

Séries de Taylor – Série Binomial

Luis Alberto D'Afonseca

Integração e Séries



<https://material-didatico.github.io/pages/is>

Conteúdo

Série Binomial

Exemplos

Lista Mínima

Como avaliar funções potência?

Como avaliar funções potência?

► $f(x) = x^r$

Como avaliar funções potência?

Como avaliar funções potência?

► $f(x) = x^r$

► $f(x) = \sqrt[3]{x}$

Como avaliar funções potência?

Como avaliar funções potência?

▶ $f(x) = x^r$

▶ $f(x) = \sqrt[3]{x}$

▶ $f(x) = x^{5/7}$

Derivadas da Função Binomial

Construir a série de Taylor da função $f(x) = (1 + x)^\alpha$ onde α é uma constante

$$f^{(0)}(x) = (1 + x)^\alpha$$

Derivadas da Função Binomial

Construir a série de Taylor da função $f(x) = (1 + x)^\alpha$ onde α é uma constante

$$f^{(0)}(x) = (1 + x)^\alpha$$

$$f^{(1)}(x) = (1 + x)^{\alpha-1} \alpha$$

Derivadas da Função Binomial

Construir a série de Taylor da função $f(x) = (1 + x)^\alpha$ onde α é uma constante

$$f^{(0)}(x) = (1 + x)^\alpha$$

$$f^{(1)}(x) = (1 + x)^{\alpha-1} \alpha$$

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

Derivadas da Função Binomial

Construir a série de Taylor da função $f(x) = (1 + x)^\alpha$ onde α é uma constante

$$f^{(0)}(x) = (1 + x)^\alpha$$

$$f^{(1)}(x) = (1 + x)^{\alpha-1} \alpha$$

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

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

Derivadas da Função Binomial

Construir a série de Taylor da função $f(x) = (1+x)^\alpha$ onde α é uma constante

$$f^{(0)}(x) = (1+x)^\alpha$$

$$f^{(1)}(x) = (1+x)^{\alpha-1} \alpha$$

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

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

$$\vdots$$

$$f^{(n)}(x) = (1+x)^{\alpha-n} \alpha(\alpha-1)(\alpha-2) \cdots (\alpha-(n-1))$$

Derivadas da Função Binomial

Construir a série de Taylor da função $f(x) = (1+x)^\alpha$ onde α é uma constante

$$f^{(0)}(x) = (1+x)^\alpha$$

$$f^{(1)}(x) = (1+x)^{\alpha-1} \alpha$$

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

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

$\vdots$

$$f^{(n)}(x) = (1+x)^{\alpha-n} \alpha(\alpha-1)(\alpha-2) \cdots (\alpha-(n-1))$$

$$= (1+x)^{\alpha-n} \alpha(\alpha-1)(\alpha-2) \cdots (\alpha-n+1)$$

Derivadas da Função Binomial em Zero

Avaliando as derivadas em $x = 0$ temos $(1 + x)^p = 1$ para todo p

$$f^{(0)}(0) = 1$$

$$f^{(1)}(0) = \alpha$$

$$f^{(2)}(0) = \alpha(\alpha - 1)$$

$$f^{(3)}(0) = \alpha(\alpha - 1)(\alpha - 2)$$

$$\vdots$$

$$f^{(n)}(0) = \alpha(\alpha - 1)(\alpha - 2) \cdots (\alpha - n + 1)$$

Coeficientes de Taylor da Função Binomial

Os coeficientes $c_n = \frac{f^{(n)}}{n!}$ da Série de Taylor são

$$c_0 = 1$$

$$c_1 = \alpha$$

$$c_2 = \frac{\alpha(\alpha - 1)}{2}$$

$$c_3 = \frac{\alpha(\alpha - 1)(\alpha - 2)}{3!}$$

$$\vdots$$

$$c_n = \frac{\alpha(\alpha - 1)(\alpha - 2) \cdots (\alpha - n + 1)}{n!}$$

Coeficiente Binomial

Número maneiras de escolher n elementos de um total de k

Coeficiente Binomial

Número maneiras de escolher n elementos de um total de k

$$\binom{k}{n}$$

Coeficiente Binomial

Número maneiras de escolher n elementos de um total de k

$$\binom{k}{n} = \frac{k!}{n!(k-n)!}$$

Coeficiente Binomial

Número maneiras de escolher n elementos de um total de k

$$\begin{aligned}\binom{k}{n} &= \frac{k!}{n!(k-n)!} \\ &= \frac{k(k-1)\cdots(k-n+1)(k-n)!}{n!(k-n)!}\end{aligned}$$

Coeficiente Binomial

Número maneiras de escolher n elementos de um total de k

$$\begin{aligned}\binom{k}{n} &= \frac{k!}{n!(k-n)!} \\ &= \frac{k(k-1)\cdots(k-n+1)(k-n)!}{n!(k-n)!} \\ &= \frac{k(k-1)(k-2)\cdots(k-n+1)}{n!}\end{aligned}$$

Coeficiente Binomial

Por similaridade, definimos para α real

$$\binom{\alpha}{0} = 1$$

$$\binom{\alpha}{1} = \alpha$$

$$\binom{\alpha}{n} = \frac{\alpha(\alpha - 1) \cdots (\alpha + 1 - n)}{n!} \quad n \geq 2$$

Série Binomial

Para $\alpha \in \mathbb{R}$ e $-1 < x < 1$ temos

Série Binomial

Para $\alpha \in \mathbb{R}$ e $-1 < x < 1$ temos

$$(1+x)^\alpha = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{\alpha}{n} x^n$$

Série Binomial

Para $\alpha \in \mathbb{R}$ e $-1 < x < 1$ temos

$$\begin{aligned}(1+x)^\alpha &= \sum_{n=0}^{\infty} \binom{\alpha}{n} x^n \\ &= \binom{\alpha}{0} x^0 + \binom{\alpha}{1} x^1 + \binom{\alpha}{2} x^2 + \binom{\alpha}{3} x^3 + \dots\end{aligned}$$

Série Binomial

Para $\alpha \in \mathbb{R}$ e $-1 < x < 1$ temos

$$\begin{aligned}(1+x)^\alpha &= \sum_{n=0}^{\infty} \binom{\alpha}{n} x^n \\&= \binom{\alpha}{0} x^0 + \binom{\alpha}{1} x^1 + \binom{\alpha}{2} x^2 + \binom{\alpha}{3} x^3 + \dots \\&= 1 + \alpha x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} x^2 + \binom{\alpha}{3} x^3 + \binom{\alpha}{4} x^4 + \dots\end{aligned}$$

Série Binomial

Para $\alpha \in \mathbb{R}$ e $-1 < x < 1$ temos

$$\begin{aligned}(1+x)^\alpha &= \sum_{n=0}^{\infty} \binom{\alpha}{n} x^n \\&= \binom{\alpha}{0} x^0 + \binom{\alpha}{1} x^1 + \binom{\alpha}{2} x^2 + \binom{\alpha}{3} x^3 + \dots \\&= 1 + \alpha x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} x^2 + \binom{\alpha}{3} x^3 + \binom{\alpha}{4} x^4 + \dots\end{aligned}$$

Verificaremos depois que a série é igual a função no intervalo especificado.

Conteúdo

Série Binomial

Exemplos

Lista Mínima

Exemplo 1

Encontre a Série de Taylor da função $\sqrt{x+1}$

Exemplo 1

Sabemos que

$$(1+x)^{\alpha} = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{\alpha}{n} x^n$$

Exemplo 1

Sabemos que

$$(1+x)^{\alpha} = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{\alpha}{n} x^n$$

portanto

Exemplo 1

Sabemos que

$$(1+x)^{\alpha} = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{\alpha}{n} x^n$$

portanto

$$\sqrt{x+1}$$

Exemplo 1

Sabemos que

$$(1+x)^{\alpha} = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{\alpha}{n} x^n$$

portanto

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

Exemplo 1

Sabemos que

$$(1+x)^{\alpha} = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{\alpha}{n} x^n$$

portanto

$$\sqrt{x+1} = (1+x)^{1/2} = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{1/2}{n} x^n$$

Exemplo 2

Encontre o Polinômio de Taylor de terceiro grau da função $\sqrt{x+1}$

Exemplo 2

A série de Taylor da função é

$$\sqrt{x+1} = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{1/2}{n} x^n$$

Exemplo 2

A série de Taylor da função é

$$\sqrt{x+1} = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{1/2}{n} x^n$$

Portanto o Polinômio de Taylor de terceiro grau é

$$P_3(x) = \sum_{n=0}^3 \binom{1/2}{n} x^n$$

Exemplo 2

$$P_3(x) = \sum_{n=0}^3 \binom{1/2}{n} x^n$$

Exemplo 2

$$\begin{aligned} P_3(x) &= \sum_{n=0}^3 \binom{1/2}{n} x^n \\ &= \binom{1/2}{0} x^0 \end{aligned}$$

Exemplo 2

$$\begin{aligned}P_3(x) &= \sum_{n=0}^3 \binom{1/2}{n} x^n \\&= \binom{1/2}{0} x^0 + \binom{1/2}{1} x^1\end{aligned}$$

Exemplo 2

$$\begin{aligned} P_3(x) &= \sum_{n=0}^3 \binom{1/2}{n} x^n \\ &= \binom{1/2}{0} x^0 + \binom{1/2}{1} x^1 + \binom{1/2}{2} x^2 \end{aligned}$$

Exemplo 2

$$\begin{aligned}P_3(x) &= \sum_{n=0}^3 \binom{1/2}{n} x^n \\&= \binom{1/2}{0} x^0 + \binom{1/2}{1} x^1 + \binom{1/2}{2} x^2 + \binom{1/2}{3} x^3\end{aligned}$$

Exemplo 2

$$P_3(x) = \sum_{n=0}^3 \binom{1/2}{n} x^n$$

$$= \binom{1/2}{0} x^0 + \binom{1/2}{1} x^1 + \binom{1/2}{2} x^2 + \binom{1/2}{3} x^3$$

$$= 1$$

Exemplo 2

$$\begin{aligned}P_3(x) &= \sum_{n=0}^3 \binom{1/2}{n} x^n \\&= \binom{1/2}{0} x^0 + \binom{1/2}{1} x^1 + \binom{1/2}{2} x^2 + \binom{1/2}{3} x^3 \\&= 1 + \frac{1}{2}x\end{aligned}$$

Exemplo 2

$$\begin{aligned}P_3(x) &= \sum_{n=0}^3 \binom{1/2}{n} x^n \\&= \binom{1/2}{0} x^0 + \binom{1/2}{1} x^1 + \binom{1/2}{2} x^2 + \binom{1/2}{3} x^3 \\&= 1 + \frac{1}{2}x + \frac{1/2(1/2-1)}{2!}x^2\end{aligned}$$

Exemplo 2

$$\begin{aligned}P_3(x) &= \sum_{n=0}^3 \binom{1/2}{n} x^n \\&= \binom{1/2}{0} x^0 + \binom{1/2}{1} x^1 + \binom{1/2}{2} x^2 + \binom{1/2}{3} x^3 \\&= 1 + \frac{1}{2}x + \frac{1/2(1/2-1)}{2!}x^2 + \frac{1/2(1/2-1)(1/2-2)}{3!}x^3\end{aligned}$$

Exemplo 2

$$\begin{aligned}P_3(x) &= \sum_{n=0}^3 \binom{1/2}{n} x^n \\&= \binom{1/2}{0} x^0 + \binom{1/2}{1} x^1 + \binom{1/2}{2} x^2 + \binom{1/2}{3} x^3 \\&= 1 + \frac{1}{2}x + \frac{1/2(1/2-1)}{2!}x^2 + \frac{1/2(1/2-1)(1/2-2)}{3!}x^3 \\&= 1 + \frac{x}{2} - \frac{x^2}{8} + \frac{x^3}{16}\end{aligned}$$

Exemplo 3

Encontre a Série de Taylor da função $\sqrt[3]{x}$

Exemplo 3 – Obtendo a Série

Escrevemos a função na forma binomial

$$\sqrt[3]{x}$$

Exemplo 3 – Obtendo a Série

Escrevemos a função na forma binomial

$$\sqrt[3]{x} = x^{1/3}$$

Exemplo 3 – Obtendo a Série

Escrevemos a função na forma binomial

$$\sqrt[3]{x} = x^{1/3} = (1 + (x - 1))^{1/3}$$

Exemplo 3 – Obtendo a Série

Escrevemos a função na forma binomial

$$\sqrt[3]{x} = x^{1/3} = (1 + (x - 1))^{1/3} = (1 + y)^{1/3}$$

onde $y = x - 1$

Exemplo 3 – Obtendo a Série

Escrevemos a função na forma binomial

$$\sqrt[3]{x} = x^{1/3} = (1 + (x - 1))^{1/3} = (1 + y)^{1/3}$$

onde $y = x - 1$

Usando a Série Binomial

$$(1 + y)^{1/3} = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{1/3}{n} y^n \quad y \in (-1, 1)$$

Exemplo 3 – Convergência

Desfazendo a mudança de variáveis

Exemplo 3 – Convergência

Desfazendo a mudança de variáveis

$$-1 < y < 1$$

Exemplo 3 – Convergência

Desfazendo a mudança de variáveis

$$-1 < y < 1$$

$$-1 < x - 1 < 1$$

Exemplo 3 – Convergência

Desfazendo a mudança de variáveis

$$-1 < y < 1$$

$$-1 < x - 1 < 1$$

$$0 < x < 2$$

Exemplo 3 – Convergência

Desfazendo a mudança de variáveis

$$-1 < y < 1$$

$$-1 < x - 1 < 1$$

$$0 < x < 2$$

A série converge para $x \in (0, 2)$

Exemplo 3 – Examinando os Termos da Série

$$\sqrt[3]{x}$$

Exemplo 3 – Examinando os Termos da Série

$$\sqrt[3]{x} = \sum_{n=0}^{\infty} \binom{1/3}{n} (x-1)^n$$

Exemplo 3 – Examinando os Termos da Série

$$\begin{aligned}\sqrt[3]{x} &= \sum_{n=0}^{\infty} \binom{1/3}{n} (x-1)^n \\ &= \binom{1/3}{0} (x-1)^0 + \binom{1/3}{1} (x-1)^1 + \binom{1/3}{2} (x-1)^2 + \binom{1/3}{3} (x-1)^3 + \dots\end{aligned}$$

Exemplo 3 – Examinando os Termos da Série

$$\begin{aligned}\sqrt[3]{x} &= \sum_{n=0}^{\infty} \binom{1/3}{n} (x-1)^n \\&= \binom{1/3}{0} (x-1)^0 + \binom{1/3}{1} (x-1)^1 + \binom{1/3}{2} (x-1)^2 + \binom{1/3}{3} (x-1)^3 + \dots \\&= 1 + \frac{1}{3}(x-1) + \frac{1/3(1/3-1)}{2}(x-1)^2 + \frac{1/3(1/3-1)(1/3-2)}{3!}(x-1)^3 + \dots\end{aligned}$$

Exemplo 3 – Examinando os Termos da Série

$$\begin{aligned}\sqrt[3]{x} &= \sum_{n=0}^{\infty} \binom{1/3}{n} (x-1)^n \\&= \binom{1/3}{0} (x-1)^0 + \binom{1/3}{1} (x-1)^1 + \binom{1/3}{2} (x-1)^2 + \binom{1/3}{3} (x-1)^3 + \dots \\&= 1 + \frac{1}{3}(x-1) + \frac{1/3(1/3-1)}{2}(x-1)^2 + \frac{1/3(1/3-1)(1/3-2)}{3!}(x-1)^3 + \dots \\&= 1 + \frac{1}{3}(x-1) - \frac{1}{9}(x-1)^2 + \frac{5}{81}(x-1)^3 + \dots\end{aligned}$$

Conteúdo

Série Binomial

Exemplos

Lista Mínima

Lista Mínima

Estudar a Seção 8.1 da Apostila

Exercício: 8

Atenção: A prova é baseada no livro, não nas apresentações