraz podziału siatki dla zmiennej niezależnej,
- ❖ wyświetlenie poziomych linii siatki, wartości liczbowych oraz podziału siatki dla zmiennej zależnej,
- ❖ ustalenie koloru, grubości i typu linii prezentującej dany przebieg,
- ❖ wyświetlenie lub ukrycie tytułu i legendy wykresu.

Do formatowania wykresu służy okno *Formatting Currently Selected X-Y Plot* (rysunek 4.18). Okno to może być wywołane albo poprzez dwukrotne kliknięcie lewym klawiszem myszy wybranego wykresu biegunowego, albo poprzez wybranie polecenia *X-Y Plot* w podmenu *Grap*, znajdującym się w menu rozwijanym *Format* (rysunek 4.19).

Rysunek 4.18.
Zakładka X-Y Axes w oknie Formatting Currently Selected X-Y Plot



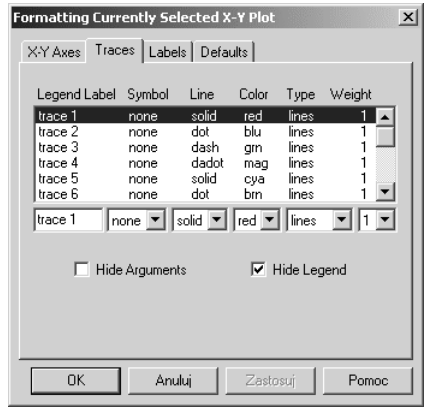
Rysunek 4.19.
Polecenie X-Y Plot w podmenu Graph w menu Format



Okno *Formatting Currently Selected Polar Plot* jest wyposażone w cztery zakładki:

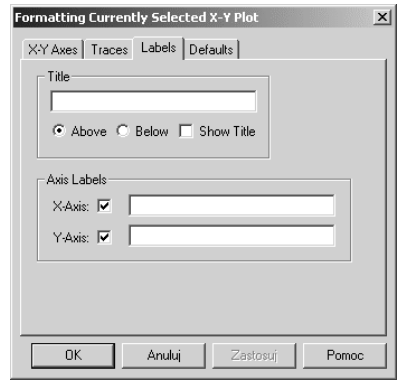
- *X-Y Axes* — służy do formatowania układu współrzędnych (rysunek 4.18);
- *Traces* — służy do formatowania linii, prezentujących przebiegi, i do wyświetlania legendy wykresu (rysunek 4.20);

Rysunek 4.20.
Zakładka Traces w oknie Formatting Currently Selected X-Y Plot



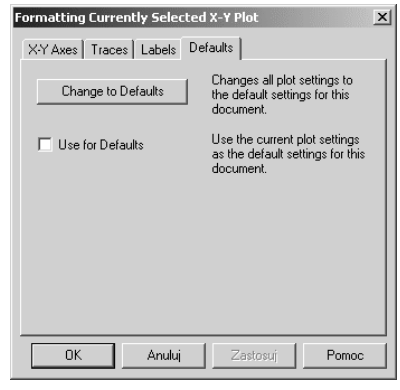
- *Labels* — służy do wyświetlania i pozycjonowania tytułu wykresu (rysunek 4.21);

Rysunek 4.21.
Zakładka Labels w oknie Formatting Currently Selected X-Y Plot



❖ *Defaults* — służy do przywracania domniemanych ustawień wykresu lub przyjęcia ustawień wykresu bieżącego jako domniemanych dla arkusza (rysunek 4.22).

Rysunek 4.22.
Zakładka Defaults w oknie Formatting Currently Selected X-Y Plot



Ćwiczenie 4.5.

Wykonaj wykres funkcji $y = \dfrac{3x^2 + 2}{3x^2 + 1}$.

Linii przebiegu nadaj kolor niebieski i grubość 2. Wyświetl pionowe i poziome linie siatki odniesienia. Zakres osi poziomej podziel na cztery przedziały, zakres osi pionowej podziel na dwa przedziały. Wykresowi nadaj tytuł „Fala”.

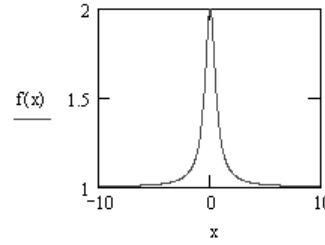
1. Zdefiniuj funkcję `y(x)` zgodnie z powyższym wzorem (rysunek 4.23).

Rysunek 4.23.
Definicja funkcji

$$f(x) := \frac{\left(3 \cdot x^2 + 2\right)}{\left(3 \cdot x^2 + 1\right)}$$

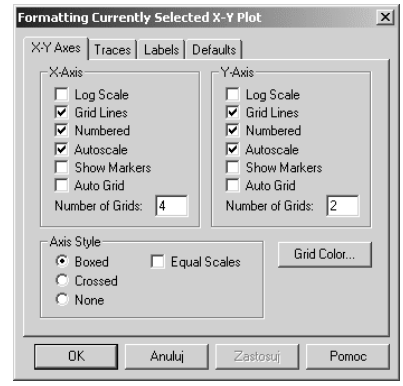
2. Wyświetl szablon wykresu kartezjańskiego. Do pola dolnego wpisz nazwę zmiennej kątowej `x`, a do pola bocznego funkcję `f(x)` — rysunek 4.24. Następnie naciśnij klawisz *Enter*.

Rysunek 4.24.
Wykres funkcji w formatowaniu standardowym

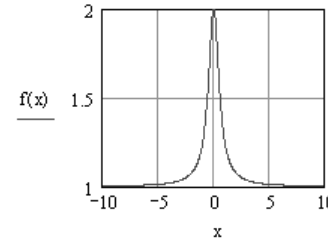


3. Kliknij wykres dwa razy lewym klawiszem myszy, aby wywołać okno F*ormatting Currently Selected X-Y Plot*. Wybierz zakładkę *X-Y* (rysunek 4.25). W ramce *X-Axis* zaznacz opcję *Grid Lines*. Odblokuj opcję *Auto Grid* i do pola *Number of Grids* wpisz wartość 4. W ramce *Y-Axis* zaznacz opcję *Grid Lines*, odblokuj opcję *Auto Grid* i do pola *Number of Grids* wpisz liczbę 2 (rysunek 4.25). Zamknij okno przez naciśnięcie klawisza *Enter*. Na wykresie pojawią się linie siatki odniesienia (rysunek 4.26).

Rysunek 4.25.
Ustawienia w zakładce X-Y Axes



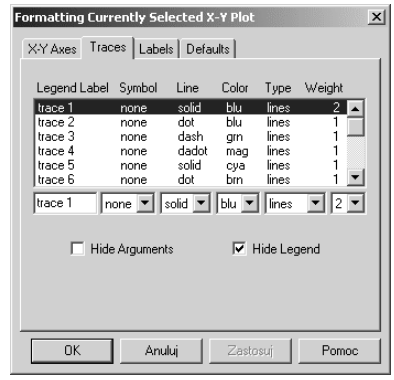
Rysunek 4.26.
Wykres z naniesionymi liniami siatki odniesienia



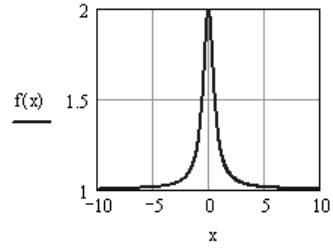
4. Kliknij wykres dwa razy lewym klawiszem myszy, aby wywołać okno *Formatting Currently Selected X-Y Plot*. Wybierz zakładkę *Traces*. Dla przebiegu *trace1* zmień ustawienie *Color* na *blu*, a ustawienie *Weight* na 2 (rysunek 4.27). Następnie naciśnij klawisz *Enter*. Na wykresie linia przebiegu ulegnie pogrubieniu, a jej kolor zmieni się na niebieski (rysunek 4.28).

5. Kliknij wykres dwa razy lewym klawiszem myszy, aby wywołać okno *Formatting Currently Selected X-Y Plot*. Wybierz zakładkę *Labels*. W polu *Title* wpisz tytuł „Fala" i zaznacz opcję *Show Title* (rysunek 4.29). Następnie naciśnij klawisz *Enter*. Nad wykresem pojawi się wpisany tytuł (rysunek 4.30).

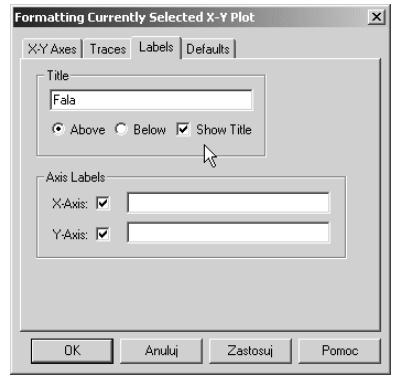
Rysunek 4.27.
Ustawienia w zakładce Traces



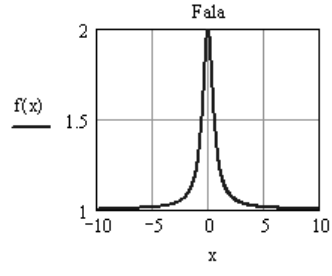
Rysunek 4.28.
Wykres ze zmienionym kolorem linii przebiegu



Rysunek 4.29.
Ustawienia w zakładce Labels



Rysunek 4.30.
Wykres z naniesionym tytułem



Wykres funkcyjny w układzie biegunowym

Wykres taki może być wykonany dla trzech wariantów danych:

- wektora wartości kąta wodzącego i wektora wartości promienia wodzącego,
- wektora wartości kąta wodzącego i wzoru funkcyjnego dla promienia wodzącego,
- wyłącznie wzoru funkcyjnego dla promienia wodzącego i zakresu zmienności kąta wodzącego.

Do wywołania szablonu wykresu dwuwymiarowego w układzie kartezjańskim służy albo skrót klawiszowy *Ctrl+7*, albo odpowiednia ikona na pasku narzędzi *Graph* (rysunek 4.31).

Rysunek 4.31.
Ikona układu biegunowego na pasku narzędzi Graph



Ćwiczenie 4.6.

Narysuj w układzie biegunowym dwa wykresy owalu Cassiniego, zdefiniowanego wzorem

$$r = \sqrt{\cos 2\phi + \sqrt{\cos^2 2\phi + m^4 - 1}},$$

gdzie m jest parametrem konfiguracyjnym. Dla wykresów przyjmij wartości parametru konfiguracyjnego m = 1 (krzywa nosi wówczas nazwę lemniskata) oraz m = 1.05.

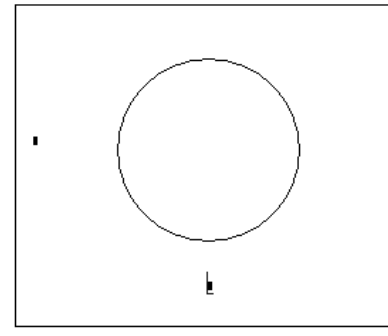
1. Zdefiniuj dwuargumentową funkcję `r(ϕ)` zgodnie z powyższym wzorem (rysunek 4.32).

Rysunek 4.32.
Definicja funkcji owalu Cassiniego

$$r(\phi, m) := \sqrt{\cos(2\phi) + \sqrt{\cos(2\phi)^2 + m^4 - 1}}$$

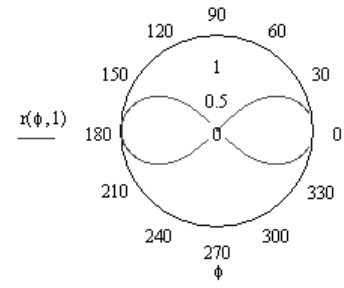
2. Wywołaj szablon wykresu w układzie biegunowym (rysunek 4.33), stosując albo skrót klawiszowy *Ctrl+7*, albo odpowiednią ikonę z paska narzędzi *Graph* (rysunek 4.31).

Rysunek 4.33.
Szablon wykresu w układzie biegunowym



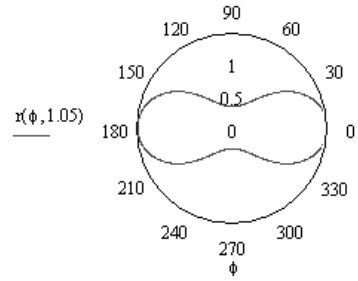
3. Do pola, znajdującego się poniżej szablonu, wpisz oznaczenie kąta wodzącego ϕ, natomiast do pola, znajdującego się obok szablonu, wpisz nazwę funkcji `r` z konkretną wartością `m` wynoszącą `1` (rysunek 3.34).

Rysunek 4.34.
Wykres lemniskaty



4. Powtórz kroki 2. i 3. dla wartości parametru `m` wynoszącej `1.05` (rysunek 4.35).

Rysunek 4.35.
Wykres owalu Cassiniego dla wartości m = 1.05



Ćwiczenie 4.7.

Narysuj w układzie biegunowym wykres trójlistnej koniczynki wg wzoru $r(\phi) = \cos^2 \frac{3}{2}\phi$.

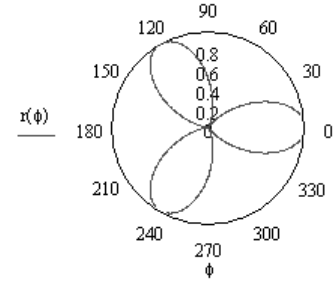
1. Wpisz wzór definiujący funkcję (rysunek 4.36).

Rysunek 4.36.
Definicja funkcji promienia wodzącego

$$r(\phi) := \cos(1.5\cdot\phi)^2$$

2. Wywołaj szablon wykresu w układzie biegunowym. Do pola dolnego wpisz oznaczenie kąta wodzącego, a do pola bocznego wpisz funkcję promienia wodzącego (rysunek 4.37).

Rysunek 4.37.
Wykres trójlistnej koniczynki



Wykres parametryczny w układzie biegunowym

Wykres taki może być wykonany dla trzech wariantów danych:

- wektorów wartości kąta wodzącego i promienia wodzącego wygenerowanych uprzednio za pomocą parametru;
- dwóch wzorów funkcyjnych kąta wodzącego i promienia wodzącego z jawnym podaniem uprzednio zdefiniowanego parametru; pozwala to na kontrolowanie zakresu zmienności parametru;
- dwóch wzorów funkcyjnych kąta wodzącego i promienia wodzącego z podaniem formalnego, wcześniej niezdefiniowanego parametru; program przyjmuje dla tego parametru pewien domniemany zakres zmienności.

Do wywołania szablonu wykresu dwuwymiarowego w układzie biegunowym służy albo skrót klawiszowy *Ctrl+7*, albo odpowiednia ikona na pasku narzędzi *Graph* (rysunek 4.31).

Ćwiczenie 4.8.

Wykonaj wykres biegunowy przebiegu zadanego wzorami parametrycznymi

$$\begin{cases} \phi = 2\pi\cos^2 t \\ r = 1 + t + \sin^2 t \end{cases}.$$

1. Zdefiniuj funkcję ϕ zależną od parametru `t` (rysunek 4.38).

Rysunek 4.38. *Definicja funkcji kąta wodzącego*

$$\phi(t) := 2\pi\cdot\cos(t)^2$$

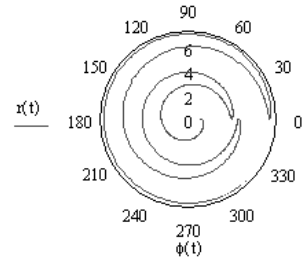
2. Zdefiniuj funkcję `r` zależną od parametru `t` (rysunek 4.39).

Rysunek 4.39. *Definicja funkcji promienia wodzącego*

$$r(t) := 1 + t + \sin(t)^2$$

3. Wywołaj szablon wykresu w układzie biegunowym. Do pola dolnego wpisz funkcję definiującą kąt wodzący, a do pola bocznego funkcję definiującą promień wodzący (rysunek 4.40).

Rysunek 4.40. *Parametryczny wykres w układzie biegunowym*



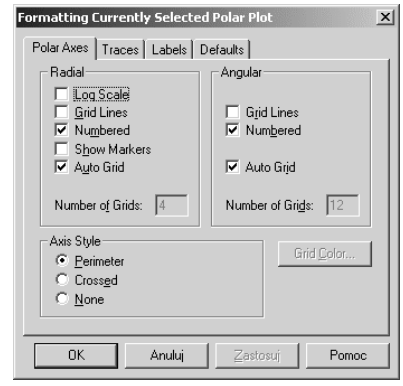
Formatowanie wykresu biegunowego

Formatowanie wykresu biegunowego obejmuje:

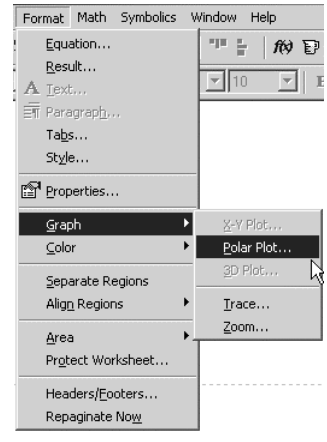
- ❖ wyświetlanie radialnych linii siatki, wartości liczbowych oraz podział siatki dla kąta wodzącego,
- ❖ wyświetlanie obwodowych linii siatki, wartości liczbowych oraz podział siatki dla promienia wodzącego,
- ❖ ustalanie koloru, grubości i typu linii prezentującej dany przebieg,
- ❖ wyświetlanie lub ukrywanie tytułu i legendy wykresu.

Do formatowania wykresu służy okno *Formatting Currently Selected Polar Plot* (rysunek 4.41). Okno to może być wywołane albo poprzez dwukrotne kliknięcie lewym klawiszem myszy wybranego wykresu biegunowego, albo poprzez wybranie polecenia *Polar Plot* w podmenu *Graph*, znajdującym się w menu rozwijanym *Format* (rysunek 4.42).

Rysunek 4.41. *Zakładka Polar Axes w oknie Formatting Currently Selected Polar Plot*



Rysunek 4.42. *Polecenie Polar Plot w podmenu Graph w menu Format*

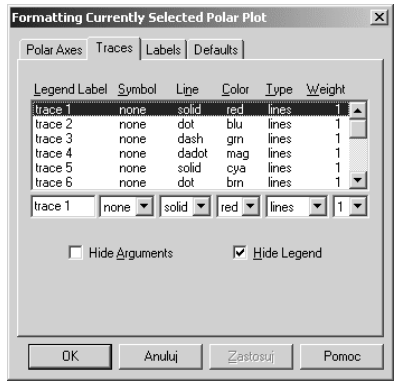


Okno *Formatting Currently Selected Polar Plot* jest wyposażone w cztery zakładki:

- ❖ *Polar Axes* — służy do formatowania układu współrzędnych (rysunek 4.41);

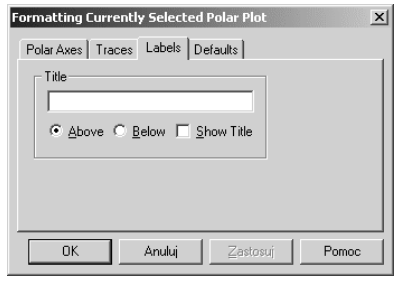
❖ *Traces* — służy do formatowania linii, prezentujących przebiegi, i do wyświetlania legendy wykresu (rysunek 4.43);

Rysunek 4.43.
Zakładka Traces w oknie Formatting Currently Selected Polar Plot



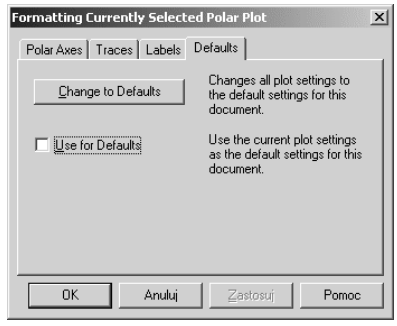
❖ *Labels* — służy do wyświetlania i pozycjonowania tytułu wykresu (rysunek 4.44);

Rysunek 4.44.
Zakładka Labels w oknie Formatting Currently Selected Polar Plot



❖ *Defaults* — służy do przywracania domniemanych ustawień wykresu lub przyjęcia ustawień wykresu bieżącego jako domniemanych dla arkusza (rysunek 4.45).

Rysunek 4.45.
Zakładka Defaults w oknie Formatting Currently Selected Polar Plot



Ćwiczenie 4.9.

Wykonaj wykres spirali Archimedesa $r = 2\phi$ *. Ustaw dla linii przebiegu kolor niebieski. Wyświetl siatkę kąta wodzącego co* 45^o*. Ponad wykresem wyświetl tytuł „Spirala Archimedesa”.*

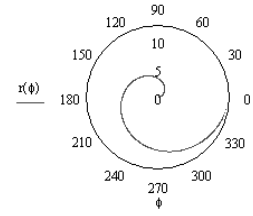
1. Zdefiniuj funkcję $r = 2\phi$ (rysunek 4.46).

Rysunek 4.46.
Definicja spirali Archimedesa

$$r(\phi) := 2\phi$$

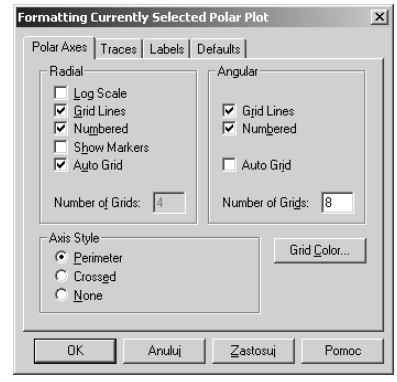
2. Wyświetl szablon wykresu biegunowego. Do pola dolnego wpisz nazwę zmiennej kątowej ϕ, a do pola bocznego funkcję promienia wodzącego (rysunek 4.47). Następnie naciśnij klawisz *Enter*.

Rysunek 4.47.
Wykres spirali Archimedesa w układzie biegunowym

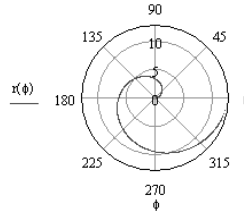


3. Kliknij wykres dwa razy lewym klawiszem myszy, aby wywołać okno *Formatting Currently Selected Polar Plot*. Wybierz zakładkę *Polar Axes* (rysunek 4.41). W ramce *Radial* zaznacz opcję *Grid Lines*. W ramce *Angular* zaznacz opcję *Grid Lines*, odblokuj opcję *Auto Grid* i do pola *Number of Grids* wpisz liczbę 8 (rysunek 4.48). Liczba ta wynika z podziału kąta pełnego przez 45^o. Zamknij okno przez naciśnięcie klawisza *Enter*. Na wykresie pojawią się linie siatki odniesienia (rysunek 4.49).

Rysunek 4.48.
Ustawienia w zakładce Polar Axes

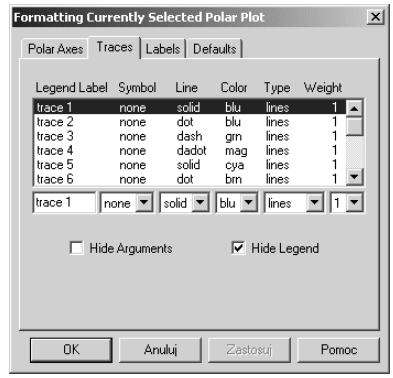


Rysunek 4.49.
Wykres z naniesionymi liniami siatki odniesienia

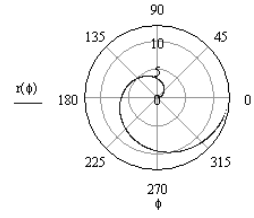


4. Kliknij dwa razy lewym klawiszem myszy w wykres, aby wywołać okno *Formatting Currently Selected Polar Plot.* Wybierz zakładkę *Traces*. Dla przebiegu *trace1* zmień ustawienie *Color* na *blu* (rysunek 4.50). Następnie naciśnij klawisz *Enter*. Na wykresie kolor linii przebiegu ulegnie zmianie na niebieski (rysunek 4.51).

Rysunek 4.50.
Ustawienia w zakładce Traces

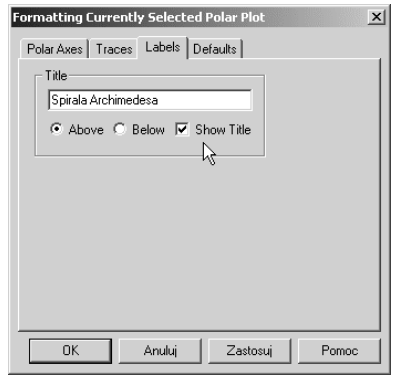


Rysunek 4.51.
Wykres ze zmienionym kolorem linii przebiegu



5. Kliknij wykres dwa razy lewym klawiszem myszy, aby wywołać okno *Formatting Currently Selected Polar Plot*. Wybierz zakładkę *Labels*. W polu *Title* wpisz tytuł „Spirala Archimedesa" i zaznacz opcję *Show Title* (rysunek 4.52). Następnie naciśnij klawisz *Enter*. Nad wykresem pojawi się wpisany tytuł (rysunek 4.53).

Rysunek 4.52.
Ustawienia w zakładce Labels



Rysunek 4.53.
Wykres z naniesionym tytułem

