

## 1.9 Serie di Fourier - Esercizi proposti

### Esercizio 1.9.1

Determinare il periodo  $T$  delle seguenti funzioni.

$$f_1(x) = \sin(2x - 3); \quad f_2(x) = \cos(x/2) + \cos 2x;$$

$$f_3(x) = 1 + \sin(3x) + \cos(x/3);$$

$$f_4(x) = |\cos(x)| + \sin x; \quad f_5(x) = 1 - \sin x \cos(x).$$

$$[T_1 = \pi, T_2 = 4\pi, T_3 = 6\pi, T_4 = 2\pi, T_5 = \pi \text{ (essendo } f_5(x) = 1 - \sin(2x)/2)]$$

### Esercizio 1.9.2

Tracciare il grafico delle funzioni definite su  $\mathbf{R}$ , che nell'intervallo  $[0, \pi)$  sono uguali alla funzione  $f(x) = \sin(2x)$  e che soddisfano le seguenti proprietà:

- 1)  $2\pi$ -periodica, pari;      2)  $2\pi$ -periodica, dispari;      3)  $\pi$ -periodica.

Determinare il periodo minimo della funzione risultante.

$$[T_1 = 2\pi, T_2 = T_3 = \pi]$$

### Esercizio 1.9.3

Data la funzione  $f(x) = \sin^2 x + \cos 3x - 5$ , si chiede di:

1. calcolarne lo sviluppo in serie di Fourier;
2. determinarne il periodo;
3. studiare la convergenza quadratica, puntuale, totale di tale sviluppo.

$$[f(x) = -9/2 - (1/2) \cos 2x + \cos 3x, T = 2\pi, \text{ nessun problema di convergenza}]$$

### Esercizio 1.9.4

Determinare lo sviluppo in serie di Fourier della funzione definita in  $\mathbf{R}$ , periodica di periodo  $2\pi$  e definita in  $(-\pi, \pi)$  come

$$f(x) = \begin{cases} 0 & -\pi < x \leq 0 \\ x & 0 \leq x < \pi \end{cases}$$

Studiare la convergenza quadratica, puntuale, totale di tale sviluppo. Scrivere l'uguaglianza di Parseval e da questa determinare la somma della serie

$$S = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^4}.$$

$$[f(x) = \frac{\pi}{4} - \frac{2}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\cos(2n+1)x}{(2n+1)^2} + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{\sin nx}{n};$$

$$\frac{5}{24} \pi^2 = \frac{4}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^4} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2}; \quad \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^4} = \frac{\pi^4}{96}]$$

### Esercizio 1.9.5

- a) Sviluppare in serie di Fourier la funzione  $f(x)$ , periodica di periodo  $2\pi$ , pari e tale che

$$f(x) = x(\pi - x) \text{ per } x \in [0, \pi].$$

- b) Verificare che

$$\sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{i^2} = \frac{\pi^2}{6} \quad \text{e che} \quad \sum_{i=1}^{\infty} \frac{(-1)^{i+1}}{i^2} = \frac{\pi^2}{12}.$$

c) Discutere il tipo di convergenza.

d) Sviluppare in serie di Fourier la funzione  $g(x)$  periodica di periodo  $\pi$  tale che

$$g(x) = \frac{\pi^2}{4} - x^2 \quad \text{per} \quad \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right].$$

[a)  $f(x) = \frac{\pi^2}{6} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos(2nx)}{n^2}$ ; b) si ottengono ponendo  $x = 0$  e  $x = \pi/2$  nello sviluppo di  $f(x)$ ; c) la convergenza è totale in  $\mathbf{R}$  d) osservando che  $g(x) = f(x + \pi/2)$ , si sostituisce nella serie di Fourier  $x + \pi/2$  al posto di  $x$  e si utilizzano le opportune identità trigonometriche.]

### Esercizio 1.9.6

a) Sviluppare in serie di Fourier la funzione  $f(x)$ , periodica di periodo  $2\pi$ , dispari e tale che

$$f(x) = x(\pi - x) \quad \text{per} \quad x \in [0, \pi].$$

b) Determinare lo sviluppo di Fourier di  $g(x) = f(x + \frac{\pi}{2})$ .

[a)  $f(x) = \frac{8}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin(2n+1)x}{(2n+1)^3}$ ; b) si sostituisce nello sviluppo di  $f(x)$ ;  $g(x)$  è pari]

### Esercizio 1.9.7

Scrivere la serie di Fourier della funzione  $f(x)$ ,  $2\pi$ -periodica definita da

$$f(x) = \sin \frac{x}{2} \quad \text{per} \quad x \in (-\pi, \pi)$$

e discuterne il tipo di convergenza.

[ $f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{\pi} \frac{8n}{4n^2-1} \sin nx$ ; la serie converge puntualmente a 0 per  $x = (2n+1)\pi$  e a  $f(x)$  negli altri punti; converge quadraticamente; non converge totalmente in  $\mathbf{R}$ ].