

# 19. előadás

## Határozott integrál

Horváth Márton

BME, Matematika Intézet,  
Algebra és Geometria Tanszék

2024. november 26.

# Riemann-integrál

Adott egy  $f: [a, b] \rightarrow \mathbb{R}$  korlátos függvény.

A grafikonja alatti területet szeretnénk kiszámolni.

Ehhez felosztjuk az  $[a, b]$  intervallumot:

$$a = x_0 < x_1 < x_2 < \cdots < x_{n-1} < x_n = b$$

és választunk közbülső pontokat:

$$\xi_i \in [x_{i-1}, x_i] \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

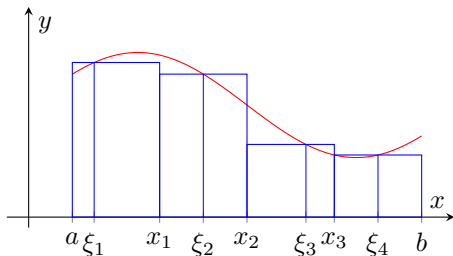
A terület közelítő összege:

$$\sum_{i=1}^n f(\xi_i)(x_i - x_{i-1})$$

Ezek határértéke (amint egyre finomabb felosztást választunk):

$$\int_a^b f(x) dx,$$

ha létezik, ekkor  $f$  **integrálható**  $[a, b]$ -n.



# Newton–Leibniz-tétel

Ha  $f$  integrálható az  $[a, b]$  intervallumon és  $f$ -nek létezik az  $(a, b)$  intervallumon  $F$  primitív függvénye, mely folytonos az  $[a, b]$  intervallumon, akkor

$$\int_a^b f(x) \, dx = F(b) - F(a)$$

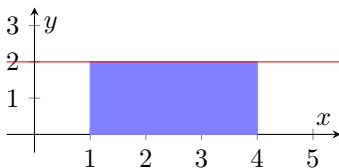
A jobb oldalra bevett jelölés:  $[F(x)]_a^b$

Példák:

$f(x) = 2$  és  $[a, b] = [1, 4]$ .

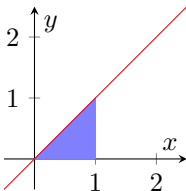
Ekkor  $F(x) = 2x$ , és így:

$$\int_1^4 2 \, dx = [2x]_1^4 = 8 - 2 = 6$$



$f(x) = x$  és  $[a, b] = [0, 1]$

$$\int_0^1 x \, dx = \left[ \frac{x^2}{2} \right]_0^1 = \frac{1}{2}$$

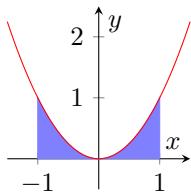


## További példák/feladatok

$$\int_{-1}^1 x^2 dx$$

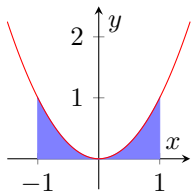
## További példák/feladatok

$$\int_{-1}^1 x^2 dx = \left[ \frac{x^3}{3} \right]_{-1}^1 = \frac{1}{3} - \frac{-1}{3} = \frac{2}{3}$$



## További példák/feladatok

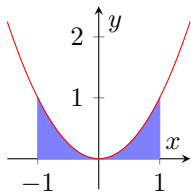
$$\int_{-1}^1 x^2 dx = \left[ \frac{x^3}{3} \right]_{-1}^1 = \frac{1}{3} - \frac{-1}{3} = \frac{2}{3}$$



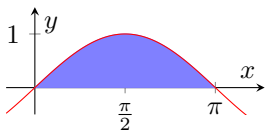
$$\int_0^{\pi} \sin x dx$$

## További példák/feladatok

$$\int_{-1}^1 x^2 dx = \left[ \frac{x^3}{3} \right]_{-1}^1 = \frac{1}{3} - \frac{-1}{3} = \frac{2}{3}$$

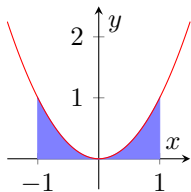


$$\int_0^{\pi} \sin x dx = [-\cos x]_0^{\pi} = -(-1) - (-1) = 2$$

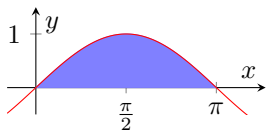


## További példák/feladatok

$$\int_{-1}^1 x^2 dx = \left[ \frac{x^3}{3} \right]_{-1}^1 = \frac{1}{3} - \frac{-1}{3} = \frac{2}{3}$$



$$\int_0^{\pi} \sin x dx = [-\cos x]_0^{\pi} = -(-1) - (-1) = 2$$

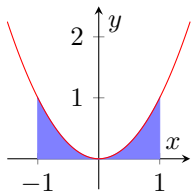


$$\int_0^{\pi} \cos x dx$$

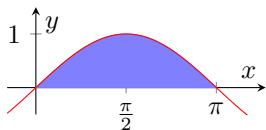


## További példák/feladatok

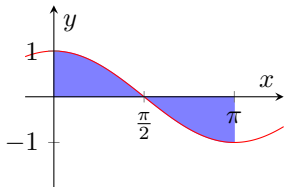
$$\int_{-1}^1 x^2 dx = \left[ \frac{x^3}{3} \right]_{-1}^1 = \frac{1}{3} - \frac{-1}{3} = \frac{2}{3}$$



$$\int_0^{\pi} \sin x dx = [-\cos x]_0^{\pi} = -(-1) - (-1) = 2$$

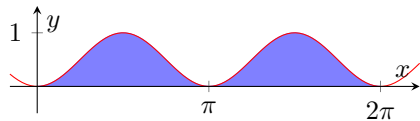


$$\int_0^{\pi} \cos x dx = [\sin x]_0^{\pi} = 0 - 0 = 0$$



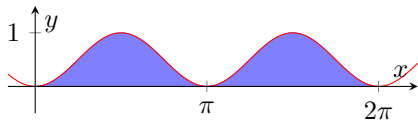
És még egy

$$\int_0^{2\pi} \sin^2 x \, dx = ?$$



És még egy

$$\int_0^{2\pi} \sin^2 x \, dx = ?$$



A  $\sin^2 x = \frac{1 - \cos(2x)}{2}$  azonosság felhasználásával:

$$\int_0^{2\pi} \sin^2 x \, dx = \int_0^{2\pi} \frac{1 - \cos(2x)}{2} \, dx = \left[ \frac{x}{2} - \frac{\sin(2x)}{4} \right]_0^{2\pi} = \frac{2\pi}{2} - 0 = \pi$$

Egy másik megoldás:

$$\int_0^{2\pi} \sin^2 x \, dx = \int_0^{2\pi} \cos^2 x \, dx$$

és

$$\int_0^{2\pi} \sin^2 x \, dx + \int_0^{2\pi} \cos^2 x \, dx = \int_0^{2\pi} \sin^2 x + \cos^2 x \, dx = \int_0^{2\pi} 1 \, dx = [x]_0^{2\pi} = 2\pi,$$

így

$$\int_0^{2\pi} \sin^2 x \, dx = \frac{2\pi}{2} = \pi.$$

# Integrálfüggvény

Tétel:

Ha az  $f(x)$  függvény folytonos az  $[a, b]$  intervallumon, akkor létezik primitív függvénye, és pedig az

$$F(x) = \int_a^x f(t) dt$$

integrálfüggvény.

Példa:

$f(x) = \sin x$  és  $a = 0$  esetén az integrálfüggvény:

$$F(x) = \int_0^x \sin t dt = [-\cos t]_0^x = -\cos x - (-\cos 0) = -\cos x + 1$$

Az integrálfüggvényt nem mindig tudjuk az általunk ismert függvényekkel felírni, például az  $f(x) = e^{-x^2}$  esetén.

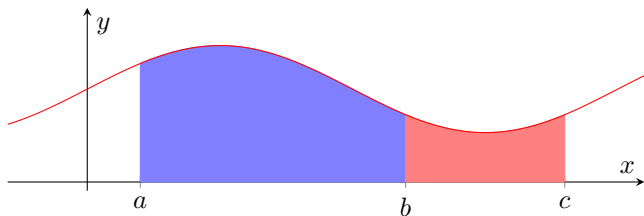
De azt tudjuk, hogy  $\int_0^\infty e^{-x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$ .

# Additivitás

Tétel:

Ha  $a < b < c$  és az  $f(x)$  függvény integrálható az  $[a, c]$  intervallumon, akkor

$$\int_a^b f(x) dx + \int_b^c f(x) dx = \int_a^c f(x) dx.$$



## Egy feladat

Határozzuk meg az  $y = x^2$  parabola és az  $y = 2x + 3$  egyenes által határolt (korlátos) síkidom területét!

## Egy feladat

Határozzuk meg az  $y = x^2$  parabola és az  $y = 2x + 3$  egyenes által határolt (korlátos) síkidom területét!

Először számoljuk ki a metszéspontokat!

$$x^2 = 2x + 3$$

$$x^2 - 2x - 3 = 0$$

$$x_{1,2} = \frac{2 \pm \sqrt{4 - 4(-3)}}{2} = \frac{2 \pm 4}{2} = \begin{matrix} 3 \\ -1 \end{matrix}$$

Így tehát a következő integrál kell:

$$\int_{-1}^3 2x + 3 - x^2 \, dx = \left[ x^2 + 3x - \frac{x^3}{3} \right]_{-1}^3 = (9 + 9 - 9) - \left( 1 - 3 - \frac{-1}{3} \right) = \frac{32}{3}$$

