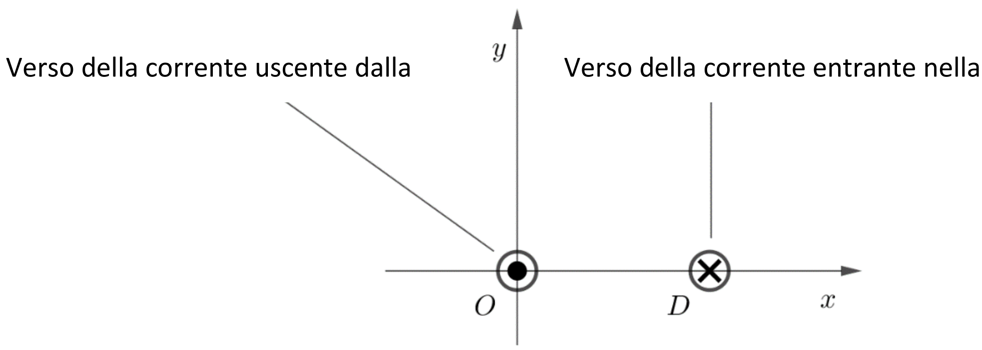
## PROBLEMA 1

**Due fili rettilinei paralleli vincolati a rimanere nella loro posizione, distanti 1 m l'uno dall'altro e di lunghezza indefinita, sono percorsi da correnti costanti di pari intensità ma verso opposto; si indichi con *i* l'intensità di corrente, espressa in ampere (A). Si consideri un piano perpendicolare ai due fili sul quale è fissato un sistema di riferimento ortogonale *Oxy*, dove le lunghezze sono espresse in metri (m), in modo che i due fili passino uno per l'origine *O* e l'altro per il punto $D(1,0)$, come mostrato in figura.**




1. **Verificare che l'intensità del campo magnetico $\vec{B}$, espresso in tesla (T), in un punto $P(x,0)$,con $0 < x < 1$, è data dalla funzione $B(x) = K\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{1-x}\right)$, dove $K$ è una costante positiva della quale si richiede l'unità di misura. Stabilire quali sono la direzione e il verso del vettore $\vec{B}$ al variare di $x$ nell'intervallo $(0,1)$. Per quale valore di $x$ l'intensità di $\vec{B}$ è minima?**

2. **Nella zona di spazio sede del campo $\vec{B}$, una carica puntiforme $q$ transita, ad un certo istante, per il punto $C\left(\frac{1}{2},0\right)$, con velocità di modulo $v_0$ nella direzione della retta di equazione $x = \frac{1}{2}$. Descriverne il moto in presenza del solo campo magnetico generato dalle due correnti, giustificando le conclusioni.**

   **Stabilire intensità, direzione e verso del campo magnetico $\vec{B}$ nei punti dell'asse $x$ esterni al segmento $OD$. Esistono punti sull'asse $x$ dove il campo magnetico $\vec{B}$ è nullo?**

3. **Indipendentemente da ogni riferimento alla fisica, studiare la funzione $f(x) = K\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{1-x}\right)$ dimostrando, in particolare, che il grafico di tale funzione non possiede punti di flesso. Scrivere l'equazione della retta $r$ tangente al grafico di $f$ nel suo punto di ascissa $\frac{1}{3}$ e determinare le coordinate dell'ulteriore punto d'intersezione tra $r$ e il grafico di $f$.**

4. **Calcolare il valore dell'integrale**

$$\int_{1/4}^{3/4} \boldsymbol{f(x)\,dx}$$

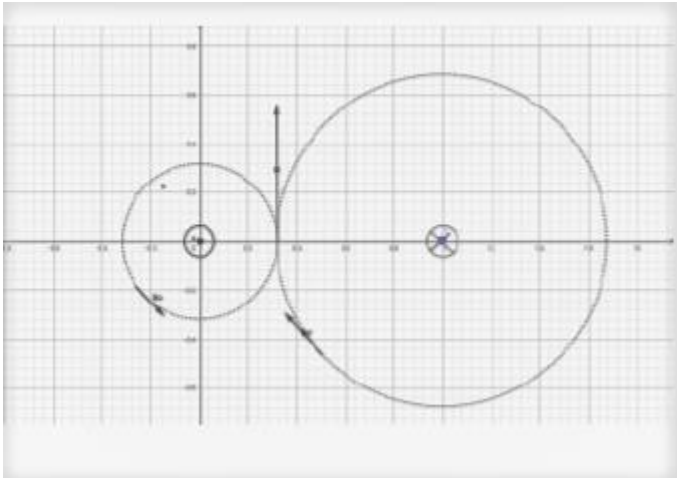
**ed interpretare geometricamente il risultato ottenuto. Esprimere, per $t \geq 2$, l'integrale**

$$\boldsymbol{g(t)} = \int_2^t |\boldsymbol{f(x)}|\,\boldsymbol{dx}$$

**e calcolare $\lim_{t\to+\infty} g(t)$. Qual è il significato di tale limite?**

## Soluzione

Un filo rettilineo, di lunghezza teoricamente infinita, percorso da corrente crea un campo magnetico, le cui linee di forza sono circonferenze, poste su piani perpendicolari al filo e con centro sul filo. Applicando la regola della mano destra al filo di sinistra il campo ruota in senso orario, a quello di sinistra in senso antiorario, nel punto P si sommano. la risultante è perpendicolare all'asse x e diretta verso nel senso positivo delle y.



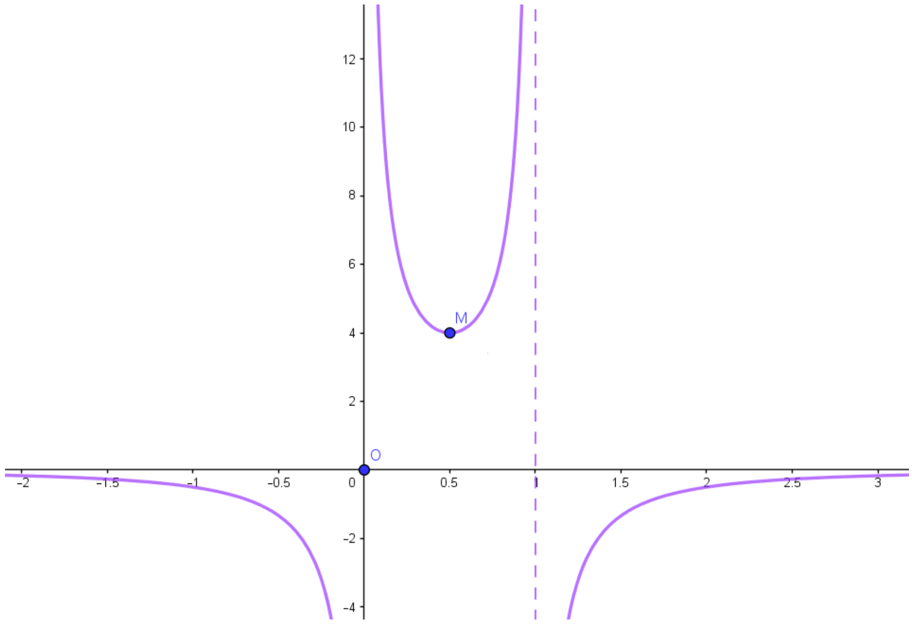
L'intensità del campo è data da: $B = i\frac{\mu_0}{2\pi r}$ nel nostro caso:

$$B = \frac{k}{x} \quad , \quad posto \quad r = x \quad e \qquad k = i\frac{\mu_0}{2\pi}$$

La risultante ha intensità: $B = \frac{k}{x} + \frac{k}{1-x}$

Essendo k definita come sopra ed essendo $[\mu_0] = [T \cdot m \cdot A^{-1}]$ come si deduce facilmente dall'espressione di B per il solenoide: B=$\mu_0$iN/l, allora $[k] = [T \cdot m]$.

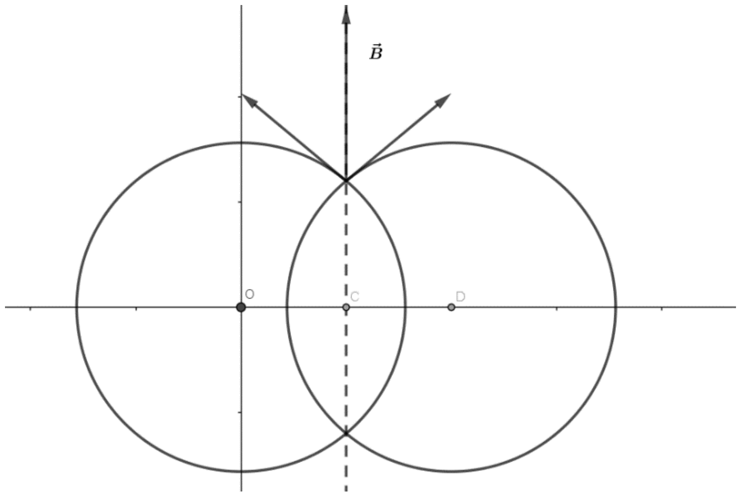
Visto che la funzione $y = \frac{k}{x} + \frac{k}{1-x}$ ha il seguente grafico, che può essere evidenziato con una calcolatrice grafica, avendo posto k=1




e che la derivata: $\frac{2x-1}{x^2(x-1)^2}$ fornisce un minimo a x=1/, l'intensità minima di B si ha nel punto medio fra O e D.

2. Se la carica q transita in C con velocità parallela la retta $x = \frac{1}{2}$ ,la sua velocità forma un angolo $\alpha$=0° con B, quindi la forza di Lorentz: F = q·v·B·sen$\alpha$ = 0. La carica si muoverà di moto uniforme comunque si sposti sulla retta

$x = \frac{1}{2}$ *in quanto il campo risultante avrà sempre la stessa direzione.*



Nei punti dell'asse con x<0, $B_o$ è diretto verso il basso, $B_D$ verso l'alto,

$$B = k\left(-\frac{1}{|x|} + \frac{1}{1+|x|}\right) = \frac{k}{x} + \frac{k}{1-x} = k\left(\frac{1}{x(1-x)}\right)$$

i due campi hanno direzioni opposte, ma non si annullano reciprocamente.

Se x>1, $B_o$ è verso l'alto e $B_D$ verso il basso:

$$B = k\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{x-1}\right) = k\,\frac{-1}{x(x-1)}$$

L'espressione è la stessa, il campo non si annulla.

3. $f(x) = k\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{1-x}\right)$ , k>0:

dominio: $\forall x \neq 0, \forall x \neq 1$

intersezioni con gli assi nessuna.

Segno:$f(x) > 0 \quad per\ 0 < x < 1$

$(f(x) < 0 \ per\ x < 0\ vel\ x < 1$

Comportamento agli estremi:

$\lim_{x\to\pm\infty} f(x) = 0^- \to y = 0$ è $asintoto\ orizzontale$

$$\lim_{x\to 0^-} f(x) = -\infty \qquad \lim_{x\to 0^+} f(x) = +\infty$$

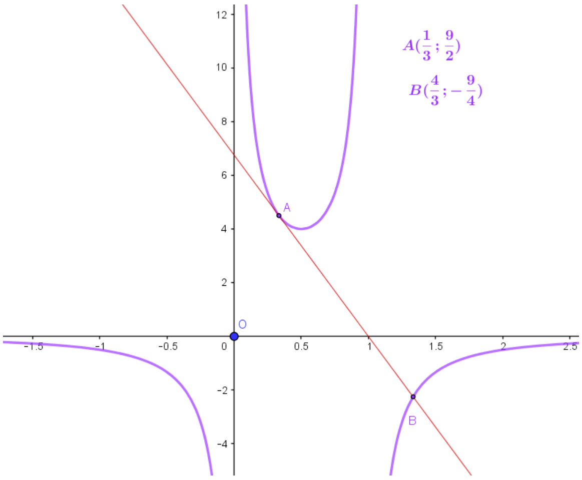
$$\lim_{x\to 1^-} f(x) = +\infty \qquad \lim_{x\to 1^+} f(x) = -\infty$$

Le due rette $x = 0 \quad e\ x = 1 \quad sono\ asintoti\ verticali$

Lo studio del segno della derivata prima, negativo per $x < \frac{1}{2}$ e positivo per $x > \frac{1}{2}$, conferma che la curva decresce nel primo intervallo e cresce nel secondo e che ha un minimo relativo nel punto $M(\frac{1}{2}, 4)$

Il grafico, dove si è posto k=1, è quello prima riportato.

Si evidenzia l'assenza di flessi, del resto la derivata seconda è:




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

in cui il numeratore non si annulla.

Il punto di ascissa $\frac{1}{3}$ ha ordinata $\frac{9}{2}$, il valore della derivata è $-\frac{27}{4}$, quindi la tangente:

$$y = \frac{27\cdot(1 - x)}{4}$$

L'ulteriore intersezione tra la retta e la curva si trova risolvendo il sistema

$$\begin{cases} y = \dfrac{27(1-x)}{4} \\ y = \dfrac{1}{x} - \dfrac{1}{1-x} \end{cases} \rightarrow 27x^3 - 54x^2 + 27x - 4 = 0$$

L'equazione ammette la radice doppia $x = \frac{1}{3}$ e il polinomio al primo membro si può fattorizzare utilizzando la regola di Ruffini o mediante alcuni artifizi

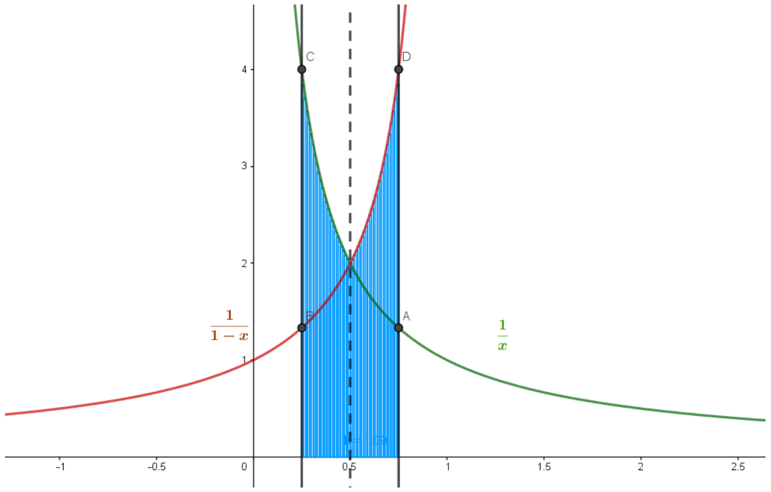
$$27x^3 - 54x^2 + 27x - 4 = 3x(9x^2 - 6x - 12x + 1 + 8) - 4 =$$

$$= 3x(3x-1)^2 - 36x^2 + 24x - 4 == 3x(3x-1)^2 - 4(9x^2 - 6x + 1) = (3x-1)^2(3x-4)$$

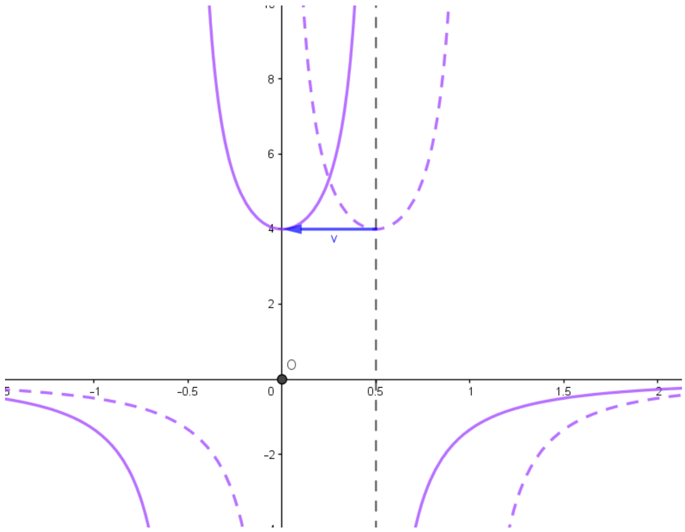
L'equazione $(3x-4)(3x-1)^2 = 0$ ammette , oltre alla radice doppia $x = \frac{1}{3}$, la soluzione $x = \frac{4}{3}$ L'ulteriore intersezione tra la retta e la curva è: $x = \frac{4}{3}$ $y = -\frac{9}{4}$

4. $\int_{1/4}^{3/4} f(x)dx = k\int_{1/4}^{3/4}\left(\frac{1}{x} + \frac{1}{1-x}\right)dx = k2\log 3$

I due integrali di 1/x e di 1/(1-x) separatamente danno lo stesso valore $k\log 3$ in quanto le due curve sono simmetriche rispetto alla retta $x = \frac{1}{2}$

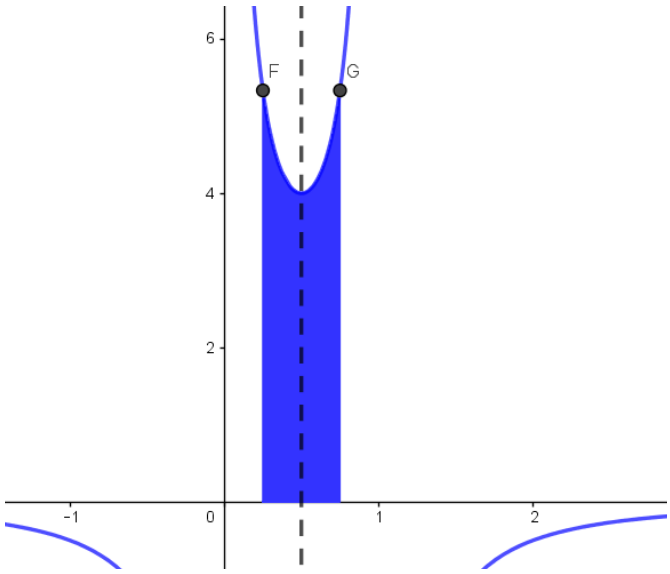



Questo comporta che la funzione $\frac{1}{x}+\frac{1}{1-x}$ è simmetrica rispetto alla retta $x=\frac{1}{2}$ come si può verificare direttamente. Infatti, con una traslazione del vettore $\vec{v}\,(-\frac{1}{2};0)$ si ottiene: $\frac{-4}{4x^2-1}$ in cui la x compare solo con esponente pari.




Anche fisicamente c'è un senso preciso: le due correnti danno in [0,1] contributi simmetrici rispetto al punto medio dell’intervallo.

Geometricamente l’integrale calcolato rappresenta l’area della regione di piano delimitata dalle rette $x=\frac{1}{4}$ $e$ $x=\frac{3}{4}$, l’asse delle x e l’arco di curva delimitato dai punti di ascissa $\frac{1}{4}$ e $\frac{3}{4}$



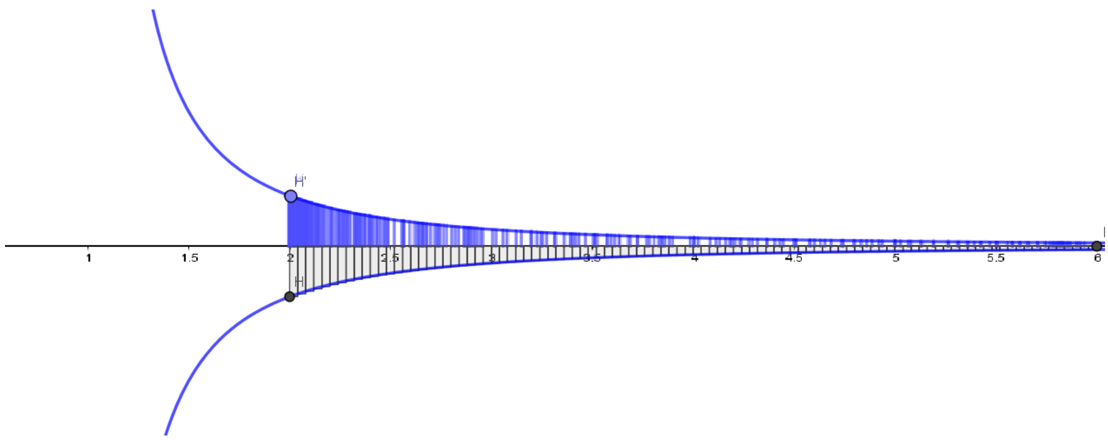

$$g(t)=\int_2^t |f(x)|dx=\int_2^t \left|\frac{k}{x}+\frac{k}{1-x}\right| dx=-k\log\left(\frac{1}{2}\frac{t}{|1-t|}\right)$$

$$\lim_{t\to+\infty} g(t)=\log 2.$$

Integrando senza il modulo si ottiene $\log\left(\frac{1}{2}\frac{t}{|1-t|}\right)$ che tende, per t tendente a infinito, a $-\log 2$,come deve essere, visto che per x>2 la f(x) è negativa;

integrando il modulo di f(x) il risultato sarà log2.

Poiché $\lim_{t\to+\infty} g(t)$ esiste ed è finito, possiamo affermare che anche questo limite rappresenta un'area, precisamente della regione illimitata di piano compresa tra il grafico di $y = |f(x)|$, o anche dalla simmetrica di $f(x)$ rispetto all'asse x, dall'asse x e dalla retta $x = 2$.



**PROBLEMA 2**

Assegnato un numero reale positivo $k$, considerare le funzioni $f$ e $g$ così definite:

$$f(x) = \sqrt{x}\,(k - x) \qquad\qquad g(x) = x^2(x - k).$$

1. Provare che, qualunque sia $k > 0$, nell'intervallo $[0, k]$ il grafico di $f$ ha un unico punto di massimo $F(x_F\,, y_F)$ ed il grafico di $g$ ha un unico punto di minimo $G(x_G\,, y_G)$. Verificare che si ha $x_G = 2x_F$ e $y_G = -(y_F)^2$.

2. Verificare che, qualunque sia $k > 0$, i grafici delle due funzioni sono ortogonali nell'origine, vale a dire che le rispettive rette tangenti in tale punto sono tra loro ortogonali. Determinare per quale valore positivo di $k$ i due grafici si intersecano ortogonalmente anche nel loro ulteriore punto comune.

D'ora in avanti, assumere $k = 1$. In un riferimento cartesiano, dove le lunghezze sono espresse in metri (m), l'unione degli archi di curva di equazioni $y = f(x)$ e $y = g(x)$, per $x \in [0, 1]$, rappresenta il profilo di una spira metallica. Sia $S$ la regione piana delimitata da tale spira.

3. Supponendo che nella regione $S$ sia presente un campo magnetico uniforme, perpendicolare al piano di $S$, avente intensità $B_0 = 2{,}0 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{T}$, verificare che il valore assoluto del flusso di tale campo attraverso $S$ è pari a $7{,}0 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{Wb}$.

4. Supporre che la spira abbia resistenza elettrica $R$ pari a $70\ \Omega$ e che il campo magnetico, rimanendo perpendicolare al piano di $S$, a partire dall'istante $t_0 = 0$ s, inizi a variare secondo la legge:

   $$B(t) = B_0\, e^{-\omega t} \cos(\omega t), \text{ con } \omega = \pi \ \mathrm{rad/s}$$

   e $t \geq 0$ espresso in secondi (s). Esprimere l'intensità della corrente indotta nella spira in funzione di $t$, specificando in quale istante per la prima volta la corrente cambia verso.
   Qual è il valore massimo di tale corrente per $t \geq 0$ ? Spiegare quale relazione esiste tra la variazione del campo che induce la corrente e il verso della corrente indotta.

**Soluzione**

1. La funzione $f(x) = \sqrt{x}\,(k - x)$ con $k > 0$
   - è continua $[0; +\infty[$
   - è derivabile in $]0; +\infty[$

La derivata $f'(x) = \frac{k-3x}{2\sqrt{x}}$, nell'intervallo $]0, k]$ si annulla per $x = \frac{k}{3}$ è positiva in $\left]0, \frac{k}{3}\right[$ e negativa in $\left]\frac{k}{3}, k\right]$, pertanto la funzione è crescente nel primo intervallo e decrescente nel secondo. Si ha, inoltre, $f(0) = f(k) = 0$.

Il punto $F\left(\frac{k}{3}; \frac{2}{9}\sqrt{3k^3}\right)$ è l'unico punto di massimo relativo e assoluto, nell'intervallo considerato.

La funzione

$$g(x) = x^2(x - k)$$

è continua e derivabile in R.

La derivata $g'(x) = 3x^2 - 2kx$ nell'intervallo $[0; k]$ si annulla per

$x = 0 \quad V \quad x = 2\frac{k}{3}$, è negativa in $\left]0{,}2\frac{k}{3}\right[$ e positiva in $\left]\frac{2k}{3}, k\right]$, pertanto la funzione è decrescente nel primo intervallo e crescente nel secondo. Si ha, inoltre, $f(0) = f(k) = 0$

Il punto $G\left(2\frac{k}{3}; -\frac{4}{27}k^3\right)$ è l'unico punto di minimo relativo e assoluto, nell'intervallo considerato.

Poiché $x_G = 2\frac{k}{3}$ $e\ x_F = \frac{k}{3}$ è $verificata\ la\ relazione$ $x_G = 2x_F$

$$Inoltre\ y_G = -\frac{4}{27}k^3 \quad mentre \quad y_f = \sqrt{\frac{4}{81}3k^3} = \sqrt{\frac{4}{27}k^3}$$

$$\text{è } verificata\ la\ relazione\ y_G = -(y_F)^2$$

2.

Qualunque sia $k > 0$ la funzione

$$g(x) = x^2(x - k)$$

è derivabile nel punto O (0;0) e, come già visto nel punto 1, $g'(0) = 0$.

Questo significa che la retta tangente nell'origine coincide con l'asse x.

il dominio di $f'(x)$ è invece x>0, pertanto dobbiamo verificare se esiste la retta tangente al suo grafico, nell'origine, trattandosi eventualmente di una semiretta tangente a destra.

Calcoliamo $\lim_{h \to 0^+} \frac{f(0+h)-f(0)}{h} = \lim_{h \to 0^+} \frac{\sqrt{h}\,(k-h)}{h} = +\infty \quad \forall k > 0$

Poiché il limite del rapporto incrementale destro esiste ma non è finito, esiste nell'origine una semiretta tangente a destra che coincide con il semiasse delle y positive-

Le due curve sono pertanto ortogonali in O.

L'ulteriore punto comune alle due curve si determina risolvendo l'equazione

$$\sqrt{x}\,(k-x) = x^2(x-k) \to (k-x)\left(\sqrt{x} + x^2\right) = 0$$

Il primo fattore si annulla per $x = k$; il secondo è somma di termini positivi o nulli, pertanto si annulla solo se sono entrambi nulli, cioè per $x = 0$

Le due curve si incontrano, oltre che in O, nel punto A $(k;0)$, punto in cui sono entrambe derivabili.

Essendo

$f'(k) = \frac{-2k}{2\sqrt{k}} =-\sqrt{k} \qquad g'(k) = k^2$

le due curve sono ortogonali in $A$ se $-\sqrt{k} \cdot k^2 = -1 \quad \to k^5 = 1 \to k = 1$

2. Posto k=1 si trovano le due funzioni

$f(x) = \sqrt{x}\,(1-x)$ e $g(x) = x^2(x-k)$

$$\textit{Per completarne lo studio osserviamo che}$$

$$\lim_{x \to +\infty} f(x) = -\infty$$

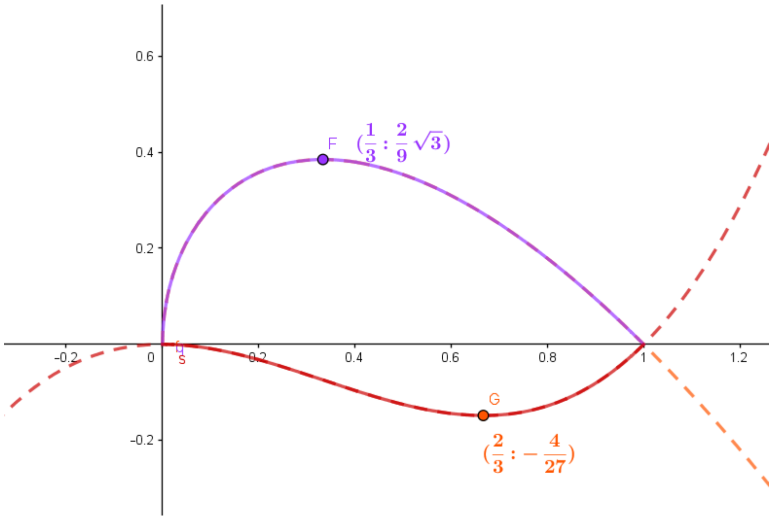
$$\lim_{x \to +\infty} g(x) = +\infty \qquad \lim_{x \to -\infty} g(x) = -\infty$$

Inoltre

$f''(x) = -\frac{3x+1}{4\sqrt{x^3}} < 0 \ \forall x > 0 \qquad g''(x) = 6x - 2 > 0 \ per \ \ x > \frac{1}{3}$

La prima curva volge sempre la concavità verso il basso, la seconda volge la concavità verso il basso per $x < \frac{1}{3}$ $, verso\ l'alto\ per\ x > \frac{1}{3}$ ( ammette in flesso per $x = \frac{1}{3}$)

La regione di area S è rappresentata nella figura seguente




3.Per determinare il flusso del vettore campo magnetico attraverso la spira è necessario calcolare l'area della regione S

$$Area\ (S) = \int_0^1 (\sqrt{x}\,(1-x) - (x^3 - x^2))\, dx =$$

$$\int_0^1 (\sqrt{x} - \sqrt{x^3} - x^3 + x^2)\, dx =$$

$$\left[\frac{2}{3}\sqrt{x^3} - \frac{2}{5}\sqrt{x^5} - \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{3}x^3\right]_0^1 = \frac{7}{20}$$

L'area della spira che è uguale a $3{,}5 \cdot 10^{-1} m^2$.

Poiché il campo magnetico ha direzione perpendicolare alla spira, il modulo del flusso è uguale al prodotto dell'intensità del campo per l'area della spira

$$|\phi(B_0)| = (2{,}0 \cdot 10^{-2} \cdot 3{,}5 \cdot 10^{-1} = 7 \cdot 10^{-3})\ Wb$$

3. L'intensità del campo magnetico varia in funzione del tempo secondo la legge

$$B(t) = B_0\, e^{-\omega t}\cos(\omega t), \text{ con } \ \omega = \pi \ \text{ rad/s}$$

cioè il verso di $\vec{B}$ cambia nel tempo mentre la direzione resta sempre perpendicolare alla superficie S

Se orientiamo quest'ultima in modo che la sua normale sia parallela ed equiversa a $\overrightarrow{B_0}$ il flusso, nell'istante iniziale, è positivo (uscente dalla faccia della spira da cui esce anche la normale) e il suo valore è uguale a

$$\Phi_0 \ = |\phi(B_0)| \ = 7\cdot 10^{-3}\ Wb$$

Il flusso cambierà segno ogni qualvolta il campo cambia verso, secondo la legge

$$\Phi\,(\vec{B}) = \Phi_0\, e^{-\omega t}\cos(\omega t)$$

Secondo la legge di Faraday-Neumann-Lenz $fem_{indotta} = -\frac{d\phi(\vec{B})}{dt} =$
$\Phi_0\omega\, e^{-\omega t}(\cos\omega t + \sin\omega t) = \Phi_0\ \omega e^{-\omega t}\sqrt{2}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)$

misurata in volt.

L'intensità della corrente indotta, secondo la legge di Ohm, è

$$i(t) = \frac{\Phi_0\ \omega e^{-\omega t}\sqrt{2}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)}{R} =$$

$I\ e^{-\omega t}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)$ dove la costante I è uguale a $\frac{\Phi_0}{R}\omega\sqrt{2}$ misurata in ampere

Studiamo la funzione $i(t) = I\ e^{-\omega t}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)$

$$i(0) = \frac{I}{\sqrt{2}} = \frac{\Phi_0}{R}\omega = \pi 10^{-4}\ \ A$$

$\lim\limits_{t\to+\infty} i(t) = 0$ in quanto prodotto di una funzione limitata , $\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)$,

per un infinitesimo $e^{-\omega t}$

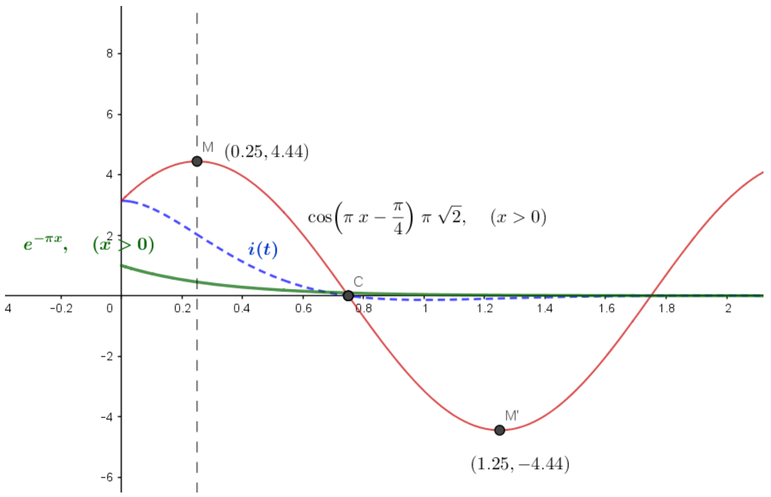
Il segno di $i(t)$ dipende dal segno del fattore $\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)$, essendo il fattore esponenziale sempre positivo.

$i(t)$si annulla la prima volta e cambia verso quando $\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right) = \frac{\pi}{2} \rightarrow$

$$t = \frac{\frac{3}{4}\pi}{\omega} = \frac{\frac{3}{4}\pi}{\pi} = 0.75\ s$$

L'intensità di corrente non supererà mai il valore iniziale a causa del forte fattore di smorzamento e quindi il valore massimo è $i(0) = \pi 10^{-4}\ \ A$

(nella figura seguente è stato tralasciato il fattore $10^{-4}$).




I massimi e i minimi del fattore $\mathrm{I}\cos\left(\pi t - \frac{\pi}{4}\right)$ risultano <<smorzati>> dal fattore esponenziale decrescente $e^{-\pi t}$.

A conferma di ciò determiniamo le successioni dei massimi e dei minimi della funzione $I\, e^{-\omega t} \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)$ attraverso lo studio del segno della derivata,

$$I'(t) = -\,I\omega\, e^{-\omega t}\left[\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right) + sin\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)\right] \ = -I\omega e^{-\omega t}\sqrt{2}(\sin \omega t)$$

Poiché il fattore esponenziale è sempre positivo, il segno della derivata è determinato dal segno di $-(\sin \omega t)$

La funzione $-(\sin \omega t)$ ha periodo $\frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{2} = 2\ s$

È nulla per $t = k$ $\qquad con\ \ k\ = 0{,}1{,}2 \ldots\ldots..$

è negativa negli intervalli $2k < t < 1 + 2k$ , è positiva negli intervalli

$1 + 2k < t < 2 + 2k$

Nei primi intervalli la funzione è decrescente, nei secondi crescente.

Per $t = 1 + 2k$ si hanno i minimi relativi

Per $t = 2k$ si hanno i massimi relativi

La successione dei minimi (in valore assoluto) è

$$m_k = \left| Ie^{-(1+2k)\pi} \cos\left(\pi(1+2k) - \frac{\pi}{4}\right) \right| =$$

$$\left| -Ie^{-(1+2k)\pi} \frac{\sqrt{2}}{2} \right| = Ie^{-(1+2k)\pi} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

La successione dei massimi è

$$M_k = Ie^{-2k\pi} \cos\left(2k\pi - \frac{\pi}{4}\right) = Ie^{-2k\pi} \frac{\sqrt{2}}{2}$$

Entrambe le successioni sono monotone decrescenti e

$$\lim_{k \to +\infty} m_k = \lim_{k \to +\infty} M_k = 0$$

Possiamo affermare che l 'intensità di corrente ha inizialmente un andamento decrescente e poi oscilla con ampiezza sempre minore, tendente a 0.

**Relazione tra la variazione del campo che induce la corrente e il verso della corrente indotta.**

Poichè $\Phi(\vec{B}) = B \cdot S$ possiamo scrivere

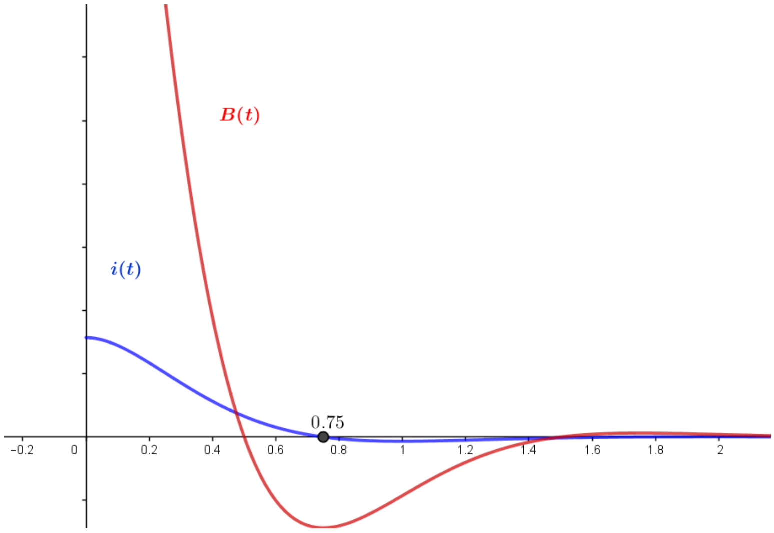
$$i(t) = \frac{1}{R}\left(-\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt}\right) = -\frac{S}{R}\frac{dB(t)}{dt}$$

Si evince che $i(t)$ è direttamente proporzionale all'opposto della derivata di $B(t)$

Mentre $B$ decresce, la corrente ha segno positivo, nell'istante in cui B è stazionario la corrente si annulla, quando $B$ cresce la corrente cambia verso e ha segno negativo.

Nel primo caso il campo magnetico indotto (generato dalla corrente indotta) ha lo stesso verso del vettore $\vec{B}$ quindi tende a rafforzare il flusso, nel secondo caso tende a indebolirlo, in accordo con la legge di Lenz.

Nella figura di può osservare l'andamento comparato di $B(t)$ e $i(t)$.




Osserviamo, a titolo esplicativo, che nell'intervallo $0 \leq t < 0{,}5s$ $B$ è positivo e decrescente.

Per le convenzioni iniziali, il campo magnetico è orientato come la normale alla superficie ed è uscente da essa (flusso uscente e quindi positivo).

Il campo magnetico indotto deve contrastare una diminuzione di flusso uscente, pertanto deve essere anch'esso uscente dalla superficie (la corrente deve circolare in senso antiorario)

Nell'intervallo $0 \leq t < 0{,}75\ s$ il campo magnetico è negativo e ancora decrescente, il che significa che c'è un aumento di flusso entrante (negativo)

Il campo magnetico indotto deve contrastare un aumento di flusso entrante, pertanto deve essere ancora uscente dalla superficie (la corrente non cambia verso).

Quando $t = 0{,}75\ s$ il campo magnetico raggiunge un punto di stazionarietà e la corrente si annulla.

Nell'intervallo $0{,}75\ s \ \leq t < 1{,}5\ s$ il campo magnetico è negativo e crescente

Il campo magnetico indotto deve contrastare una diminuzione di flusso entrante, pertanto deve essere anch'esso entrante nella superficie (la corrente deve circolare in senso orario).