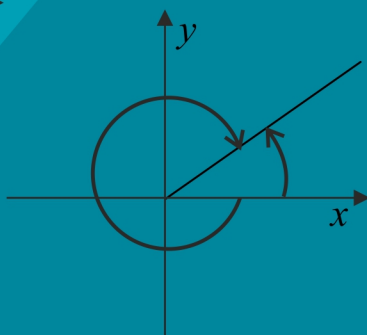
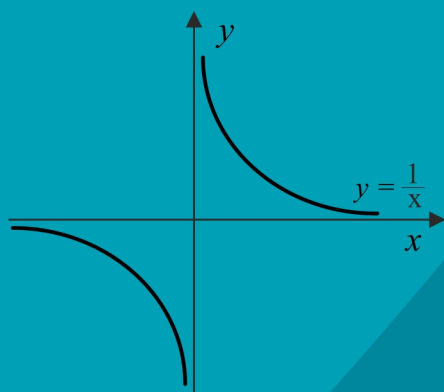


DANUTA WRÓBEL • ALICJA ZIELIŃSKA • GRZEGORZ RUDZIŃSKI

MATEMATYKA



PO POLSKU

PODRĘCZNIK DLA CUDZOZIEMCÓW

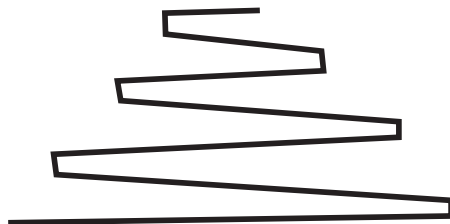


WYDAWNICTWO
UNIwersYTETU
ŁÓDZKIEGO



MATEMATYKA PO POLSKU

PODRĘCZNIK DLA CUDZOZIEMCÓW



W WIEŻY BABEL PO POLSKU

Podręczniki Studium Języka Polskiego dla Cudzoziemców UŁ

SERIA POD REDAKCJĄ
GRAŻYNY ZARZYCKIEJ

3

DANUTA WRÓBEL • ALICJA ZIELIŃSKA • GRZEGORZ RUDZIŃSKI

MATEMATYKA PO POLSKU

PODRĘCZNIK DLA CUDZOZIEMCÓW



WYDAWNICTWO
UNIwersytetu
ŁÓDZKIEGO

ŁÓDŹ 2013

Danuta Wróbel, Alicja Zielińska – Uniwersytet Łódzki, Studium Języka Polskiego
dla Cudzoziemców, 90-231 Łódź, ul. Matejki 21/23
Grzegorz Rudziński – Uniwersytet Łódzki, Wydział Filologiczny
Katedra Lingwistyki Stosowanej i Kulturowej, 90-514 Łódź, al. Kościuszki 65

RECENZENT
Ryszard J. Pawlak

SKŁAD KOMPUTEROWY
Alicja Zielińska

PROJEKT OKŁADKI
Barbara Grzejszczak

Wydrukowano z gotowych materiałów dostarczonych do Wydawnictwa UŁ
przez Studium Języka Polskiego dla Cudzoziemców

© Copyright by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2013

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
Wydanie I. W.06400.13.0.S

ISBN 978-83-7969-068-8

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego
90-131 Łódź, ul. Lindleya 8
www.wydawnictwo.uni.lodz.pl
e-mail: ksiegarnia@uni.lodz.pl
tel. (42) 665 58 63, faks (42) 665 58 62

Druk i oprawa: Quick Druk

SPIS TREŚCI

Przedmowa.....	9
ROZDZIAŁ I. FUNKCJE.....	11
1. FUNKCJA I JEJ WŁASNOŚCI.....	11
– Pojęcie funkcji.....	11
– Miejsce zerowe funkcji.....	16
– Różnowartościowość. Funkcja odwrotna.....	16
– Monotoniczność.....	18
– Ograniczoność. Kresy i ekstrema globalne.....	20
– Parzystość i nieparzystość.....	22
– Okresowość.....	22
– Odczytywanie własności funkcji z wykresu.....	23
– Równość funkcji.....	24
– Przekształcenia wykresów funkcji.....	25
– Funkcja złożona.....	27
Ćwiczenia językowe.....	27
2. FUNKCJA LINIOWA. RÓWNANIA I NIERÓWNOŚCI	
LINIOWE.....	33
– Funkcja liniowa.....	33
– Równanie liniowe.....	34
– Macierze i wyznaczniki.....	34
– Układy równań liniowych.....	36
– Nierówności liniowe.....	41
3. FUNKCJA KWADRATOWA.....	45
4. WIELOMIAN.....	50
5. FUNKCJA WYMIERNA.....	56
6. FUNKCJA POTĘGOWA.....	60
7. FUNKCJE WYKŁADNICZA I LOGARYTMICZNA.....	65
8. FUNKCJE TRYGONOMETRYCZNE.....	69
– Funkcje trygonometryczne kąta ostrego.....	69
– Funkcje trygonometryczne dowolnego kąta.....	70
– Wykresy i własności funkcji trygonometrycznych.....	73
– Tożsamości trygonometryczne.....	76
– Równania trygonometryczne.....	78
– Nierówności trygonometryczne.....	80
9. FUNKCJE CYKLOMETRYCZNE.....	81
Zadania.....	84
Ćwiczenia językowe.....	111

ROZDZIAŁ II. CIĄG LICZBOWY. SZEREG GEOMETRYCZNY	114
1. CIĄGI	114
– Monotoniczność i ograniczoność	114
– Ciąg sum częściowych	116
– Ciąg arytmetyczny	117
– Ciąg geometryczny	118
– Granica ciągu	120
– Twierdzenia o granicach ciągów	121
2. SZEREG GEOMETRYCZNY	126
Zadania	129
ROZDZIAŁ III. GRANICA I CIĄGŁOŚĆ FUNKCJI	137
1. GRANICA FUNKCJI	137
– Definicja granicy	137
– Granice jednostronne	141
2. CIĄGŁOŚĆ FUNKCJI W PUNKCIE I W PRZEDZIALE	142
3. ASYMPTOTY WYKRESU FUNKCJI	144
– Asymptoty pionowe	144
– Asymptoty ukośne (pochyłe)	145
Zadania	147
ROZDZIAŁ IV. POCHODNA	152
1. DEFINICJA I INTERPRETACJE POCHODNEJ	152
– Definicja pochodnej	152
– Interpretacja geometryczna pochodnej	153
– Interpretacja fizyczna	155
– Koszt krańcowy – przykład interpretacji ekonomicznej	155
2. TWIERDZENIA O RÓŻNICZKOWANIU FUNKCJI	156
3. ELEMENTY BADANIA FUNKCJI	158
– Monotoniczność	158
– Ekstrema lokalne	159
Zadania	163
ROZDZIAŁ V. ELEMENTY GEOMETRII ANALITYCZNEJ	166
1. ILOCZYN SKALARNY WEKTORÓW. WYZNACZNIK UPORZĄDKOWANEJ PARY WEKTORÓW	167
– Kąt między wektorami	167
– Iloczyn skalarny wektorów	167
– Wyznacznik pary wektorów	168

2. RÓWNANIA PROSTEJ.....	170
– Równanie kierunkowe	170
– Równanie ogólne.....	171
– Równanie prostej równoległej do danego wektora.....	173
3. RÓWNANIE OKRĘGU	174
Zadania	176
ROZDZIAŁ VI. KOMBINATORYKA	179
Zadania	182
ROZDZIAŁ VII. WPROWADZENIE DO RACHUNKU PRAWDOPODOBIENSTWA	183
1. ZDARZENIA LOSOWE	184
2. KLASYCZNA DEFINICJA PRAWDOPODOBIENSTWA	186
– Własności prawdopodobieństwa	186
Zadania	188
Ćwiczenia językowe.	190
ODPOWIEDZI DO ZADAŃ	198
SKOROWIDZ	211

PRZEDMOWA

Matematyka po polsku, podobnie jak opublikowany w 2011 roku *Wstęp do matematyki*¹⁾ jest podręcznikiem dla trzech grup odbiorców: po pierwsze, dla cudzoziemców, którzy chcąc podjąć w Polsce studia uczą się języka polskiego jako obcego; po drugie, dla osób, które znając język polski w zakresie ogólnym muszą uzupełnić jego znajomość w zakresie matematyki; po trzecie wreszcie, dla tych osób kształconych poza Polską, którzy z racji różnic w programach szkolnych opanowały inny niż obowiązujący u nas zakres wiedzy z tego przedmiotu. W zakresie poruszonych zagadnień matematycznych niniejsze opracowanie kontynuuje i dopełnia zestaw wiadomości zaprezentowany we wspomnianym wyżej *Wstępie* (...). Także i tutaj zakłada się, że odbiorcami treści podręcznika są osoby, które znają matematykę na poziomie egzaminu maturalnego obowiązującego w ich krajach.

Zakres opracowania sprowadza się więc nie tylko do przywołania treści objętych programami nauczania matematyki, ale także do idącego możliwie najdalej uprzywilejowania zjawisk językowych charakteryzujących polszczyznę obsługującą przekazywanie wiedzy matematycznej. Ogólna linia postępowania jest tu jednak inna niż we *Wstępie do matematyki*. Uproszczenia konstrukcji składniowych występują rzadko i tylko w początkowych partiach podręcznika – zakłada się, że początkowa kompetencja językowa osób uczących się z tego opracowania reprezentuje w języku polskim jako obcym/drugim/odziedziczonym poziom co najmniej A2/B1. Nie ma ograniczeń w użyciu form fleksyjnych. Nacisk położony jest na rozwijanie sprawności rozumienia tekstu czytanego, identyfikowanie zjawisk homonimii składniowej i porządkowanie opanowanej już leksyki oraz gramatyki. Troską autorów jest, aby przyjazna wobec językowych możliwości studenta-cudzoziemca forma nie odbiegała od typowych zachowań językowych akademickich nauczycieli matematyki i form powszechnie występujących w zwykłych podręcznikach tego przedmiotu. Miejsca szczególnie na tym poziomie językowo kłopotliwe są oznaczone . Niektórym oznaczonym w ten sposób zjawiskom językowym towarzyszą ćwiczenia umieszczone na końcu rozdziału lub podrozdziału.

Niniejsze opracowanie jest więc zarówno podręcznikiem matematyki, jak i języka polskiego jako obcego. Najlicniejszą grupę jego użytkowników będą stanowić studenci i nauczyciele Studium Języka Polskiego dla Cudzoziemców UŁ. W miarę istniejącej swobody w terminach realizacji programu nauczania matematyki w Studium, podręcznik może służyć jako materiał do głośnego

czytania, by także na wyższych poziomach kompetencji komunikacyjnej wspierać pokonywanie przez studentów barier artykulacyjnych typowych dla polszczyzny matematyki. Nie można jednak zakładać, że studenci nauczą się z niego swobodnie przekazywać treści matematyczne. Kształtowanie polszczyzny studenta w tym zakresie wymaga dłuższego obcowania z polszczyzną ogólną i specjalistyczną, niż ma to miejsce w trakcie 30 tygodniowego kursu. Podobnie więc jak *Wstęp (...), Matematyka po polsku* to podręcznik nastawiony bardziej na rozwijanie sprawności receptywnych (rozumienie) niż produktywnych.

W warunkach organizacyjnych Studium Języka Polskiego dla Cudzoziemców UŁ podręcznik przeznaczony jest do pracy w drugim semestrze. W grupach zaczynających naukę polskiego od zera może być wykorzystywany od 45-50 godziny kursu matematyki, przy wcześniejszym przejściu grupy przez co najmniej 250 godzin języka polskiego ogólnego.

Podręcznik zawiera ponad 200 zadań. Tak duża ich liczba uzasadniona jest silnym zróżnicowaniem poziomów merytorycznego przygotowania słuchaczy. Zadań musi być odpowiednio dużo według zasady „dla każdego coś miłego”.

Autorzy

ROZDZIAŁ I. FUNKCJE

1. FUNKCJA I JEJ WŁASNOŚCI

POJĘCIE FUNKCJI

- **Definicja.** Niech D, Y będą danymi zbiorami. Każdemu elementowi $x \in D$
- przyporządkowujemy dokładnie jeden element $y \in Y$. Mówimy, że
- w zbiorze D została określona **funkcja** o wartościach w zbiorze Y . Zbiór D nazywamy **dziedziną** tej **funkcji**.

Funkcje oznaczamy najczęściej literami: $f, g, h, \dots$

Jeżeli funkcja f przyporządkowuje elementowi x element y , to piszemy
$$y = f(x),$$

x nazywamy **argumentem**, a y – **wartością funkcji** f w punkcie x lub wartością funkcji f dla argumentu x .

Zbiór wszystkich $y \in Y$ takich, że $y = f(x)$ dla $x \in D$ nazywamy **zbiorem wartości funkcji** f i oznaczamy go $f(D)$. Zatem: $f(D) = \{ f(x) : x \in D \}$ (czyt. zbiór f od x takich, że x należy do D).

PRZYKŁAD 1.

Niech D oznacza zbiór dzieci w pewnej szkole podstawowej w Łodzi, M – zbiór matek tych dzieci. **Przyporządkowanie** każdemu dziecku $d \in D$ jego matki $m \in M$ jest funkcją.

Przyporządkowanie każdej matce $m \in M$ jej dziecka z tej szkoły nie jest funkcją, jeżeli w tej szkole jest rodzeństwo.

Często funkcję nazywamy też **przekształceniem** lub **odwzorowaniem**.

Jeżeli f jest funkcją określoną w zbiorze D o wartościach w zbiorze Y , to piszemy

$$f : D \longrightarrow Y$$

i czytamy: *Funkcja* f **przekształca (odwzorowuje)** *zbiór* D *w* *zbiór* Y . Jeżeli $Y = f(D)$, to możemy napisać

$$f : D \xrightarrow{na} Y$$

i czytamy wtedy: *Funkcja* f **przekształca (odwzorowuje)** *zbiór* D **na** *zbiór* Y .

Rozważmy jeszcze raz funkcję z przykładu 1. Oznaczmy:

K – zbiór wszystkich kobiet w Łodzi, L – zbiór wszystkich Łódzian.

Możemy napisać: $f : D \longrightarrow L$, $f : D \longrightarrow K$, $f : D \longrightarrow M$,

ale tylko $f : D \xrightarrow{na} M$.

Uwaga. Elementy x i y to są **zmienne**.

Zmienna y **zależy od** zmiennej x .

Zmienna y jest funkcją zmiennej x .

x jest **zmienną niezależną**.

y jest **zmienną zależną**.

Niech $f : D \longrightarrow Y$. Jeżeli $D \subset R$, to f nazywamy **funkcją zmiennej rzeczywistej**; jeżeli $Y \subset R$, to f nazywamy **funkcją rzeczywistą**.

Funkcja z przykładu 1 nie jest ani funkcją zmiennej rzeczywistej ani funkcją rzeczywistą, bo mówi o przyporządkowaniu ludzi, a nie liczb.

PRZYKŁAD 2.

Określamy funkcję przy pomocy tabeli.

W pierwszej połowie 2011 roku państwo Z zapłacili za energię elektryczną następujące kwoty:

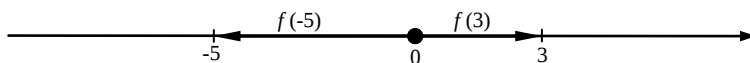
Miesiąc (x)	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec
Opłata za energię w zł (y)	76,36	73,28	87,13	92,77	94,82	91,34

Jest to funkcja rzeczywista, która nie jest funkcją zmiennej rzeczywistej.

PRZYKŁAD 3.

Określamy funkcję przy pomocy opisu słownego.

Każdej liczbie rzeczywistej x przyporządkowujemy na osi liczbowej wektor o początku w punkcie 0 i końcu w punkcie x .



Jest to funkcja wektorowa zmiennej rzeczywistej.

PRZYKŁAD 4.

Określamy funkcję przy pomocy wzoru.

$$f(x) = x^2 + 1, \quad x \in N.$$

Jest to funkcja rzeczywista zmiennej rzeczywistej. Dziedziną tej funkcji jest zbiór liczb naturalnych N . Taka funkcja to jest ciąg liczbowy.

Definicja. Funkcję określoną w zbiorze liczb naturalnych N nazywamy **ciągami** (**nieskończonym**). Wartość takiej funkcji dla argumentu n oznaczamy: a_n , b_n , x_n , ... i nazywamy **n -tym wyrazem** lub **wyrazem ogólnym ciągu**. Jeżeli wyrazy ciągu są liczbami rzeczywistymi, to ciąg nazywamy **liczbowym**. Funkcję określoną na skończonym podzbiorze $\{1, 2, \dots, k\}$ zbioru liczb naturalnych nazywamy **ciągami skończonym** (k -wyrazowym).

Ciąg nieskończony o wyrazie ogólnym a_n oznaczamy (a_n) ; k -wyrazowy ciąg o wyrazie ogólnym a_n oznaczamy $(a_n)_{n \leq k}$ lub wypisujemy w nawiasie wyrazy tego ciągu: $(a_1, a_2, \dots, a_k)$.

PRZYKŁAD 5.

- a) $\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \dots$ – ciąg **odwrotności** kolejnych **liczb** naturalnych. Jest to ciąg nieskończony. Możemy go też określić przy pomocy wzoru na n -ty wyraz: $a_n = \frac{1}{n}$, $n \in N$.
- b) $(2, 4, 8, 16, 32)$ – ciąg skończony, pięciowyrazowy. Ten ciąg możemy też zapisać tak: $(2^n)_{n \leq 5}$.
- c) $a_1 = 2$; $a_{n+1} = \frac{a_n - n}{2}$, $n \in N$ – ciąg określony przy pomocy **definicji rekurencyjnej (indukcyjnej)**. Aby otrzymać np. czwarty wyraz tego ciągu, obliczamy kolejno:
- $$a_2 = \frac{a_1 - 1}{2} = \frac{2 - 1}{2} = \frac{1}{2},$$
- $$a_3 = \frac{a_2 - 2}{2} = \frac{\frac{1}{2} - 2}{2} = -\frac{3}{4},$$
- $$a_4 = \frac{a_3 - 3}{2} = \frac{-\frac{3}{4} - 3}{2} = -\frac{15}{8}.$$

Funkcje możemy określać w sposób opisowy (przykłady: 1 i 3), przy pomocy tabeli (przykład 2), przy pomocy wzoru (przykład 4).

Jeżeli funkcja jest określona wzorem i dziedzina nie jest dana, to przyjmujemy, że dziedziną jest zbiór wszystkich x , dla których wzór ma sens.

PRZYKŁAD 6.

Dane są funkcje

- a) $f(x) = \frac{1}{x+1}$
 b) $f(x) = \sqrt{x-2}$,
 c) $f(x) = \log_2(x^2 - 1)$.

Ponieważ dziedzina nie jest podana, wyznaczamy maksymalne zbiory liczbowe, w których te wzory mają sens:

- a) $D = \{x \in R : x+1 \neq 0\} = R \setminus \{-1\}$
 b) $D = \{x \in R : x-2 \geq 0\} = [2, +\infty)$
 c) $D = \{x \in R : x^2 - 1 > 0\} = (-\infty, -1) \cup (1, +\infty)$

Funkcję możemy też określić przy pomocy wykresu.

Definicja. **Wykresem** funkcji $f : D \longrightarrow Y$ nazywamy zbiór

$$\{(x, f(x)) : x \in D\}.$$

- Jeżeli $D \subset R$ i $f(D) \subset R$ (tzn. f jest funkcją rzeczywistą zmiennej rzeczywistej), to wykres funkcji możemy zinterpretować na płaszczyźnie kartezjańskiej.

PRZYKŁAD 7.

Rysujemy wykresy danych funkcji.

- a) $f(x) = x^2 - 3x$, $x \in \{1, 2, 3, 4\}$

Dziedziną tej funkcji jest zbiór $D = \{1, 2, 3, 4\}$, zbiorem wartości – zbiór $f(D) = \{-2, 0, 4\}$. Ta funkcja, to jest ciąg skończony $(-2, -2, 0, 4)$, jej wykresem jest zbiór punktów na płaszczyźnie kartezjańskiej: $\{(1, -2), (2, -2), (3, 0), (4, 4)\}$.

