

## 8

## Taylor-sorok

Matematika G2 – Valós analízis

Utoljára frissítve: 2025. március 22.

## 8.1. Elméleti Áttekintő

## Definíció 8.1: Taylor-polinom

Legyen  $f : I \subset \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  függvény, mely az  $x_0$  pontban legalább  $p$ -szer differenciálható. Ekkor az  $f$  függvény  $x_0$  körüli  $p$ -edik Taylor-polinomja:

$$T_p(x) = \sum_{k=0}^p \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} (x - x_0)^k.$$

## Tétel 8.1: Taylor-formula Lagrange-féle maradéktaggal

Ha az  $f$  függvény legalább  $(r+1)$ -szer differenciálható az  $(x; x_0)$  intervallumon és  $f^{(k)} \forall k \in \{1; 2; \dots; r\}$  esetén folytonos az  $x$  és  $x_0$  pontokban, akkor  $\exists \xi \in (x; x_0)$ , hogy

$$f(x) = \sum_{k=0}^r \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} (x - x_0)^k + \underbrace{\frac{f^{(r+1)}(\xi)}{(r+1)!} (x - x_0)^{r+1}}_{\text{Lagrange-féle maradéktag}}$$

## Definíció 8.2: Taylor-sor

Legyen az  $f$  függvény az  $x_0$  pontban akárhányszor differenciálható. Ekkor a

$$T(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} (x - x_0)^k$$

hatványsort az  $f$  függvény  $x_0$  körüli Taylor-sorának nevezzük.

Ha  $x_0 = 0$ , akkor a Taylor-sort Maclaurin-sornak nevezzük.

Írjuk fel a  $p(x) = x^3 + 3x^2 + 2$  függvény  $x_0 = 1$  körüli harmadfokú Taylor-polinomját!

$p^{(n)}(x)$	$p^{(n)}(1)$
$p(x) = x^3 + 3x^2 + 2$	6
$p'(x) = 3x^2 + 6x$	9
$p''(x) = 6x + 6$	12
$p'''(x) = 6$	6

$$\begin{aligned} T_3(x) &= \frac{6}{0!} + \frac{9}{1!}(x-1) + \frac{12}{2!}(x-1)^2 + \frac{6}{3!}(x-1)^3 \\ &= 6 + 9(x-1) + 6(x-1)^2 + (x-1)^3 \end{aligned}$$

Írjuk fel az  $f(x) = e^x$  függvény Maclaurin-sorát!

$f^{(n)}(x)$	$f^{(n)}(0)$
$f(x) = e^x$	1
$f'(x) = e^x$	1
$\vdots$	$\vdots$
$f^{(k)}(x) = e^x$	1

$$T(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(0)}{k!} x^k = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k!} x^k = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!}$$

Írjuk fel az  $f(x) = \sin x$  függvény Maclaurin-sorát!

$f^{(n)}(x)$	$f^{(n)}(0)$
$f(x) = \sin x$	0
$f'(x) = \cos x$	1
$f''(x) = -\sin x$	0
$f'''(x) = -\cos x$	-1
$\vdots$	$\vdots$

$$T(x) = \frac{x^1}{1!} - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{x^{2k+1}}{(2k+1)!}$$

### Fontosabb függvények Maclaurin-sorai:

Függvény	Taylor-sor	Konvergencia intervallum
$e^x$	$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!}$	$\mathbb{R}$
$\sin x$	$\sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{x^{2k+1}}{(2k+1)!}$	$\mathbb{R}$
$\cos x$	$\sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{x^{2k}}{(2k)!}$	$\mathbb{R}$
$\arctan x$	$\sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{x^{2k+1}}{2k+1}$	$[-1; 1]$
$\sinh x$	$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^{2k+1}}{(2k+1)!}$	$\mathbb{R}$
$\cosh x$	$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^{2k}}{(2k)!}$	$\mathbb{R}$
$\operatorname{artanh} x$	$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^{2k+1}}{2k+1}$	$(-1; 1)$
$\ln(1+x)$	$\sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{x^{k+1}}{k+1}$	$(-1; 1]$
$(1+x)^\alpha$	$\sum_{k=0}^{\infty} \binom{\alpha}{k} x^k$	$(-1; 1)$

## 8.2. Feladatok

1. Írja fel a  $p(x) = (1 + x)^3$  függvény Maclauren-sorát!
2. Határozza meg az alábbi függvények adott pont körüli Taylor-sorát! Adja meg az összegfüggvények konvergenciasugarát is!

$$f(x) = (1 - x)^3, \quad x_0 = 1$$

$$g(x) = e^x, \quad x_0 = 1$$

$$h(x) = \ln x, \quad x_0 = 1$$

3. Határozza meg az alábbi függvények Maclauren-sorát! Adja meg az összegfüggvények konvergenciasugarát is!

$$f(x) = \cos 5x$$

$$g(x) = \sin \sqrt{x}$$

$$h(x) = \sin^2 x$$

$$i(x) = \sqrt[3]{\exp(-x^2)}$$

4. Adja meg az alábbi törtfüggvények Taylor-sorát!

$$f(x) = \frac{x+1}{x+3}, \quad x_0 = -2$$

$$g(x) = \frac{x+1}{x+3}, \quad x_0 = -1$$

5. Írja fel az alábbi függvény  $x_0 = 2$  pontra illeszkedő Taylor sorát! Mi lesz a konvergenciasugar?

$$f(x) = \frac{1}{x^2 - 3x + 2}$$

6. Határozza meg az alábbi függvények Maclauren-sorát! Adja meg az összegfüggvények konvergenciasugarát is!

$$f(x) = \frac{x}{1+x^2}$$

$$g(x) = \arctan x$$

$$h(x) = \frac{1}{\sqrt{2+x^2}}$$

7. Melyik függvény Taylor-sora az alábbi?

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{2n+1}{n!} x^{2n}$$

8. Hányadfokú Taylor polinom közelíti a  $\sin(\pi/60)$  értékét 4 tizedesjegy pontossággal?
9. Számítsa ki 3 tizedesjegy pontossággal az alábbi integrált!

$$\int_0^{0,2} e^{2x} dx$$