



Calcolo integrale — Compito di pre-esonero
17 Marzo 2023 — Compito n. 00018

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 $\frac{a_k}{a_k+4}$ tende a zero.

1B) La serie di termine generico $\sin(2a_k)$ è divergente.

1C) La serie di termine generico $\frac{\cos(a_k)}{k^3}$ è convergente.

1D) La serie di termine generico $k^{10} a_k$ può divergere.

2) Dire se le seguenti affermazioni sono vere o false

2A)

$$\sum_{k=1}^{+\infty} (e^{\frac{10}{k}} - 1)^5 \text{ diverge.}$$

2B)

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{8^k k^5}{k!} \text{ converge.}$$

2C)

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(-1)^k}{\sqrt[3]{k}} \text{ è indeterminata.}$$

2D)

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(-1)^{3k}}{k^{10}} \text{ converge assolutamente.}$$

3) Sia $f(x) = \cos(7x)$.

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

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

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

3D) Si ha $f^{(8)}(0) = 7^8$.

4) Si consideri la serie di potenze

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{a_k}{9^k} (x-4)^k.$$

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

4B) Se $a_k = 6$ per ogni k , il raggio di convergenza delle serie è $R = \frac{1}{9}$.

4C) Se $a_k = 8^k$, il raggio di convergenza della serie è $R = \frac{8}{9}$.

4D) Se $a_k = \frac{1}{k^5}$, la serie converge per $x = 13$.

Docente: _____

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

Cognome

Nome

Matricola

Compito 00018

5) a) Studiare la convergenza della serie

$$\sum_{k=1}^{+\infty} k^9 \tan\left(\frac{2k^4}{7^k}\right).$$

b) Studiare la convergenza della serie

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

c) Scrivere la serie di Taylor di $f(x) = x^8 e^{3x}$ e calcolare $f^{(7)}(0)$.

d) Data $f(x) = \cos(6x^2)$, si calcolino $f^{(4)}(0)$ e $f^{(5)}(0)$.

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

Cognome

Nome

Matricola

Compito 00018

6) Si consideri la serie di potenze

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(x-8)^k}{k}.$$

- 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 00018

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

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

1A) La successione $\frac{a_k}{a_k+4}$ tende a zero.

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

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{a_k}{a_k + 4} = \frac{0}{0 + 4} = 0.$$

1B) La serie di termine generico $\sin(2 a_k)$ è divergente.

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

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{\sin(2 a_k)}{a_k} = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{\sin(2 a_k)}{2 a_k} 2 = 1 \cdot 2 = 2 \in (0, +\infty).$$

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

1C) La serie di termine generico $\frac{\cos(a_k)}{k^3}$ è convergente.

Vero: 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

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{\cos(a_k)}{\frac{1}{k^3}} = 1.$$

Per il criterio del confronto asintotico, la serie data ha lo stesso comportamento della serie di termine generico $\frac{1}{k^3}$, che converge essendo una serie armonica generalizzata di esponente $\alpha = 3 > 1$.

1D) La serie di termine generico $k^{10} a_k$ può divergere.

Vero: Ad esempio, se $a_k = \frac{1}{k^2}$, la serie di termine generico $k^{10} a_k = k^8$ è divergente.

2) Dire se le seguenti affermazioni sono vere o false

2A)

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \left(e^{\frac{10}{k}} - 1\right)^5 \text{ diverge.}$$

Falso: Ricordando che

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

si ha

$$e^{\frac{10}{k}} - 1 \approx \frac{10}{k},$$

e quindi

$$\left(e^{\frac{10}{k}} - 1\right)^5 \approx \left(\frac{10}{k}\right)^5 = \frac{10^5}{k^5}.$$

Dato che la serie di termine generico $\frac{10^5}{k^5}$ è convergente (essendo una serie armonica generalizzata di esponente $\alpha = 5 > 1$), la serie data converge per il criterio del confronto asintotico.

2B)

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{8^k k^5}{k!} \text{ converge.}$$

Vero: Applichiamo il criterio del rapporto: si ha

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{a_{k+1}}{a_k} = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{\frac{8^{k+1} (k+1)^5}{(k+1)!}}{\frac{8^k k^5}{k!}} = \lim_{k \rightarrow +\infty} 8 \left(\frac{k+1}{k}\right)^5 \frac{1}{k+1} = 8 \cdot 1^5 \cdot 0 = 0 < 1,$$

e quindi la serie converge.

2C)

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(-1)^k}{\sqrt[3]{k}} \text{ è indeterminata.}$$

Falso: Dato che la successione $a_k = \frac{1}{\sqrt[3]{k}}$ è positiva, decrescente e infinitesima, la serie converge per il criterio di Leibnitz.

2D)

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(-1)^{3k}}{k^{10}} \text{ converge assolutamente.}$$

Vero: Si ha

$$\left| \frac{(-1)^{3k}}{k^{10}} \right| = \frac{1}{k^{10}}.$$

Dato che la serie di termine generico $\frac{1}{k^{10}}$ converge (essendo una serie armonica generalizzata di esponente $\alpha = 10 > 1$), la serie data converge assolutamente.

3) Sia $f(x) = \cos(7x)$.

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,

$$(1) \quad f(x) = \cos(7x) = \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(-1)^k}{(2k)!} (7x)^{2k} = \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{(-1)^k 7^{2k}}{(2k)!} x^{2k}, \quad \forall x \in \mathbb{R}.$$

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

Falso: 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 uguale a zero.

Falso: Dalla (1) si ha che

$$f(x) = 1 - \frac{7^2}{2} x^2 + \text{termini di grado superiore a } 2,$$

e quindi il coefficiente del termine di grado 2 vale $-\frac{49}{2}$, che è diverso da zero.

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

Falso: Dalla (1) segue che

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

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

3D) Si ha $f^{(8)}(0) = 7^8$.

Vero: Dalla (1), si vede facilmente che il termine di grado 8 nella serie di Taylor di $f(x)$ è

$$a_8 = \frac{(-1)^4 7^8}{8!} = \frac{7^8}{8!},$$

da cui segue che $f^{(8)}(0) = a_8 \cdot 8! = 7^8$.

4) Si consideri la serie di potenze

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{a_k}{9^k} (x-4)^k.$$

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 $x_0 = 4 \neq 0$.

4B) Se $a_k = 6$ per ogni k , il raggio di convergenza delle serie è $R = \frac{1}{9}$.

Falso: Se $a_k = 6$ per ogni k , i coefficienti della serie di potenze sono

$$b_k = \frac{6}{9^k}.$$

Si ha

$$L = \lim_{k \rightarrow \infty} \sqrt[k]{b_k} = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{\sqrt[k]{6}}{9} = \frac{1}{9},$$

da cui segue che il raggio di convergenza della serie è $R = \frac{1}{L} = 9 \neq \frac{1}{9}$.

4C) Se $a_k = 8^k$, il raggio di convergenza della serie è $R = \frac{8}{9}$.

Falso: Se $a_k = 8^k$, i coefficienti della serie di potenze sono

$$b_k = \frac{8^k}{9^k} = \left(\frac{8}{9}\right)^k.$$

Dato che

$$L = \lim_{k \rightarrow +\infty} \sqrt[k]{b_k} = \frac{8}{9},$$

il raggio di convergenza della serie è $R = \frac{1}{L} = \frac{9}{8} \neq \frac{8}{9}$.

4D) Se $a_k = \frac{1}{k^5}$, la serie converge per $x = 13$.

Vero: Se $a_k = \frac{1}{k^5}$ e $x = 13$ la serie diventa

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{1}{k^5} \frac{(13-4)^k}{9^k} = \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{1}{k^5} \frac{9^k}{9^k} = \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{1}{k^5},$$

e l'ultima serie è convergente essendo una serie armonica generalizzata di esponente $\alpha = 5 > 1$.

5) a) Studiare la convergenza della serie

$$\sum_{k=1}^{+\infty} k^9 \tan\left(\frac{2k^4}{7^k}\right).$$

b) Studiare la convergenza della serie

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

c) Scrivere la serie di Taylor di $f(x) = x^8 e^{3x}$ e calcolare $f^{(7)}(0)$.

d) Data $f(x) = \cos(6x^2)$, si calcolino $f^{(4)}(0)$ e $f^{(5)}(0)$.

Soluzione:

a) Ricordando che

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan(x)}{x} = 1, \quad \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{2k^4}{7^k} = 0,$$

si ha

$$a_k = k^9 \tan\left(\frac{2k^4}{7^k}\right) \approx \frac{2k^{13}}{7^k} = b_k.$$

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

$$\lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{b_{k+1}}{b_k} = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{2(k+1)^{13}}{7^{k+1}} \frac{7^k}{2k^{13}} = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{1}{7} \left(\frac{k+1}{k} \right)^{13} = \frac{1}{7} \cdot 1 = \frac{1}{7} < 1,$$

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

$$\sqrt[9]{k} \left(e^{\frac{1}{k}} - 1 - \frac{1}{k} \right) \approx k^{\frac{1}{9}} \frac{1}{k^2} = \frac{1}{k^{\frac{17}{9}}}.$$

Dato che la serie di termine generico $\frac{1}{k^{\frac{17}{9}}}$ è convergente (come serie armonica generalizzata di esponente $\alpha = \frac{17}{9} > 1$), 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

$$e^{3x} = \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{3^k}{k!} x^k,$$

e quindi

$$f(x) = x^8 e^{3x} = \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{3^k}{k!} x^{k+8}.$$

Dato che nella serie non compaiono termini di grado 7 (il grado minimo è 8, corrispondente a $k = 0$), si ha $f^{(7)}(0) = 0$.

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

$$f(x) = \cos(6x^2) = 1 - \frac{(6x^2)^2}{2} + \frac{(6x^2)^4}{24} + o(x^8) = 1 - 18x^4 + 0 \cdot x^5 + o(x^5),$$

da cui segue che $f^{(4)}(0) = -18 \cdot 4!$ e che $f^{(5)}(0) = 0$.

6) Si consideri la serie di potenze

$$\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(x-8)^k}{k}.$$

- 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 $x_0 = 8$.

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 $|x - 8| < 1$, ovvero se x appartiene a $(7, 9)$ e non converge se $|x - 8| > 1$. Rimangono da studiare i due casi $x = 9$ e $x = 7$. 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 $I = [7, 9)$.

d) Si ha, per x in I ,

$$f'(x) = \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{k(x-8)^{k-1}}{k} = \sum_{k=1}^{+\infty} (x-8)^{k-1} = \sum_{h=0}^{+\infty} (x-8)^h = \frac{1}{1 - (x-8)} = \frac{1}{9-x}.$$