



**Calcolo integrale — Compito di pre-esonero**  
**17 Marzo 2023 — Compito n. 00082**

**Istruzioni:** le prime due caselle (**V** / **F**) permettono di selezionare la risposta vero/falso. La casella "**C**" serve a correggere eventuali errori invertendo la risposta data. Per selezionare una casella, annerirla completamente: ☐ (non ☐ o ☐).

**Nome:** \_\_\_\_\_

**Cognome:** \_\_\_\_\_

**Matricola:**

--	--	--	--	--	--	--

**Punteggi:** 1 punto per ogni risposta esatta, 0 punti per risposte sbagliate o lasciate in bianco.

	1A	1B	1C	1D	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D	4A	4B	4C	4D
V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1) Sia  $a_k \geq 0$  una successione tale che

$$\sum_{k=1}^{+\infty} a_k \text{ è convergente.}$$

**1A)** La successione  $\frac{a_k}{a_k+6}$  tende a zero.

**1B)** La serie di termine generico  $\sin(7a_k)$  è convergente.

**1C)** La serie di termine generico  $\frac{\cos(a_k)}{k^7}$  è divergente.

**1D)** La serie di termine generico  $k^8 a_k$  può divergere.

2) Dire se le seguenti affermazioni sono vere o false

**2A)**

$$\sum_{k=1}^{+\infty} (e^{\frac{6}{k}} - 1)^2 \text{ diverge.}$$

**2B)**

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{10^k k^5}{k!} \text{ converge.}$$

**2C)**

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(-1)^k}{\sqrt[9]{k}} \text{ converge.}$$

**2D)**

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(-1)^{15k}}{k^3} \text{ converge assolutamente.}$$

**3)** Sia  $f(x) = \cos(9x)$ .

**3A)** Il raggio di convergenza della serie di Taylor di  $f(x)$  è infinito.

**3B)** Il coefficiente del termine di grado 2 della serie di Taylor di  $f(x)$  è diverso da zero.

**3C)** Se  $g(x) = x^7 f(x)$ , si ha  $g^{(8)}(0) = 7!$ .

**3D)** Si ha  $f^{(4)}(0) = 9^4$ .

4) Si consideri la serie di potenze

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{a_k}{10^k} (x-7)^k.$$

**4A)** Il centro della serie è  $x_0 = 0$ .

**4B)** Se  $a_k = 12$  per ogni  $k$ , il raggio di convergenza delle serie è  $R = \frac{1}{10}$ .

**4C)** Se  $a_k = 9^k$ , il raggio di convergenza della serie è  $R = \frac{9}{10}$ .

**4D)** Se  $a_k = \frac{1}{k^9}$ , la serie converge per  $x = 17$ .

**Docente:** \_\_\_\_\_

--	--	--	--	--	--	--	--

Cognome

Nome

Matricola

Compito 00082

---

5) a) Studiare la convergenza della serie

$$\sum_{k=1}^{+\infty} k^{11} \tan\left(\frac{9k^8}{2^k}\right).$$

b) Studiare la convergenza della serie

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \sqrt[10]{k} \left( e^{\frac{1}{k}} - 1 - \frac{1}{k} \right).$$

c) Scrivere la serie di Taylor di  $f(x) = x^9 e^{6x}$  e calcolare  $f^{(8)}(0)$ .

d) Data  $f(x) = \cos(8x^2)$ , si calcolino  $f^{(4)}(0)$  e  $f^{(5)}(0)$ .

---

--	--	--	--	--	--	--	--

Cognome

Nome

Matricola

Compito 00082

---

6) Si consideri la serie di potenze

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(x-10)^k}{k}.$$

- a) Si determini il centro della serie.
  - b) Si determini il raggio di convergenza della serie.
  - c) Si determini l'insieme di convergenza della serie.
  - d) Si calcoli  $f'(x)$ .
-

## Soluzioni del compito 00082

1) Sia  $a_k \geq 0$  una successione tale che

$$\sum_{k=1}^{+\infty} a_k \quad \text{è convergente.}$$

---

**1A)** La successione  $\frac{a_k}{a_k+6}$  tende a zero.

**Vero:** Dato che la serie di termine generico  $a_k$  è convergente, la successione  $a_k$  è infinitesima. Pertanto,

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{a_k}{a_k + 6} = \frac{0}{0 + 6} = 0.$$

---

**1B)** La serie di termine generico  $\sin(7 a_k)$  è convergente.

**Vero:** Dato che la successione  $a_k$  tende a zero (essendo la serie di termine generico  $a_k$  convergente), si ha

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{\sin(7 a_k)}{a_k} = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{\sin(7 a_k)}{7 a_k} 7 = 1 \cdot 7 = 7 \in (0, +\infty).$$

Per il criterio del confronto asintotico, la serie data converge.

---

**1C)** La serie di termine generico  $\frac{\cos(a_k)}{k^7}$  è divergente.

**Falso:** Dato che  $\cos(a_k)$  tende a 1 (si ricordi che la successione  $a_k$  tende a zero perché la serie è convergente), si ha

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{\cos(a_k)}{\frac{1}{k^7}} = 1.$$

Per il criterio del confronto asintotico, la serie data ha lo stesso comportmento della serie di termine generico  $\frac{1}{k^7}$ , che converge essendo una serie armonica generalizzata di esponente  $\alpha = 7 > 1$ .

---

**1D)** La serie di termine generico  $k^8 a_k$  può divergere.

**Vero:** Ad esempio, se  $a_k = \frac{1}{k^2}$ , la serie di termine generico  $k^8 a_k = k^6$  è divergente.

---

2) Dire se le seguenti affermazioni sono vere o false

---

2A)

$$\sum_{k=1}^{+\infty} (e^{\frac{6}{k}} - 1)^2 \text{ diverge.}$$

**Falso:** Ricordando che

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^x - 1}{x} = 1,$$

si ha

$$e^{\frac{6}{k}} - 1 \approx \frac{6}{k},$$

e quindi

$$(e^{\frac{6}{k}} - 1)^2 \approx \left(\frac{6}{k}\right)^2 = \frac{6^2}{k^2}.$$

Dato che la serie di termine generico  $\frac{6^2}{k^2}$  è convergente (essendo una serie armonica generalizzata di esponente  $\alpha = 2 > 1$ ), la serie data converge per il criterio del confronto asintotico.

---

2B)

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{10^k k^5}{k!} \text{ converge.}$$

**Vero:** Applichiamo il criterio del rapporto: si ha

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{a_{k+1}}{a_k} = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{\frac{10^{k+1} (k+1)^5}{(k+1)!}}{\frac{10^k k^5}{k!}} = \lim_{k \rightarrow +\infty} 10 \left(\frac{k+1}{k}\right)^5 \frac{1}{k+1} = 10 \cdot 1^5 \cdot 0 = 0 < 1,$$

e quindi la serie converge.

---

2C)

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(-1)^k}{\sqrt[9]{k}} \text{ converge.}$$

**Vero:** Dato che la successione  $a_k = \frac{1}{\sqrt[9]{k}}$  è positiva, decrescente e infinitesima, la serie converge per il criterio di Leibnitz.

---

2D)

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(-1)^{15k}}{k^3} \text{ converge assolutamente.}$$

**Vero:** Si ha

$$\left| \frac{(-1)^{15k}}{k^3} \right| = \frac{1}{k^3}.$$

Dato che la serie di termine generico  $\frac{1}{k^3}$  converge (essendo una serie armonica generalizzata di esponente  $\alpha = 3 > 1$ ), la serie data converge assolutamente.

---

**3)** Sia  $f(x) = \cos(9x)$ .

---

Ricordando che

$$\cos(t) = \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(-1)^k}{(2k)!} t^{2k}, \quad \forall t \in \mathbb{R},$$

si ha, per il principio di sostituzione,

$$(1) \quad f(x) = \cos(9x) = \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(-1)^k}{(2k)!} (9x)^{2k} = \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(-1)^k 9^{2k}}{(2k)!} x^{2k}, \quad \forall x \in \mathbb{R}.$$

---

**3A)** Il raggio di convergenza della serie di Taylor di  $f(x)$  è infinito.

**Vero:** Dalla (1) segue che il raggio di convergenza della serie è infinito.

---

**3B)** Il coefficiente del termine di grado 2 della serie di Taylor di  $f(x)$  è diverso da zero.

**Vero:** Dalla (1) si ha che

$$f(x) = 1 - \frac{9^2}{2} x^2 + \text{termini di grado superiore a } 2,$$

e quindi il coefficiente del termine di grado 2 vale  $-\frac{81}{2}$ , che è diverso da zero.

---

**3C)** Se  $g(x) = x^7 f(x)$ , si ha  $g^{(8)}(0) = 7!$ .

**Falso:** Dalla (1) segue che

$$g(x) = x^7 f(x) = x^7 \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(-1)^k 9^{2k}}{(2k)!} x^{2k} = x^7 - \frac{9^2}{2} x^9 + o(x^9).$$

Dall'ultima espressione, si vede che  $g^{(8)}(0) = 0$ .

---

**3D)** Si ha  $f^{(4)}(0) = 9^4$ .

**Vero:** Dalla (1), si vede facilmente che il termine di grado 4 nella serie di Taylor di  $f(x)$  è

$$a_4 = \frac{(-1)^2 9^4}{4!} = \frac{9^4}{4!},$$

da cui segue che  $f^{(4)}(0) = a_4 \cdot 4! = 9^4$ .

---

4) Si consideri la serie di potenze

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{a_k}{10^k} (x-7)^k.$$

---

Ricordiamo che una serie di potenze è una serie della forma

$$(1) \quad f(x) = \sum_{k=1}^{+\infty} a_k (x-x_0)^k,$$

e che  $x_0$  si dice il centro della serie.

---

**4A)** Il centro della serie è  $x_0 = 0$ .

**Falso:** Dalla (1), segue che il centro della serie è  $x_0 = 7 \neq 0$ .

---

**4B)** Se  $a_k = 12$  per ogni  $k$ , il raggio di convergenza della serie è  $R = \frac{1}{10}$ .

**Falso:** Se  $a_k = 12$  per ogni  $k$ , i coefficienti della serie di potenze sono

$$b_k = \frac{12}{10^k}.$$

Si ha

$$L = \lim_{k \rightarrow \infty} \sqrt[k]{b_k} = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{\sqrt[k]{12}}{10} = \frac{1}{10},$$

da cui segue che il raggio di convergenza della serie è  $R = \frac{1}{L} = 10 \neq \frac{1}{10}$ .

---

**4C)** Se  $a_k = 9^k$ , il raggio di convergenza della serie è  $R = \frac{9}{10}$ .

**Falso:** Se  $a_k = 9^k$ , i coefficienti della serie di potenze sono

$$b_k = \frac{9^k}{10^k} = \left(\frac{9}{10}\right)^k.$$

Dato che

$$L = \lim_{k \rightarrow +\infty} \sqrt[k]{b_k} = \frac{9}{10},$$

il raggio di convergenza della serie è  $R = \frac{1}{L} = \frac{10}{9} \neq \frac{9}{10}$ .

---

**4D)** Se  $a_k = \frac{1}{k^9}$ , la serie converge per  $x = 17$ .

**Vero:** Se  $a_k = \frac{1}{k^9}$  e  $x = 17$  la serie diventa

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{1}{k^9} \frac{(17-7)^k}{10^k} = \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{1}{k^9} \frac{10^k}{10^k} = \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{1}{k^9},$$

e l'ultima serie è convergente essendo una serie armonica generalizzata di esponente  $\alpha = 9 > 1$ .

---

5) a) Studiare la convergenza della serie

$$\sum_{k=1}^{+\infty} k^{11} \tan\left(\frac{9k^8}{2^k}\right).$$

b) Studiare la convergenza della serie

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \sqrt[10]{k} \left( e^{\frac{1}{k}} - 1 - \frac{1}{k} \right).$$

c) Scrivere la serie di Taylor di  $f(x) = x^9 e^{6x}$  e calcolare  $f^{(8)}(0)$ .

d) Data  $f(x) = \cos(8x^2)$ , si calcolino  $f^{(4)}(0)$  e  $f^{(5)}(0)$ .

---

**Soluzione:**

a) Ricordando che

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan(x)}{x} = 1, \quad \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{9k^8}{2^k} = 0,$$

si ha

$$a_k = k^{11} \tan\left(\frac{9k^8}{2^k}\right) \approx \frac{9k^{19}}{2^k} = b_k.$$

Applicando il criterio del rapporto alla serie di termine generico  $b_k$  si ha

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{b_{k+1}}{b_k} = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{9(k+1)^{19}}{2^{k+1}} \frac{2^k}{9k^{19}} = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{1}{2} \left( \frac{k+1}{k} \right)^{19} = \frac{1}{2} \cdot 1 = \frac{1}{2} < 1,$$

e quindi la serie di termine generico  $b_k$  è convergente. Per il criterio del confronto asintotico, anche la serie di termine generico  $a_k$  è convergente.

b) Ricordando che

$$e^t = 1 + t + \frac{t^2}{2} + o(t^2),$$

si ha che

$$e^{\frac{1}{k}} - 1 - \frac{1}{k} = \frac{1}{2k^2} + o(k^{-2}).$$

Pertanto,

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{e^{\frac{1}{k}} - 1 - \frac{1}{k}}{\frac{1}{k^2}} = \frac{1}{2},$$

da cui segue che

$$\sqrt[10]{k} \left( e^{\frac{1}{k}} - 1 - \frac{1}{k} \right) \approx k^{\frac{1}{10}} \frac{1}{k^2} = \frac{1}{k^{\frac{19}{10}}}.$$

Dato che la serie di termine generico  $\frac{1}{k^{\frac{19}{10}}}$  è convergente (come serie armonica generalizzata di esponente  $\alpha = \frac{19}{10} > 1$ ), la serie data è convergente per il criterio del confronto asintotico.

c) Ricordando che

$$e^t = \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{t^k}{k!}, \quad \forall t \in \mathbb{R},$$

si ha

$$e^{6x} = \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{6^k}{k!} x^k,$$

e quindi

$$f(x) = x^9 e^{6x} = \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{6^k}{k!} x^{k+9}.$$

Dato che nella serie non compaiono termini di grado 8 (il grado minimo è 9, corrispondente a  $k = 0$ ), si ha  $f^{(8)}(0) = 0$ .



**d)** Ricordando che

$$\cos(t) = \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(-1)^k}{(2k)!} t^{2k} = 1 - \frac{t^2}{2} + \frac{t^4}{24} + o(t^4),$$

si ha

$$f(x) = \cos(8x^2) = 1 - \frac{(8x^2)^2}{2} + \frac{(8x^2)^4}{24} + o(x^8) = 1 - 32x^4 + 0 \cdot x^5 + o(x^5),$$

da cui segue che  $f^{(4)}(0) = -32 \cdot 4!$  e che  $f^{(5)}(0) = 0$ .

6) Si consideri la serie di potenze

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(x-10)^k}{k}.$$

- a) Si determini il centro della serie.
  - b) Si determini il raggio di convergenza della serie.
  - c) Si determini l'insieme di convergenza della serie.
  - d) Si calcoli  $f'(x)$ .
- 

**Soluzione:**

a) Ricordando che la forma generale di una serie di potenze è

$$f(x) = \sum_{k=0}^{+\infty} a_k (x - x_0)^k,$$

dove  $x_0$  è il centro della serie, il centro della serie proposta è  $x_0 = 10$ .

b) Dato che  $a_k = \frac{1}{k}$ , si ha

$$L = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{a_{k+1}}{a_k} = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{\frac{1}{k+1}}{\frac{1}{k}} = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{k}{k+1} = 1,$$

da cui segue che il raggio di convergenza della serie è  $R = \frac{1}{L} = 1$ .

c) Dato che  $R = 1$ , la serie converge se  $x$  è tale che  $|x - 10| < 1$ , ovvero se  $x$  appartiene a  $(9, 11)$  e non converge se  $|x - 10| > 1$ . Rimangono da studiare i due casi  $x = 11$  e  $x = 9$ . Sostituendo si ottengono le due serie

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{1}{k}, \quad \text{e} \quad \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(-1)^k}{k}.$$

La prima diverge, mentre la seconda converge per il criterio di Leibnitz. Ne segue che l'insieme di convergenza della serie è l'intervallo  $I = [9, 11)$ .

d) Si ha, per  $x$  in  $I$ ,

$$f'(x) = \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{k(x-10)^{k-1}}{k} = \sum_{k=1}^{+\infty} (x-10)^{k-1} = \sum_{h=0}^{+\infty} (x-10)^h = \frac{1}{1 - (x-10)} = \frac{1}{11 - x}.$$