

■ **PROBLEMA 2**

Si consideri la funzione f definita sull'intervallo $[0; +\infty[$ da:

$$\begin{cases} f(0) = 1 \\ f(x) = \frac{1}{2}x^2(3 - 2\log x) + 1 \text{ se } x > 0 \end{cases}$$

e sia C la sua curva rappresentativa nel riferimento Oxy , ortogonale e monometrico.

1. Si stabilisca se f è *continua* e *derivabile* in 0.
2. Si dimostri che l'equazione $f(x) = 0$ ha, sull'intervallo $[0; +\infty[$, un'unica radice reale e se ne calcoli un valore approssimato con due cifre decimali esatte.
3. Si disegni C e si determini l'equazione della retta r tangente a C nel punto di ascissa $x = 1$.
4. Sia n un intero naturale non nullo. Si esprima, in funzione di n , l'area A_n del dominio piano delimitato dalla curva C , dalla retta tangente r e dalle due rette: $x = \frac{1}{n}$ e $x = 1$.
5. Si calcoli il limite per $n \rightarrow +\infty$ di A_n e si interpreti il risultato ottenuto.

PROBLEMA 2

1. Una funzione è continua in un punto x_0 se $\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = f(x_0)$. In questo caso, poiché la funzione ha come campo di esistenza $x \geq 0$, esaminiamo la continuità a destra di 0. Si ha:

$$\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{1}{2} x^2 (3 - 2 \log x) + 1 = 1 = f(0).$$

Infatti per il teorema di De L'Hopital si ha $\lim_{x \rightarrow 0^+} x^2 \log x = 0$. La funzione è continua in 0.

Una funzione è derivabile in un punto x_0 se esiste ed è finito

$$\lim_{b \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + b) - f(x_0)}{b}.$$

In questo caso:

$$\lim_{b \rightarrow 0^+} \frac{f(b) - f(0)}{b} = \lim_{b \rightarrow 0^+} \frac{\frac{1}{2} b^2 (3 - 2 \log b) + 1 - 1}{b} = \lim_{b \rightarrow 0^+} \frac{1}{2} b (3 - 2 \log b) = 0$$

quindi la funzione è derivabile in 0.

2. $Df(x) = \frac{1}{2} (2x(3 - 2 \log x) - \frac{2}{x} x^2) = 2x(1 - \log x)$, quindi la funzione è crescente quando $\log x < 1$, cioè in $]0; e[$, mentre è decrescente in $]e; +\infty[$. In $x = e$ c'è un punto di massimo: $f(e) = \frac{1}{2} e^2 + 1 > 0$. Inoltre $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = [+\infty \cdot (-\infty)] = -\infty$. In $]1; +\infty[$, quindi, la funzione deve attraversare l'asse x per il

teorema di esistenza degli zeri. Inoltre, essendo la funzione decrescente in tale intervallo, il punto di intersezione tra la funzione e l'asse x è unico.

Per stimare il valore della soluzione si può procedere, per esempio, con il metodo di bisezione. Notiamo innanzitutto che $f(4) \approx 2,82 > 0$, mentre $f(5) \approx -1,74 < 0$.

a	$f(a)$	b	$f(b)$	$(a+b)/2$	$f[(a+b)/2]$
4	2,82	5	-1,74	4,5	0,92
4,5	0,92	5	-1,74	4,75	-0,31
4,5	0,92	4,75	-0,31	4,625	0,33

E così via fino alla precisione voluta (la soluzione è circa 4,6901).

3. Per disegnare C , oltre ad utilizzare gli elementi studiati nel punto 2, calcoliamo

$$f''(x) = 2 \left[1 - \log x + x \left(-\frac{1}{x} \right) \right] = -2 \log x. \text{ La concavità è rivolta verso l'alto quando } -2 \log x > 0, \text{ cioè quando } x < 1, \text{ mentre è rivolta verso l'alto per } x > 1. \text{ In } x = 1 \text{ c'è un punto di flesso obliquo } (f'(1) = 2). \text{ La generica retta tangente alla curva } f(x) \text{ in un punto } x_0 \text{ è } y - f(x_0) = f'(x_0)(x - x_0). \text{ Sostituendo } x_0 = 1 \text{ si ottiene } y - \frac{5}{2} = 2(x - 1) \text{ quindi } y = 2x + \frac{1}{2} \text{ (tangente inflessionale).}$$

Rappresentiamo il grafico di C (figura 2)

4. L'area A_n richiesta è data dal seguente integrale

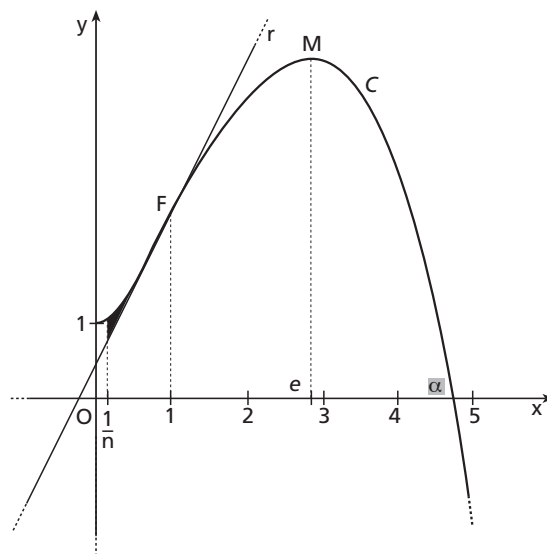
$$\begin{aligned} \int_{\frac{1}{n}}^1 \left[f(x) - \left(2x + \frac{1}{2} \right) \right] dx &= \\ &= \int_{\frac{1}{n}}^1 \left[\frac{1}{2} x^2 (3 - 2 \log x) + 1 - 2x - \frac{1}{2} \right] dx. \\ \int \left[\frac{1}{2} x^2 (3 - 2 \log x) + 1 - 2x - \frac{1}{2} \right] dx &= \\ &= \frac{1}{2} x^3 - x^2 + \frac{1}{2} x - \int x^2 \log x \, dx = \\ &= (\text{integrando per parti}) \\ &= \frac{1}{2} x^3 - x^2 + \frac{1}{2} x - \frac{x^3}{3} \log x + \int \frac{x^3}{3} \frac{1}{x} dx = \\ &= \frac{1}{2} x^3 - x^2 + \frac{1}{2} x - \frac{x^3}{3} \log x + \frac{x^3}{9} + c = \\ &= \frac{11}{18} x^3 - x^2 + \frac{1}{2} x - \frac{x^3}{3} \log x + c. \end{aligned}$$

$$\text{L'area richiesta è } A_n = \left[\frac{11}{18} x^3 - x^2 + \frac{1}{2} x - \frac{x^3}{3} \log x \right]_{\frac{1}{n}}^1 = \frac{1}{9} - \frac{11}{18} \frac{1}{n^3} + \frac{1}{n^2} - \frac{1}{2} \frac{1}{n} - \frac{1}{3} \frac{1}{n^3} \log n$$

5. Calcoliamo $\lim_{n \rightarrow +\infty} A_n$. Si ha: $\lim_{n \rightarrow +\infty} A_n = \frac{1}{9}$ perché il secondo, il terzo e il quarto termine nel limite sono della forma $\left[\frac{a}{+\infty} \right]$, mentre l'ultimo tende a 0 per la regola del confronto tra infiniti. Visto che $\lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1}{n} = 0$, il risultato ottenuto rappresenta

$$\int_0^1 \left[\frac{1}{2} x^2 (3 - 2 \log x) + \frac{1}{2} - 2x \right] dx,$$

che geometricamente si può interpretare come l'area compresa tra la curva e la retta r tra 0 e 1.



▲ Figura 2.