

# Funkcje ciągłe i różniczkowalne

Karol Chołaszczyński

10 grudnia 2010

## Spis treści

### 1 Funkcje ciągłe

**Definicja 1.1.** (funkcja ciągła). Niech  $f : (a, b) \rightarrow \mathbb{R}$ , oraz niech  $x_0 \in (a, b)$ . Mówimy, że funkcja  $f$  jest ciągła w punkcie  $x_0$  wtedy i tylko wtedy gdy:

$$\forall \varepsilon > 0 \exists \delta > 0 \forall x \in (a, b) |x - x_0| < \delta \leftarrow |f(x) - f(x_0)| < \varepsilon.$$

**Przykład 1.2.** Wielomiany, funkcje trygonometryczne, wykładnicze, logarytmiczne są ciągłe w każdym punkcie swej dziedziny.

**Przykład 1.3.** Funkcja  $f$  dana wzorem:

$$f(x) = \begin{cases} x + 1 & \text{dla } x \neq 0 \\ 0 & \text{dla } x = 0 \end{cases}$$

Jest ciągła w każdym punkcie poza  $x_0$ .

**Przykład 1.4.** Funkcja  $f$  dana wzorem:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x \in \mathbb{Q} \\ 1 & \text{dla } x \notin \mathbb{Q} \end{cases}$$

Nie jest ciągła w żadnym punkcie.

**Przykład 1.5.** Funkcja  $f$  dana wzorem:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x \in \mathbb{Q} \\ x & \text{dla } x \notin \mathbb{Q} \end{cases}$$

jest ciągła w punkcie  $x_0 = 0$ , ale nie jest ciągła w pozostałych punktach dziedziny.

**Zadanie 1.** Udowodnij prawdziwość podanych przykładów.

**Definicja 1.6.** Jeśli funkcja  $f : A \rightarrow \mathbb{R}$  jest ciągła w każdym punkcie swojej dziedziny  $A$  to mówimy krótko, że jest ciągła.

Poniższe twierdzenia zbiera podstawowe własności zbioru funkcji ciągłych

**Twierdzenie 1.7.** Niech funkcje  $f, g: R \rightarrow \mathbb{R}$  będą ciągłe, oraz niech  $\alpha, \beta \in \mathbb{R}$ . Wtedy funkcje:

a)  $h_1(x) = \alpha \cdot f(x) + \beta \cdot g(x)$ ,

b)  $h_2(x) = f(x) \cdot g(x)$ ,

c)  $h_3(x) = \frac{f(x)}{g(x)}$  (o ile  $g(x) \neq 0$  dla dowolnego  $x \in \mathbb{R}$ ),

d)  $h_4(x) = f(g(x))$ ,

są ciągłe.

Następne twierdzenie zwane powszechnie „własnością Darboux” lub twierdzeniem o wartości pośredniej ma liczne praktyczne zastosowania. Mówi ono o tym, że jeśli funkcja ciągła przyjmuje jakieś dwie wartości, to przy odpowiednich założeniach co do dziedziny, przyjmuje też wszystkie wartości pośrednie. Możemy sobie to łatwo wyobrazić na przykładzie funkcji, która opisuje zmianę temperatury w czasie. Jeśli o 7:00 było  $-1^\circ\text{C}$  a o 9:00 było  $2^\circ\text{C}$ , to zapewne pomiędzy 7:00 a 9:00 był taki moment, że temperatura wynosiła dokładnie  $0^\circ\text{C}$ .

**Twierdzenie 1.8.** Niech  $f : [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$  ciągła, oraz niech  $f(a) \neq f(b)$ . Wtedy dla dowolnego  $y_0 \in \text{conv}\{f(a), f(b)\}$  istnieje  $x_0 \in [a, b]$  takie, że  $f(x_0) = y_0$ .

## 2 Różniczkowalność

**Definicja 2.1.** Niech  $f : (a, b) \rightarrow \mathbb{R}$ ,  $x_0 \in (a, b)$  oraz  $f$  ciągła w otoczeniu punktu  $x_0$ . Jeśli istnieje granica:

$$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$$

i jest skończona, to oznaczamy ją przez  $f'(x_0)$  i nazywamy pochodną funkcji  $f$  w punkcie  $x_0$ .

**Definicja 2.2.** Jeśli funkcja  $f$  posiada pochodną w każdym punkcie swojej dziedziny, to mówimy, że  $f$  jest różniczkowalna. Istnieje wtedy funkcja  $f'$ , która każdemu punktowi z dziedziny funkcji  $f$  przyporządkowuje wartość pochodnej funkcji  $f$  w tym punkcie.

**Przykład 2.3.** Wielomiany, funkcje trygonometryczne, wykładnicze, logarytmiczne są różniczkowalne w każdym punkcie dziedziny.

**Przykład 2.4.** Funkcja  $f(x) = |x|$  jest stała, ale nie posiada pochodnej w punkcie  $x_0$ .

**Twierdzenie 2.5.** *Niech  $f : [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$  ciągła i różniczkowalna na  $(a, b)$ . Dodatkowo niech  $f'(x) \neq 0$  dla  $x \in (a, b)$ , oraz niech  $m = \min_{x \in [a, b]} f(x)$ . Wtedy na pewno  $f(a) = m, f(b) = M$  lub  $f(a) = M, f(b) = m$ .*

I ♥ L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Kontakt: Karol Chołaszczyński <dr.judym44@gmail.com>