ANALISI MATEMATICA 1 - LEZIONE 18

ESEMPI

• Calcolare T_5 di $tg(x)$ in $x_0=0$.

Invece di fare il calcolo diretto determiniamo T_5 utilizzando gli sviluppi noti di $sen(x)$ e $\cos(x)$:

$$tg(x)=\frac{sen(x)}{\cos(x)}=\frac{x-\frac{x^3}{3!}+\frac{x^5}{5!}+o(x^5)}{1-\frac{x^2}{2!}+\frac{x^4}{4!}+o(x^4)}$$

$$=\left(x-\frac{x^3}{3!}+\frac{x^5}{5!}+o(x^5)\right)(1-t)^{-1} \qquad t=\frac{x^2}{2!}-\frac{x^4}{4!}+o(x^4)\to 0$$

$$=(\cdots)(1+t+t^2+o(t^2))$$

$$=(\cdots)\left(1+\left(\frac{x^2}{2!}-\frac{x^4}{4!}+o(x^4)\right)+\left(\frac{x^2}{2!}-\frac{x^4}{4!}+o(x^4)\right)^2+o((x^2)^2)\right)$$

$$=(\cdots)\left(1+\frac{x^2}{2}-\frac{x^4}{24}+\frac{x^4}{4}+o(x^4)\right)$$

$$=\left(x-\frac{x^3}{6}+\frac{x^5}{120}+o(x^5)\right)\cdot\left(1+\frac{x^2}{2}+\frac{5x^4}{24}+o(x^4)\right)$$

$$=x+x^3\underbrace{\left(-\frac{1}{6}+\frac{1}{2}\right)}_{\frac{-1+3}{6}=\frac{1}{3}}+x^5\underbrace{\left(\frac{1}{120}-\frac{1}{6\cdot 2}+\frac{5}{24}\right)}_{\frac{1-10+25}{120}=\frac{16}{120}=\frac{2}{15}}+o(x^5)$$

$$=x+\frac{x^3}{3}+\frac{2x^5}{15}+o(x^5)$$

Per l'unicità di T_5 segue che

$$T_5(x)=x+\frac{x^3}{3}+\frac{2x^5}{15}.$$

- $$\lim_{x\to 0} \frac{tg(x)+arctg(x)-2x}{x\log(1+x^2)-x^3} = ?$$

$$= \lim_{x\to 0} \frac{\cancel{x}+\cancel{\frac{x^3}{3}}+\frac{2x^5}{15}+\cancel{x}-\cancel{\frac{x^3}{3}}+\frac{x^5}{5}-\cancel{2x}+o(x^5)}{x\left(\cancel{x^2}-\frac{x^4}{2}+o(x^4)\right)-\cancel{x^3}}$$

$$= \lim_{x\to 0} \frac{\frac{1}{3}x^5+o(x^5)}{-\frac{1}{2}x^5+o(x^5)} = -\frac{2}{3}.$$

- Calcolare T_3 di $\dfrac{\sqrt{1-x^2}}{sen(2x)+e^{-x}}$ in $x_0=0$.

$$(sen(2x)+e^{-x})^{-1}$$

$$=\left(2x-\frac{(2x)^3}{3!}+o(x^3)+1+(-x)+\frac{(-x)^2}{2!}+\frac{(-x)^3}{3!}+o(x^3)\right)^{-1}$$

$$=\Big(1+\underbrace{x+\frac{x^2}{2}-\frac{3x^3}{2}+o(x^3)}_{=t\to 0}\Big)^{-1}$$

$$(1+t)^{-1} = 1-t+t^2-t^3+o(t^3)$$

$$=1-\left(x+\frac{x^2}{2}-\frac{3x^3}{2}+o(x^3)\right)+\left(x^2+x^3+o(x^3)\right)-\left(x^3+o(x^3)\right)$$

$$=1-x+x^2\Big(\underbrace{-\frac{1}{2}+1}_{1/2}\Big)+x^3\left(\frac{3}{2}+\cancel{1}-\cancel{1}\right)+o(x^3)$$

Così

$$\sqrt{1-x^2}\cdot(sen(2x)+e^{-x})^{-1}$$

$$=\left(1-\frac{x^2}{2}+o(x^3)\right)\left(1-x+\frac{x^2}{2}+\frac{3x^3}{2}+o(x^3)\right)$$

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

$$=1-x+2x^3+o(x^3).$$

Quindi $T_3(x)=1-x+2x^3$.

- Tracciare il grafico di $f(x)=(x-3)\,e^{\operatorname{arctg}(x)}$.

f è continua nel dominio $D=\mathbb{R}$.

Segno di f: $\quad - - - - - - - \;\; 3 \;\; + + + + + +$

$$\lim_{x\to\pm\infty}(x-3)\,e^{\operatorname{arctg}(x)}=\pm\infty$$

Asintoto per $x\to+\infty$,

$$\operatorname{arctg}x+\operatorname{arctg}\frac{1}{x}=\begin{cases}\frac{\pi}{2} & \text{se } x>0\\ -\frac{\pi}{2} & \text{se } x<0\end{cases}$$

$$f(x)=(x-3)\,e^{\operatorname{arctg}(x)}=(x-3)\,e^{\frac{\pi}{2}-\operatorname{arctg}\left(\frac{1}{x}\right)}$$

$$=e^{\frac{\pi}{2}}(x-3)\,e^{-\frac{1}{x}+o\left(\frac{1}{x}\right)}=e^{\frac{\pi}{2}}(x-3)\left(1-\frac{1}{x}+o\left(\frac{1}{x}\right)\right)$$

$$=e^{\frac{\pi}{2}}\left(x-3-1+\frac{3}{x}+o(1)\right)=e^{\frac{\pi}{2}}(x-4)+o(1).$$

Quindi l'asintoto per $x\to+\infty$ è $y=e^{\frac{\pi}{2}}(x-4)$.

In modo simile si trova che l'asintoto per $x\to-\infty$ è $y=e^{-\frac{\pi}{2}}(x-4)$.

Derivata prima: per $x\in\mathbb{R}$

$$f'(x)=e^{\operatorname{arctg}(x)}+(x-3)\,e^{\operatorname{arctg}(x)}\cdot\frac{1}{1+x^2}$$

$$=\frac{e^{\operatorname{arctg}(x)}}{1+x^2}\,(\underbrace{x^2+x-2}_{(x-1)(x+2)})$$

f': $\quad + + + + \;\; -2 \;\; - - - \;\; 1 \;\; + + + +$

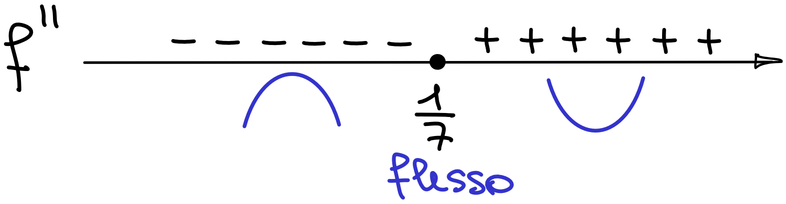
-2: max rel $\qquad 1$: min rel

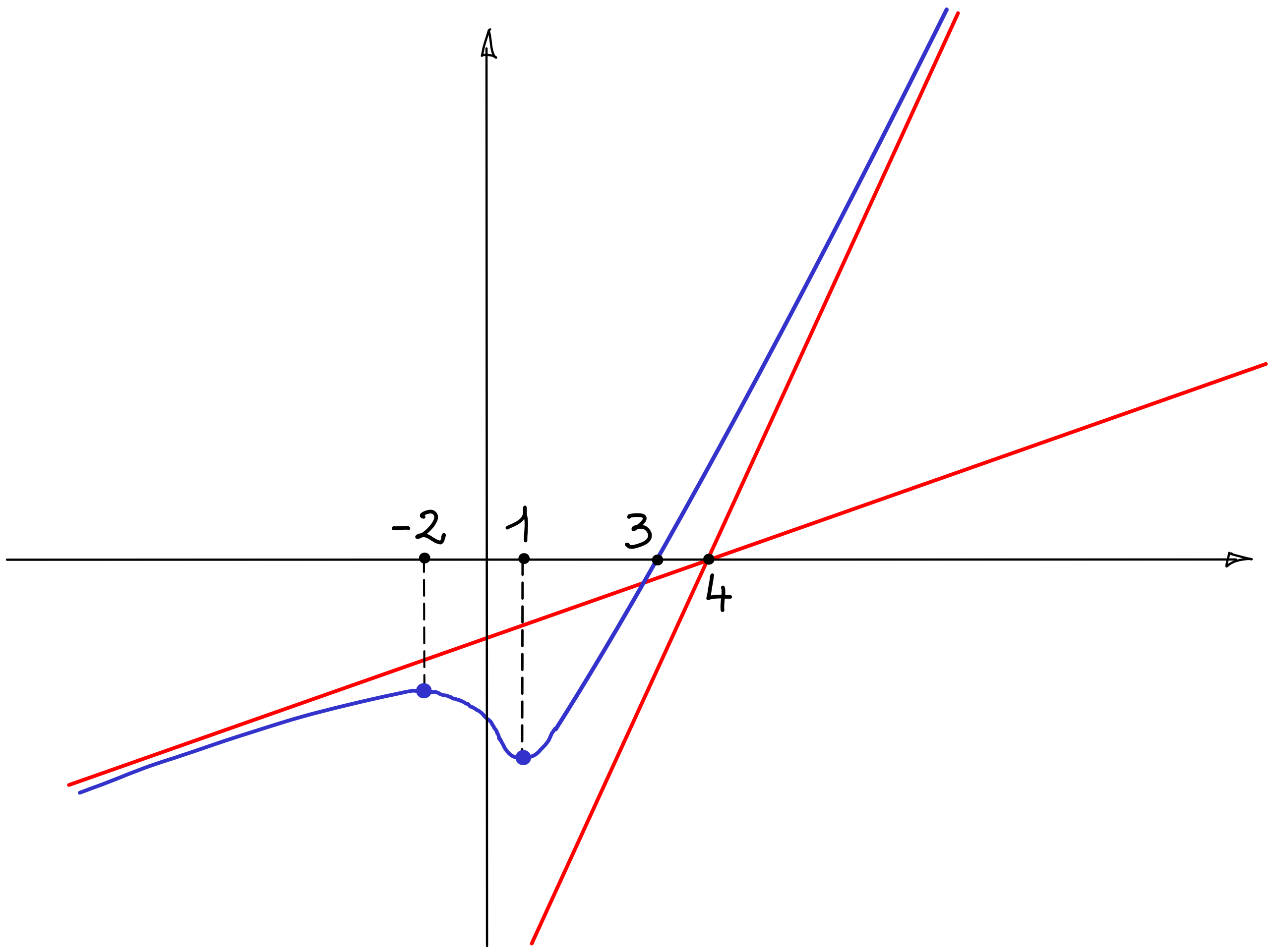
Derivata seconda: per $x \in \mathbb{R}$

$$f''(x) = \frac{e^{\operatorname{arctg}(x)}}{1+x^2} \cdot \frac{(x^2+x-2)}{1+x^2} + e^{\operatorname{arctg}(x)} \frac{(2x+1)(1+x^2)-(x^2+x-2)2x}{(1+x^2)^2}$$

$$2x+1+\cancel{2x^3}+x^2-\cancel{2x^3}-2x^2+4x$$

$$= \frac{e^{\operatorname{arctg}(x)}}{(1+x^2)^2} \cdot (\underbrace{\cancel{x^2}+x-2-\cancel{x^2}+6x+1}_{7x-1})$$





- Determinare il numero di soluzioni di
$$x - \log(|x-m|) = 0$$
al variare di $m \in \mathbb{R}$.

Consideriamo la funzione
$$f(x) = x - \log(|x-m|)$$
f è continua in $(-\infty, m) \cup (m, +\infty)$. Inoltre
$$\lim_{x \to \pm\infty} f(x) = \pm\infty \, , \quad \lim_{x \to m^\pm} f(x) = +\infty$$
Derivata prima: per $x \neq m$:
$$f'(x) = 1 - \frac{1}{|x-m|} \cdot \overbrace{\left(\frac{|x-m|}{x-m}\right)}^{\pm 1} = 1 - \frac{1}{x-m} = \frac{x-(m+1)}{x-m}$$

$$f' \quad \begin{array}{ccccc} + + + + & \times & - - - & \bullet & + + + + \\ & m & & m+1 & \end{array}$$

min rel $\to f(m+1) = m+1$

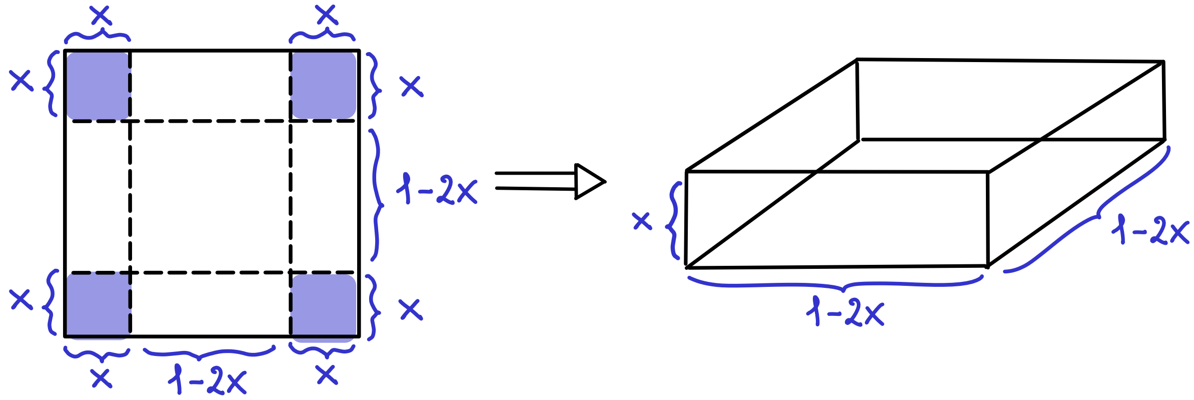
1) f è strett. crescente in $(-\infty, m)$ e $f((-\infty, m)) = \mathbb{R}$

2) f è strett. decrescente in $(m, m+1]$ e
$$f((m, m+1]) = [f(m+1), +\infty) = [m+1, +\infty)$$

3) f è strett. crescente in $[m+1, +\infty)$ e
$$f([m+1, +\infty)) = [f(m+1), +\infty) = [m+1, +\infty)$$

Quindi
$$x - \log(|x-m|) = 0 \text{ ha } \begin{cases} 3 \text{ soluzioni se } m < -1 \\ 2 \text{ soluzioni se } m = -1 \\ 1 \text{ soluzione se } m > -1 \end{cases}$$

• Per costruire una scatola senza coperchio si ritagliano 4 quadrati uguali dagli angoli di un quadrato di lato 1.



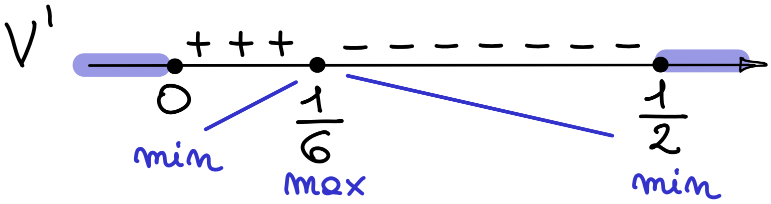
Qual è la scatola di volume massimo?

Il lato x dei quadrati da tagliare può variare nell'intervallo $\left[0, \frac{1}{2}\right]$ in modo che $1-2x \geq 0$.
Il volume della scatola è

$$V(x) = (1-2x)^2 \cdot x.$$

Dato che

$$\begin{aligned} V'(x) &= 2(1-2x)\cdot(-2)x + (1-2x)^2 \\ &= (1-2x)(-4x+1-2x) \\ &= (1-2x)(1-6x) \end{aligned}$$



Quindi la scatola di volume massimo ha dimensioni $\frac{2}{3} \times \frac{2}{3} \times \frac{1}{6}$ e $V_{max} = V\left(\frac{1}{6}\right) = \frac{2}{27}$.

Si noti che $V(0) = V\left(\frac{1}{2}\right) = 0$.