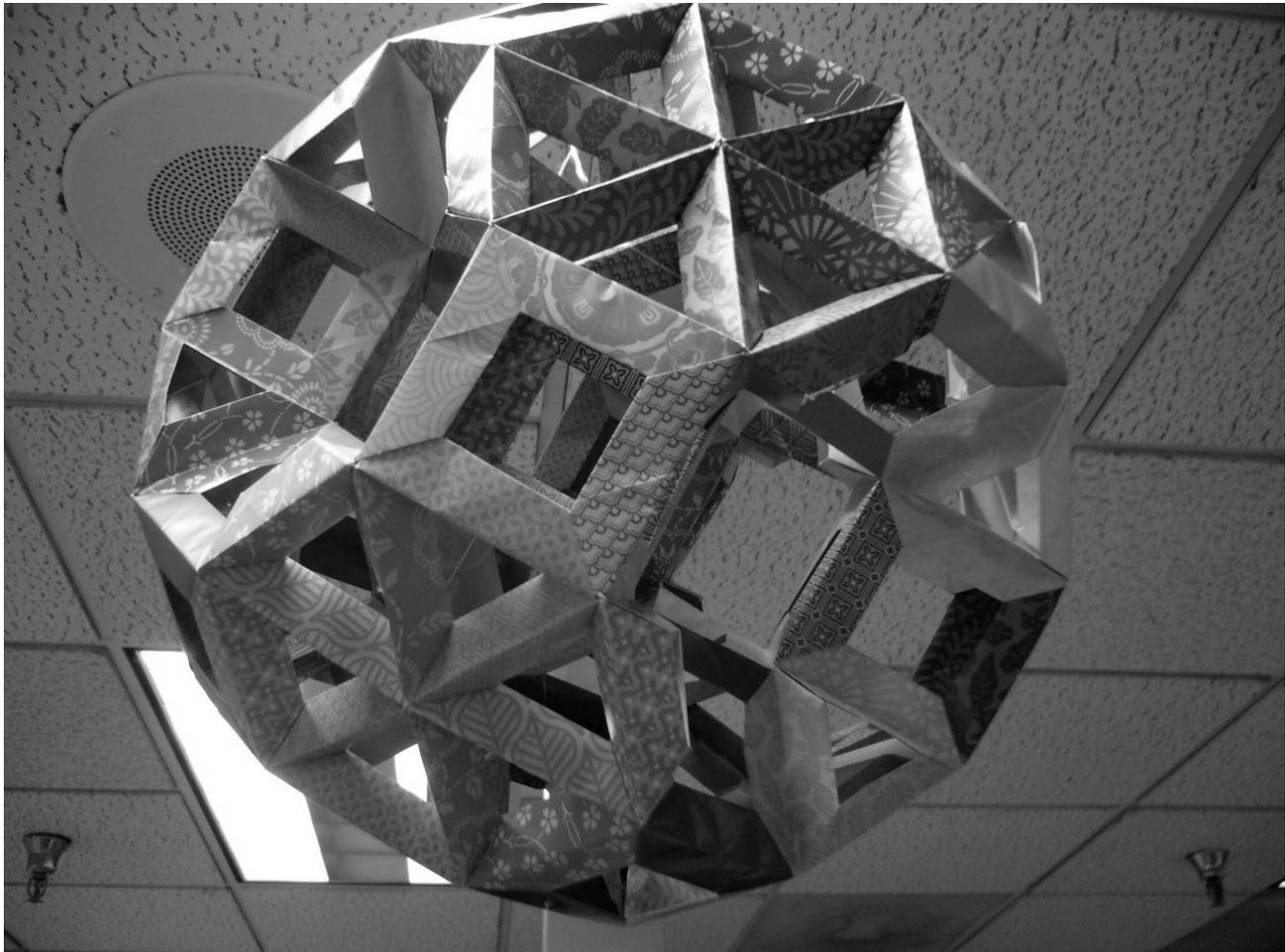


MATEMATICA C3 -ALGEBRA 2

4 DISEQUAZIONI DI SECONDO GRADO



Ardonik, *easy-origami-fold-a-day-calendar-great-rhombicub octahedron*
<http://www.flickr.com/photos/ardonik/2833120348>
Licenza Attribution, Share Alike 2.0

Indice

▶ 1. Risoluzione delle disequazioni di secondo grado.....	102
▶ 2. Risoluzione grafica di una disequazione di secondo grado.....	105
▶ 3. Segno del trinomio a coefficienti letterali.....	114
▶ 4. Disequazioni polinomiali di grado superiore al secondo.....	116
▶ 5. Disequazioni fratte.....	119
▶ 6. Sistemi di disequazioni.....	123

► 1. Risoluzione delle disequazioni di secondo grado

Una disequazione di secondo grado si presenta in una delle seguenti forme:

$$ax^2+bx+c>0; \quad ax^2+bx+c\geq 0; \quad ax^2+bx+c<0; \quad ax^2+bx+c\leq 0$$

Per risolverla innanzitutto supponiamo che il coefficiente di x^2 , cioè il coefficiente “a” sia positivo. Se così non fosse, basterebbe cambiare segno a tutti i termini e quindi il verso della disequazione; per esempio, per risolvere la disequazione $-2x^2+3x-1>0$ si può risolvere la disequazione $2x^2-3x+1<0$.

Quindi si risolve l'equazione associata, cioè si sostituisce il segno della disequazione con l'uguale. Si passa cioè dalla disequazione $ax^2+bx+c>0$ all'equazione $ax^2+bx+c=0$.

Possono presentarsi tre casi.

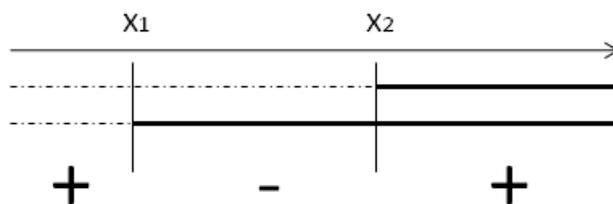
1°. L'equazione è spuria $ax^2+bx=0$

Questa equazione ammette sempre due radici reali e distinte, di cui una è sempre 0. Ricordiamo che l'equazione si risolve mettendo x a fattore comune

$x(ax+b)=0$ e applicando la legge di annullamento del prodotto, da cui ricaviamo

$$x=0 \vee ax+b=0 \rightarrow x=-\frac{b}{a}$$

Chiamiamo le due radici x_1 e x_2 . Analogamente a quanto fatto nelle disequazioni di primo grado, poniamo separatamente ogni fattore maggiore di 0 e confrontiamo i segni dei singoli fattori, come nel grafico a fianco. Le soluzioni saranno



- $x < x_1 \vee x > x_2$ soluzioni esterne se la disequazione è $ax^2+bx > 0$, analogamente $x \leq x_1 \vee x \geq x_2$ se la disequazione è $ax^2+bx \geq 0$.
- $x_1 < x < x_2$ soluzioni interne se la disequazione è $ax^2+bx < 0$, analogamente $x_1 \leq x \leq x_2$ se la disequazione è $ax^2+bx \leq 0$.

Esempi

- $3x^2-2x > 0$ mettiamo x a fattore comune $x(3x-2) > 0$ soluzioni $x < 0 \vee x > \frac{2}{3}$
- $5x^2+x \leq 0$ mettiamo x a fattore comune $x(5x+1) \leq 0$ soluzioni $-\frac{1}{5} \leq x \leq 0$
- $x-3x^2 > 0$ cambiamo di segno $3x^2+x < 0$ da cui $x(3x+1) < 0$ soluzioni $-\frac{1}{3} \leq x \leq 0$

2°. L'equazione è pura: $ax^2+c=0$

Possono esserci due situazioni:

- $c < 0$, in questo caso l'equazione ammette due radici opposte: $x_{1,2} = \pm \sqrt{-\frac{c}{a}}$: si torna al caso precedente e si ha $x < x_1 \vee x > x_2$ se la disequazione è $ax^2+c > 0$ oppure $x < x_1 < x_2$ se la disequazione è $ax^2+c < 0$
- $c > 0$: l'equazione non ammette soluzioni reali; il binomio ax^2+c è la somma di un quadrato più un numero positivo, pertanto è sempre positivo. Di conseguenza la disequazione $ax^2+c > 0$ avrà soluzioni per ogni x reale, mentre $ax^2+c < 0$ non avrà nessuna soluzione reale.

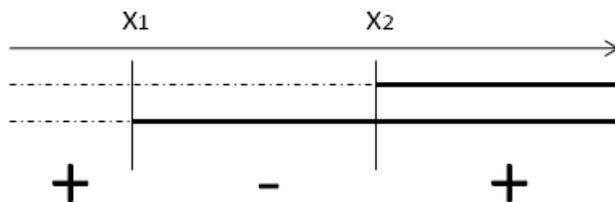
Esempi

- $x^2-4 \geq 0$ soluzioni $x \leq -2 \vee x \geq 2$
- $x^2-9 \leq 0$ soluzioni $-3 \leq x \leq 3$
- $x^2+4 > 0$ soluzioni $\forall x \in \mathbb{R}$
- $x^2+9 \leq 0$ soluzioni nessuna valore reale.
- $1-x^2 < 0$ cambiamo segno $x^2-1 < 0$ soluzioni $-1 < x < 1$

3°. L'equazione è completa: $ax^2+bx+c=0$. Si calcola il valore del discriminante $\Delta=b^2-4ac$.

A seconda del suo segno possono presentarsi tre casi:

Primo caso $\Delta>0$ l'equazione ammette due radici reali e distinte; il trinomio si scompone in $a(x-x_1)(x-x_2)$. Poiché abbiamo supposto a è positivo il segno del trinomio è dato da



Per cui la disequazione $ax^2+bx+c\geq 0$ è verificata per valori esterni alle soluzioni, cioè $x\leq x_1\vee x\geq x_2$; mentre la disequazione $ax^2+bx+c\leq 0$ è verificata per valori interni alle soluzioni, cioè $x_1\leq x\leq x_2$.

Esempi

- $x^2-3x-4>0$; soluzioni dell'equazione associata $x_1=-1\vee x_2=4$. Soluzioni della disequazione : $x<-1\vee x>4$.
- $x^2-3x-4<0$, in questo caso le soluzioni della disequazione saranno $-1<x<4$.

Secondo caso $\Delta=0$ in questo caso le radici dell'equazione associata sono coincidenti $x_1=x_2$, pertanto il trinomio si scompone in $a(x-x_1)^2$. Poiché a è positivo e il quadrato è positivo o al più nullo si possono verificare quattro casi:

- i. $a(x-x_1)^2>0$ è verificata $\forall x\in\mathbb{R}\wedge x\neq x_1$;
- ii. $a(x-x_1)^2\geq 0$ è verificata $\forall x\in\mathbb{R}$;
- iii. $a(x-x_1)^2<0$ non è mai verificata;
- iv. $a(x-x_1)^2\geq 0$ è verificata solo per $x=x_1$;

Esempi

- $x^2-2x+1>0 \rightarrow (x-1)^2>0$ soluzioni $\forall x\in\mathbb{R}\wedge x\neq 1$
- $4x^2-4x+1\geq 0 \rightarrow (2x-1)^2\geq 0$ soluzioni $\forall x\in\mathbb{R}$
- $x^2+2x+1<0 \rightarrow (x+1)^2<0$ nessuna soluzione
- $4x^2+4x+1\leq 0 \rightarrow (2x+1)^2\leq 0$ unica soluzione $x=-\frac{1}{2}$.

Terzo caso $\Delta<0$ studiamo il segno che assume il trinomio in questo caso. Dobbiamo eseguire i seguenti passaggi: mettiamo il coefficiente a a fattore comune, aggiungendo e togliendo $\frac{b^2}{4a^2}$ si ha

$$a\left(x^2+\frac{b}{a}x+\frac{b^2}{4a^2}-\frac{b^2}{4a^2}+\frac{c}{a}\right)$$

. Osserviamo che i primi tre termini costituiscono lo sviluppo del quadrato di un binomio, e riduciamo gli ultimi due allo stesso denominatore, si ha $a\left[\left(x+\frac{b}{2a}\right)^2-\frac{b^2-4ac}{4a^2}\right]$. Studiamo

ora il segno di questa espressione: a è sempre > 0 , $\left(x+\frac{b}{2a}\right)^2$ essendo un quadrato è sempre maggiore $>$

0; mentre $-\frac{b^2-4ac}{4a^2}=-\frac{\Delta}{4a^2}$ è sempre positivo perché $\Delta<0$. Concludendo il trinomio è sempre

positivo. Si hanno allora le seguenti possibilità

- 1. $ax^2+bx+c>0$ soluzioni $\forall x\in\mathbb{R}$;
- 2. $ax^2+bx+c\geq 0$ soluzioni $\forall x\in\mathbb{R}$;
- 3. $ax^2+bx+c<0$ soluzioni per nessun valore reale di x ;
- 4. $ax^2+bx+c\leq 0$ soluzioni per nessun valore reale di x ;

Esempi

- $2x^2-3x+4>0 \rightarrow \Delta=9-32=-23<0$ soluzioni $\forall x\in\mathbb{R}$
- $x^2-x+1<0 \rightarrow \Delta=1-4=-3<0$ per nessun valore reale di x

Esempi

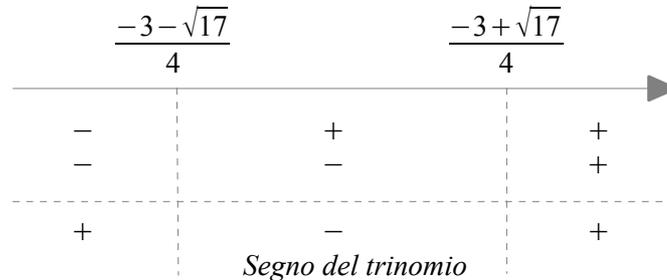
■ $2x^2 + 3x - 1 > 0$

1° passo: scriviamo l'equazione associata $2x^2 + 3x - 1 = 0$ calcoliamo il delta: $\Delta = 9 + 8 = 17$ positivo

2° passo: calcoliamo le soluzioni: $x_1 = \frac{-3 - \sqrt{17}}{4}$ \vee $x_2 = \frac{-3 + \sqrt{17}}{4}$

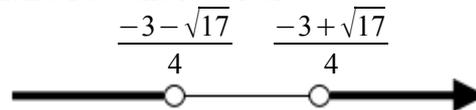
3° passo: scomponiamo in fattori il trinomio $2x^2 + 3x - 1 = 2 \cdot \left(x - \frac{-3 - \sqrt{17}}{4}\right) \cdot \left(x - \frac{-3 + \sqrt{17}}{4}\right)$

4° passo: studiamo il segno dei singoli fattori e dalla tabellina dei segni deduciamo l'insieme soluzione della disequazione



5° passo: $I.S. = \left\{ x \in \mathbb{R} \mid x < \frac{-3 - \sqrt{17}}{4} \vee x > \frac{-3 + \sqrt{17}}{4} \right\}$

6° passo: rappresentiamo graficamente I.S. sulla retta reale



Osserviamo che contemporaneamente sappiamo anche risolvere la disequazione $2x^2 + 3x - 1 < 0$ e i casi $2x^2 + 3x - 1 \geq 0$; $2x^2 + 3x - 1 \leq 0$.

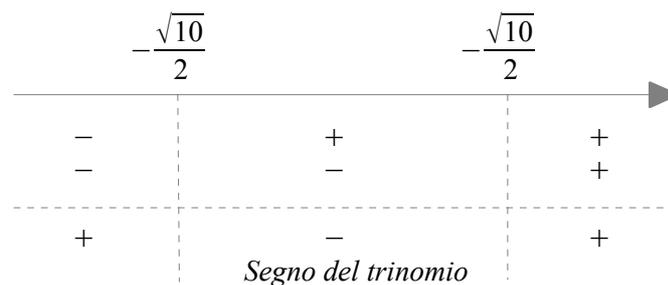
■ $2x^2 - 5 \leq 0$

1° passo: scriviamo l'equazione associata $2x^2 - 5 = 0$, calcoliamo il delta $\Delta = 0 + 40 = 40 > 0$

2° passo: determiniamo le soluzioni: $x_1 = -\frac{\sqrt{10}}{2}$ \vee $x_2 = +\frac{\sqrt{10}}{2}$

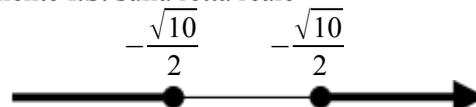
3° passo: scomponiamo in fattori il trinomio $2x^2 - 5 = 2 \cdot \left(x + \frac{\sqrt{10}}{2}\right) \cdot \left(x - \frac{\sqrt{10}}{2}\right)$

4° passo: studiamo il segno dei singoli fattori e dalla tabellina dei segni deduciamo l'insieme soluzione della disequazione



5° passo: $I.S. = \left\{ x \in \mathbb{R} \mid -\frac{\sqrt{10}}{2} \leq x \leq +\frac{\sqrt{10}}{2} \right\}$

6° passo: rappresentiamo graficamente I.S. sulla retta reale



■ $-3x^2 + 2x > 0$

L'equazione è equivalente a $3x^2 - 2x < 0$

1° passo: scriviamo l'equazione associata $3x^2 - 2x = 0$ e calcoliamo il delta: $\Delta = 4 + 0 = 4 > 0$

2° passo: calcoliamo le soluzioni dell'equazione $x_1 = 0 \vee x_2 = \frac{2}{3}$

3° passo: scomponiamo in fattori il trinomio $3x^2 - 2x = 3 \cdot x \cdot \left(x - \frac{2}{3}\right)$

4° passo: studiamo il segno dei singoli fattori e deduciamo l'insieme soluzione della disequazione

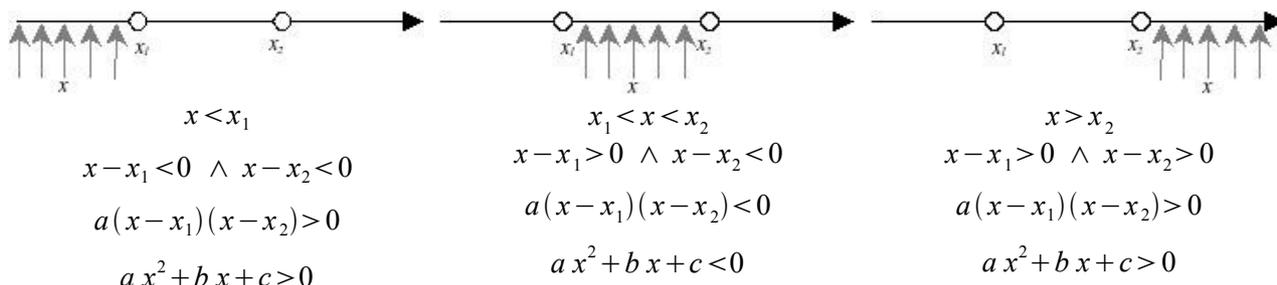


5° passo: $I.S. = \left\{x \in \mathbb{R} \mid 0 < x < \frac{2}{3}\right\}$

6° passo: rappresentiamo graficamente I.S. sulla retta reale



In generale, data la disequazione $ax^2 + bx + c > 0$ o $ax^2 + bx + c < 0$ dopo aver scomposto in fattori il trinomio si ha:



► 2. Risoluzione grafica di una disequazione di secondo grado

Ricordiamo alcune definizioni.

Un polinomio in una sola variabile, solitamente indicata con x , è di **secondo grado** se **2 è il massimo esponente della variabile**.

Per **trinomio di secondo grado** intendiamo un polinomio di secondo grado: $ax^2 + bx + c$ con $a \in \mathbb{R}_0, b \in \mathbb{R}, c \in \mathbb{R}$

Chiamiamo **zeri del trinomio** i valori reali soluzione dell'equazione associata $ax^2 + bx + c = 0$ con $a \neq 0$.

DEFINIZIONE. Una funzione che associa ad ogni numero reale x il numero reale $y = ax^2 + bx + c$ con $a \in \mathbb{R}_0, b \in \mathbb{R}, c \in \mathbb{R}$ si chiama **funzione polinomiale di secondo grado**.

Nel riferimento cartesiano ortogonale il grafico della funzione è costituito da tutti e soli i punti le cui coordinate soddisfano l'equazione $y = ax^2 + bx + c$; se x_1 e x_2 sono gli zeri reali del trinomio $ax^2 + bx + c$ allora attribuendo tali valori alla variabile x si ha $y = 0$; essi sono dunque **gli zeri della funzione**, ossia le ascisse dei punti del grafico appartenenti all'asse x .

Esempi

■ Determinate gli zeri del trinomio $x^2 + x - 2$.

Risolviamo l'equazione $x^2 + x - 2 = 0$ che avendo il discriminante positivo ammette due soluzioni reali distinte $x_1 = -2 \vee x_2 = 1$. I due numeri 1 e -2 sono gli zeri della funzione; $y = x^2 + x - 2$. Nel riferimento cartesiano ortogonale i punti $P_1(-2; 0)$ e $P_2(1; 0)$ sono i punti del grafico della funzione appartenenti all'asse x.

■ Determinare gli zeri del trinomio $x^2 - 4x + 4$.

Risolviamo l'equazione $x^2 - 4x + 4 = 0$ che avendo il discriminante nullo ammette due soluzioni reali coincidenti $x_1 = x_2 = 2$ gli zeri del trinomio sono coincidenti nel numero 2 e il grafico della funzione $y = x^2 - 4x + 4$ ha due punti coincidenti appartenenti all'asse x: $P_1 \equiv P_2(2; 0)$.

■ Determinare gli zeri del trinomio $x^2 - 2x + 7$.

Risolviamo l'equazione $x^2 - 2x + 7 = 0$ che avendo il discriminante negativo non ammette soluzioni reali; il trinomio non ha zeri reali e il grafico della funzione $y = x^2 - 2x + 7$ non ha punti appartenenti all'asse x.

Questi esempi ci hanno permesso di chiarire il collegamento tra il concetto algebrico "zeri di un polinomio" e il concetto geometrico di "punti sull'asse delle ascisse" del grafico della funzione polinomiale di secondo grado. Pertanto **studiare il segno di un trinomio di secondo grado equivale a determinare quali sono le ascisse dei punti della funzione $y = ax^2 + bx + c$ (con $a \in \mathbb{R}_0, b \in \mathbb{R}, c \in \mathbb{R}$) che hanno ordinata > 0 oppure ordinata < 0 , oppure ordinata ≥ 0 , oppure ordinata ≤ 0 .**

Ricordiamo che nel riferimento cartesiano ortogonale i punti ad ordinata positiva si trovano nel I e nel II quadrante (al di sopra dell'asse x), i punti ad ordinata negativa si trovano nel III e nel IV quadrante (al di sotto dell'asse x), i punti ad ordinata nulla si trovano sull'asse x.

Per studiare il segno del trinomio, dobbiamo tracciare nel riferimento cartesiano il grafico della funzione $y = ax^2 + bx + c$ (con $a \in \mathbb{R}_0, b \in \mathbb{R}, c \in \mathbb{R}$) e lo faremo riprendendo il grafico della funzione di proporzionalità quadratica esaminata nel volume di Algebra 1.

Esempi

■ Tracciare nel riferimento cartesiano ortogonale il grafico della funzione $y = 2x^2$.

Sappiamo che $D \equiv R$. Poiché il coefficiente della variabile indipendente è positivo si ha $IM = R \cup \{0\}$ e la parabola volge la concavità verso l'alto; il punto $O(0; 0)$ è il suo vertice. Per la costruzione richiesta compilate la tabella:

$y = 2x^2$	x	-1,5	-1	-0,5	0	0,5	1	1,5
	y	4,5	2	0,5	0	0,5	2	4,5

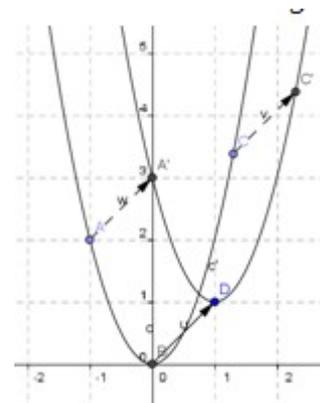
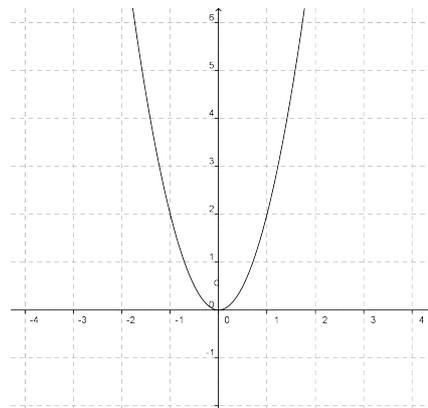
e segnate i punti nel riferimento cartesiano.

Applicare ai punti della tabella la traslazione di vettore $\vec{v}(1; 1)$; compilare la nuova tabella dei punti corrispondenti, riportateli nel riferimento cartesiano e tracciate la curva immagine della parabola.

$y = 2x^2$	x	-0,5	0	0,5				
$\vec{v}(1; 1)$	y	5,5				

Dal grafico possiamo leggere le seguenti informazioni:

- l'immagine della parabola iniziale c , è ancora una parabola c' essendo la traslazione una isometria;
- la parabola c' volge la concavità verso l'alto, come la parabola iniziale c ;
- il vertice $O(0; 0)$ della parabola c ha come immagine il vertice $D(1; 1)$ della parabola c' , che coincide con l'estremo libero del vettore che definisce la traslazione;
- il vettore che individua la traslazione è indicato nella figura con u ; v e w rappresentano lo stesso vettore applicato a due punti presi a caso sulla parabola iniziale;
- la parabola c' è rappresentata dalla funzione $y = 2x^2 - 4x + 3$ che è una funzione di secondo grado avente il primo coefficiente uguale a quello della parabola c .



Come possiamo determinare l'equazione della parabola immagine di $y = 2x^2$ applicando la traslazione $TR(1,1)$?

La traslazione è rappresentata da $TR(1;1): \begin{cases} x' = x + 1 \\ y' = y + 1 \end{cases}$ che esprime il legame algebrico tra le coordinate di un punto della parabola c e il punto corrispondente su c' .

Riscriviamo l'equazione della traslazione $\begin{cases} x = x' - 1 \\ y = y' - 1 \end{cases}$ e sostituiamo nell'equazione di c :
 $(y' - 1) = 2 \cdot (x' - 1)^2$ da cui svolgendo i calcoli $y' = 2x'^2 - 4x' + 3$.

Generalizziamo

Applicando alla funzione di proporzionalità quadratica $y = ax^2$ con $a \neq 0$ una traslazione di vettore $\vec{v}(v_x; v_y)$ si ottiene la funzione di secondo grado $y = ax^2 + bx + c$ con $a \neq 0$, i cui coefficienti b e c dipendono dalle coordinate del vettore \vec{v} .

Infatti, dall'equazione della traslazione $TR(v_x; v_y): \begin{cases} x' = x + v_x \\ y' = y + v_y \end{cases}$ otteniamo $\begin{cases} x = x' - v_x \\ y = y' - v_y \end{cases}$ che sostituiamo nell'equazione $y = ax^2$ per ottenere l'equazione della curva immagine: $(y' - v_y) = a \cdot (x' - v_x)^2$.
 Svolti i calcoli, si ottiene: $y' = a(x')^2 - (2av_x)x' + a(v_x)^2 + v_y$ in cui ponendo $-2av_x = b$ e $a(v_x)^2 + v_y = c$ si ottiene l'equazione della parabola c' immagine di quella data: $y = ax^2 + bx + c$, espressa attraverso un trinomio di secondo grado.

Viceversa

Assegnata la funzione di secondo grado $y = ax^2 + bx + c$ con $a \neq 0$, come possiamo rappresentarla nel riferimento cartesiano?

Sapendo che il grafico di tale curva è una parabola

- il coefficiente a indica la concavità: verso l'alto se $a > 0$, verso il basso se $a < 0$
- dalle formule $-2av_x = b$ e $a(v_x)^2 + v_y = c$ ricaviamo le coordinate del suo vertice

$$v_x = -\frac{b}{2a} \quad \text{e} \quad v_y = c - a\left(-\frac{b}{2a}\right)^2 = \frac{4ac - b^2}{4a} = -\frac{\Delta}{4a}$$
- risolvendo l'equazione $ax^2 + bx + c = 0$ determiniamo gli eventuali punti di intersezione con l'asse x .
- assegnando alla variabile indipendente valori arbitrari, possiamo ottenere altri punti del grafico

Esempio

Tracciate nel riferimento cartesiano ortogonale il grafico della funzione $f: y = x^2 - 2x - 3$

Strategia risolutiva

Il grafico di tale curva è una parabola; essendo il coefficiente $a = 1$, la concavità è verso l'alto;

essendo $b = -2$ e $c = -3$ si ha

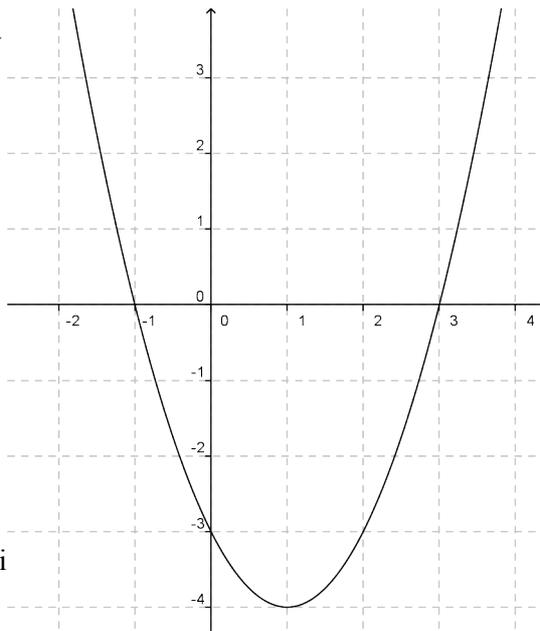
$$v_x = -\frac{-2}{2} = 1 \quad \text{e} \quad v_y = \frac{-12 - 4}{4} = -4 \rightarrow V(1; -4);$$

possiamo affermare che f è l'immagine di $y = x^2$ nella traslazione di vettore $\vec{v}(1; -4)$

Compilate la tabella

x	0	$x_1 = \dots \vee x_2 = \dots$	2	e
y	0	

confrontate il vostro grafico con quello qui tracciato in cui sono evidenziati il vertice $A(1; -4)$, i punti $B(3; 0)$ e $C(-1; 0)$ di intersezione con l'asse x .



Rappresentare nel riferimento cartesiano ortogonale le seguenti parabole.

1 $y = -3x^2 + x$

2 $y = \frac{1}{2}x - 2x + \frac{3}{2}$

3 $y = x^2 + x - 1$

4 $y = x^2 - x + 1$

5 $y = -3x^2 + 3$

6 $y = x^2 + 4x + 3$

7 $y = x^2 + \frac{3}{5}$

8 $y = -\frac{2}{5}x^2 + 4x - \frac{1}{5}$

9 $y = -\frac{1}{2}x^2 - 4x - 1$

Ci proponiamo ora di determinare il segno di un qualunque trinomio di secondo grado, procedendo per via grafica.

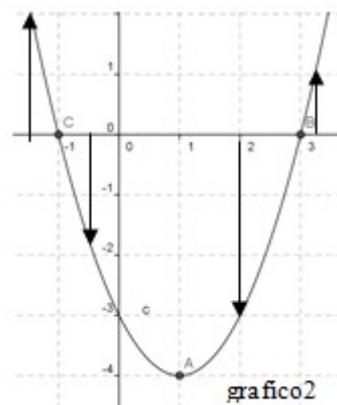
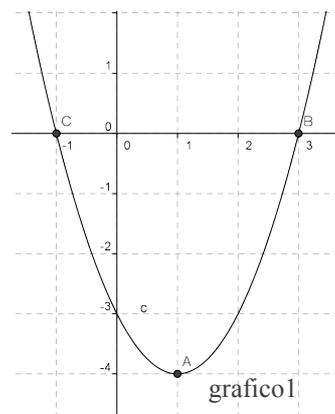
Esempio

Studiamo il segno del trinomio $x^2 - 2x - 3$; questo significa stabilire per quali valori di x esso assume segno positivo, per quali segno negativo e per quali eventualmente si annulla. La richiesta è interpretabile anche come la ricerca degli insiemi soluzioni dell'equazione $x^2 - 2x - 3 = 0$ e delle disequazioni $x^2 - 2x - 3 > 0$ e $x^2 - 2x - 3 < 0$.

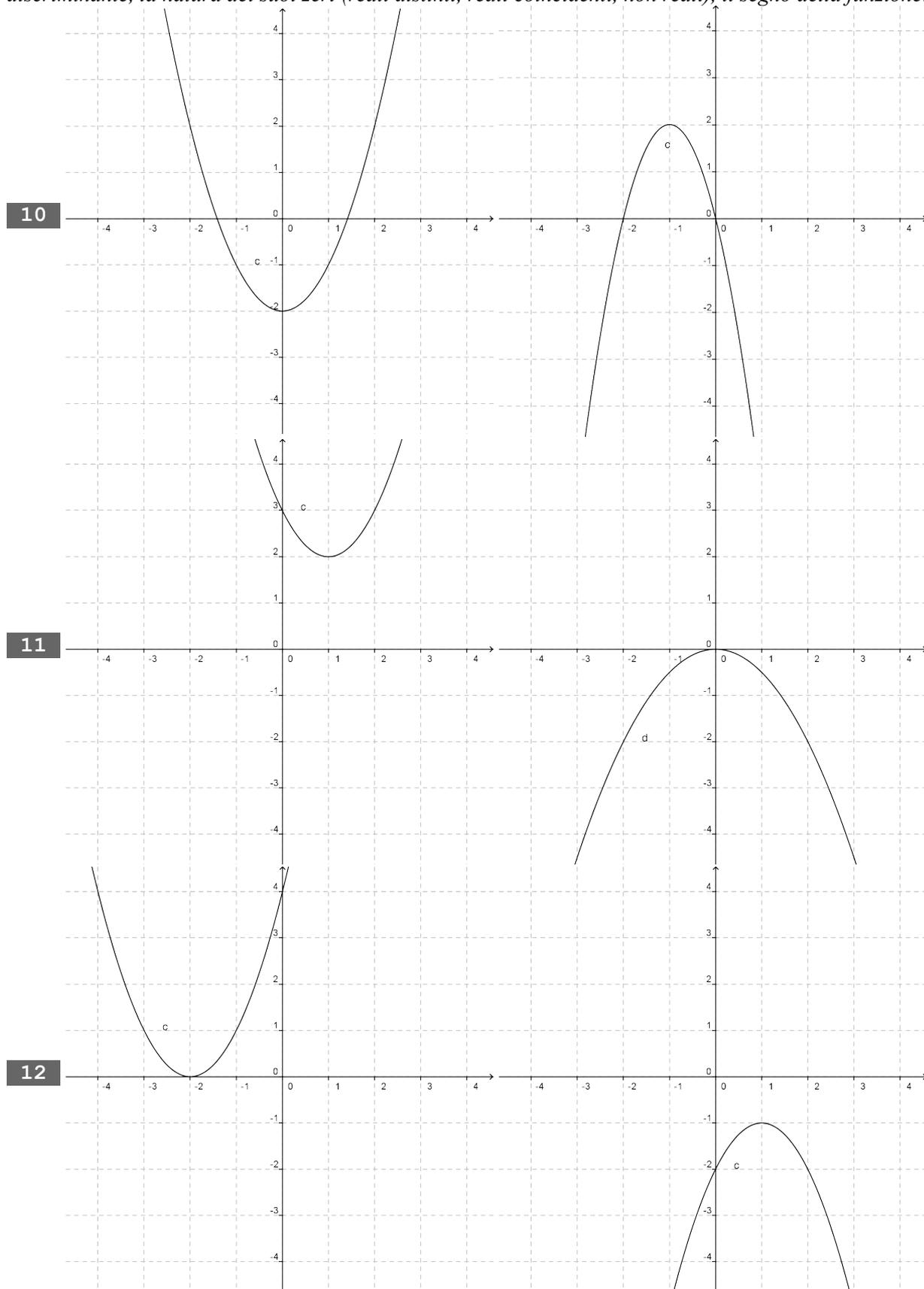
Strategia risolutiva:

Tracciamo il grafico della funzione $y = x^2 - 2x - 3$ e leggiamo dal grafico gli insiemi richiesti:

- Le ascisse dei punti B e C costituiscono l'insieme soluzione dell'equazione $x^2 - 2x - 3 = 0 \rightarrow x_1 = -1 \vee x_2 = 3$
- I valori di x dell'insieme $H = \{x \in \mathbb{R} \mid x_C < x < x_B\}$ rendono il trinomio negativo; infatti preso un valore dell'insieme, ad esempio $x = 0$, il punto sulla parabola ha ordinata negativa (-3) . Segnatelo sul grafico accanto e ripetete per $x = 1, x = \frac{3}{2}, x = 2$
- I valori di x dell'insieme $K = \{x \in \mathbb{R} \mid x < x_C \vee x > x_B\}$ rendono il trinomio positivo; infatti preso un valore dell'insieme, ad esempio $x = \frac{7}{2}$, il punto sulla parabola ha ordinata positiva. Segnatelo sul grafico accanto e ripetete per $x = -1, 2$.



Per ciascun grafico di parabola $y = ax^2 + bx + c$ indica il segno del primo coefficiente e del discriminante, la natura dei suoi zeri (reali distinti, reali coincidenti, non reali), il segno della funzione:



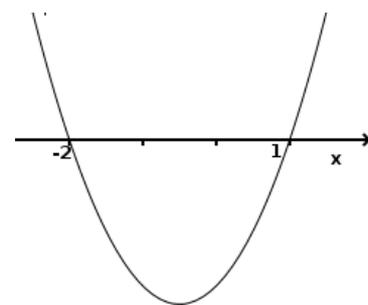
Osservazione conclusiva: la ricerca dell'insieme soluzione di una disequazione di secondo grado è sempre interpretabile come la ricerca del segno di un trinomio e quindi risolvibile per via grafica. In questi casi non è necessario rappresentare in modo preciso la parabola associata al trinomio, ma basta ricordare quanto detto inizialmente sugli zeri di una funzione.

Tabella riassuntiva per la risoluzione delle disequazioni di secondo grado			
$a > 0$			
$\Delta = b^2 - 4ac$	parabola	segno	Insieme soluzione
$\Delta > 0$ soluzioni reali distinte		$ax^2 + bx + c = 0$	$x = x_1 \vee x = x_2$
		$ax^2 + bx + c > 0$	
		$ax^2 + bx + c < 0$	$x_1 < x < x_2$
$\Delta = 0$ soluzioni reali coincidenti		$ax^2 + bx + c = 0$	$x = x_1 = x_2$
		$ax^2 + bx + c > 0$	
		$ax^2 + bx + c < 0$	nessun numero reale $I.S. = \emptyset$
$\Delta < 0$ soluzioni non reali		$ax^2 + bx + c = 0$	nessun numero reale $I.S. = \emptyset$
		$ax^2 + bx + c > 0$	$x \in \mathbb{R}$
		$ax^2 + bx + c < 0$	nessun numero reale $I.S. = \emptyset$
$a < 0$			
$\Delta > 0$ soluzioni reali distinte		$ax^2 + bx + c = 0$	$x = x_1 \vee x = x_2$
		$ax^2 + bx + c > 0$	$x_1 < x < x_2$
		$ax^2 + bx + c < 0$	
$\Delta = 0$ soluzioni reali coincidenti		$ax^2 + bx + c = 0$	$x = x_1 = x_2$
		$ax^2 + bx + c > 0$	nessun numero reale $I.S. = \emptyset$
		$ax^2 + bx + c < 0$	
$\Delta < 0$ soluzioni non reali		$ax^2 + bx + c = 0$	nessun numero reale $I.S. = \emptyset$
		$ax^2 + bx + c > 0$	nessun numero reale $I.S. = \emptyset$
		$ax^2 + bx + c < 0$	$x \in \mathbb{R}$

Esempi

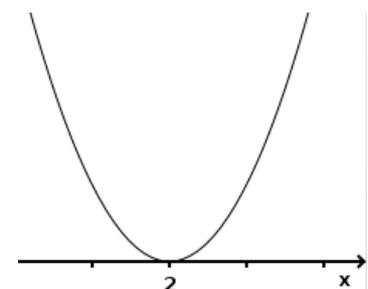
■ $x^2 + x - 2 > 0$

Risolviamo l'equazione $x^2 + x - 2 = 0$ che avendo il discriminante positivo ammette due soluzioni reali distinte $x_1 = -2 \vee x_2 = 1$. I due numeri 1 e -2 sono gli zeri del trinomio e dunque gli zeri della funzione $y = x^2 + x - 2$; la parabola volge la concavità verso l'alto quindi possiamo grossolanamente rappresentare la sua posizione rispetto all'asse x e dedurre l'insieme soluzione richiesto: $I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x < -2 \vee x > 1\}$ o con notazione insiemistica $(-\infty, -2) \cup (1, +\infty)$



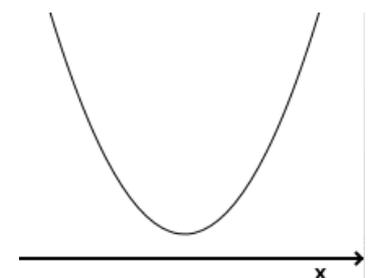
■ $x^2 - 4x + 4 \leq 0$

Risolviamo l'equazione $x^2 - 4x + 4 = 0$ che avendo il discriminante nullo ammette due soluzioni reali coincidenti $x_1 = x_2 = 2$: gli zeri del trinomio sono coincidenti nel numero 2, la parabola $y = x^2 - 4x + 4$ ha il vertice sull'asse x e volge la concavità verso l'alto quindi possiamo grossolanamente rappresentare la sua posizione e dedurre l'insieme soluzione richiesto: $I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x = 2\}$ nessun valore reale rende il trinomio negativo.



■ $x^2 - 2x + 7 > 0$

Risolviamo l'equazione $x^2 - 2x + 7 = 0$ che avendo il discriminante negativo non ammette soluzioni reali; il trinomio non ha zeri reali, la parabola $y = x^2 - 2x + 7$ volge la concavità verso l'alto e non ha punti appartenenti all'asse x quindi possiamo grossolanamente rappresentare la sua posizione e dedurre l'insieme soluzione richiesto: $I.S. = \mathbb{R}$



Risolvere le disequazioni di secondo grado, collocando le rispettive parabole grossolanamente rispetto all'asse x, come fatto negli esempi:

13 $2x^2 + 3x - 1 < 0$

14 $x^2 - 5x + 6 \leq 0$

15 $x^2 - 3x - 4 > 0$

16 $x^2 - 6x + 5 \geq 0$

17 $6x^2 + x - 2 > 0$

18 $15x^2 + x - 6 \leq 0$

19 $-x^2 + 1 \geq 0$

20 $x^2 - \frac{1}{4} > 0$

21 $x^2 - \frac{1}{4}x \leq 0$

22 $x^2 + 2x \leq 0$

23 $x^2 + 2x + 1 \leq 0$

24 $x^2 + x + 1 < 0$

Negli esercizi che seguono si tenga quindi presente che un trinomio di secondo grado, con il coefficiente di x^2 positivo, assume segno positivo per le x appartenenti agli intervalli esterni alle radici e valore negativo per x appartenente all'intervallo interno.

25	$x^2 - 6x \leq 0$	$5x^2 > 0$	R. $0 \leq x \leq 6$ R. $x \neq 0$
26	$x^2 - x > 0$	$x^2 \leq 0$	R. $x < -1 \vee x > 0$ R. $x = 0$
27	$3x^2 \leq -1$	$x^2 - 9 > 0$	R. \emptyset R. $x_1 < -3 \vee x > 3$
28	$2x^2 - 3x + 1 > 0$	$-x^2 + 3x \geq 0$	R. $x < \frac{1}{2} \vee x > 1$ R. $0 \leq x \leq 3$
29	$3x^2 + x - 2 > 0$	$x^2 - 4 > 0$	R. $x_1 < -1 \vee x > \frac{2}{3}$ R. $x_1 < -2 \vee x > 2$
30	$\frac{4}{3}x^2 - \frac{1}{3}x - 1 < 0$	$x^2 - 8 \leq 0$	R. $-\frac{3}{4} < x < 1$ R. $-2\sqrt{2} \leq x \leq 2\sqrt{2}$
31	$x^2 - 5x + 3 \geq 0$	$x^2 - 4x + 9 > 0$	R. $x \leq \frac{5 - \sqrt{13}}{2} \vee x \geq \frac{5 + \sqrt{13}}{2}$ R. \mathbb{R}
32	$x^2 - 6x + 8 \leq 0$	$x^2 + 3x - 4 \geq 0$	R. $2 \leq x \leq 4$ R. $x \leq -4 \vee x \geq 1$
33	$x^2 - 4x - 9 \leq 0$	$x^2 - 9x + 18 < 0$	R. $2 - \sqrt{13} \leq x \leq 2 + \sqrt{13}$ R. $3 < x < 6$
34	$x^2 - 8x + 15 \geq 0$	$-2x^2 \geq 0$	R. $x \leq 3 \vee x \geq 5$ R. $x = 0$
35	$3x^2 - \frac{2}{3}x - 1 \leq 0$	$x^2 + 5 > 0$	R. $\frac{1 - 2\sqrt{7}}{9} \leq x \leq \frac{1 + 2\sqrt{7}}{9}$ R. \mathbb{R}
36	$x^2 + 6x - 2 > 0$	$2x^2 + 5x + 4 \leq 0$	R. $[x < -3 - \sqrt{11} \vee x > -3 + \sqrt{11}]$ R. \emptyset
37	$x^2 - 3x - \frac{5}{2} < 0$	$x^2 + 1 > 0$	R. $x < \frac{3 - \sqrt{19}}{2} \vee x > \frac{3 + \sqrt{19}}{2}$ R. \mathbb{R}
38	$-x^2 + 5 \leq 0$	$x^2 + x \geq 0$	R. $x \leq -\sqrt{5} \vee x \geq \sqrt{5}$ R. $x \leq -1 \vee x \geq 0$
39	$(x+1)^2 \geq 0$	$x^2 > 1$	R. \mathbb{R} R. $x < -1 \vee x > 1$
40	$2x^2 - 6 < 0$	$-x^2 - 1 \leq 0$	R. $-\sqrt{3} < x < \sqrt{3}$ R. \mathbb{R}
41	$9 - 4x^2 \leq 0$	$3x - 2x^2 > 0$	R. $x \leq -\frac{3}{2} \vee x \geq \frac{3}{2}$ R. $0 < x < \frac{3}{2}$
42	$x^2 \geq 0$	$2x^2 + 4 > 0$	R. \mathbb{R} R. \mathbb{R}
43	$x^2 - x - 2 > 0$	$x^2 + 11x + 30 \leq 0$	R. $x < -1 \vee x > 2$ R. $-6 \leq x \leq -5$
44	$-x^2 + 4x + 3 > 0$	$x^2 + 4x + 4 < 0$	R. $2 - \sqrt{7} < x < 2 + \sqrt{7}$ R. \emptyset
45	$x^2 - x + 1 < 0$	$x^2 - \frac{1}{9} \geq 0$	R. \emptyset R. $x \leq -\frac{1}{3} \vee x \geq \frac{1}{3}$
46	$9x^2 + 3x - 2 \leq 0$	$2x^2 + 5 < 0$	R. $-\frac{2}{3} \leq x \leq \frac{1}{3}$ R. \emptyset
47	$4x - x^2 \geq 0$	$9x^2 + 10x + 1 \leq 0$	R. $0 \leq x \leq 4$ R. $-1 \leq x < -\frac{1}{9}$
48	$0,01x^2 - 1 > 0$	$1,6x^2 - 2x \leq 0$	R. $x < -10 \vee x > 10$ R. $0 \leq x < \frac{6}{5}$
49	$\frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{8} > 0$	$4x^2 + \frac{5}{3}x - 1 \leq 0$	R. $x < -\frac{1}{2} \vee x > \frac{1}{2}$ R. $-\frac{3}{4} \leq x \leq \frac{1}{3}$
50	$x^2 + x + \sqrt{2} > 0$	$x^2 + 2\sqrt{2}x + 2 > 0$	R. \mathbb{R} R. $\mathbb{R} - \{\sqrt{2}\}$
51	$12x^2 - 3 \geq 4x(2x - 1)$		R. $x \leq -\frac{3}{2} \vee x \geq \frac{1}{2}$
52	$2x^2 - 11x - 6 \geq 0$		R. $-\frac{1}{2} \leq x \leq 6$
53	$(3x+1)^2 > (2x-1)^2$		R. $x < -2 \vee x > 0$
54	$(x+1)(x-1)^2 > x^3$		R. $-\frac{\sqrt{5}+1}{2} < x < \frac{\sqrt{5}-1}{2}$
55	$(x+3)(x+2) < -(x+2)^2$		R. $-\frac{5}{2} < x < -2$
56	$\frac{x+1}{2} + \frac{(x+1)(x-1)}{4} > x^2 - 1$		R. $-1 < x < \frac{5}{3}$

- 57** $(x+1)^3 - (x+2)^2 > \frac{2x^3-1}{2}$ R. $x < \frac{1-\sqrt{21}}{4} \vee x > \frac{1+\sqrt{21}}{4}$
- 58** $(x-2)(3-2x) \geq x-2$ R. $1 \leq x \leq 2$
- 59** $(3x+1)\left(\frac{5}{2}+x\right) \leq 2x-1$ R. $-\frac{7}{6} \leq x \leq -1$
- 60** $\frac{x^2+16}{4} + x - 1 < \frac{x-3}{2}$ R. \emptyset
- 61** $\frac{3x-2}{2} < x^2-2$ R. $x \leq -\frac{1}{2} \vee x \geq 2$
- 62** $\frac{x-3}{2} - \frac{x^2+2}{3} < 1+x$ R. \mathbb{R}
- 63** $(x+4)^2 + 8 \geq \frac{x-1}{3}$ R. \mathbb{R}
- 64** $\left(\frac{x-1}{3} - \frac{x}{6}\right)^2 \leq (x+1)^2$ R. $x \leq -\frac{8}{5} \vee x \geq -\frac{4}{7}$
- 65** $\frac{1}{2}\left(x-\frac{2}{3}\right)^2 + x\left(x-\frac{2}{3}\right)\left(x+\frac{2}{3}\right) > x^3 - \frac{x}{2}\left(x-\frac{2}{3}\right) - \frac{8}{27}$ R. $I.S. = \left\{x \in \mathbb{R} \mid x < \frac{2}{3} \vee x > \frac{7}{9}\right\}$
- 66** $3x-5+(1-3x)^2 > (x-2)(x+2)$ R. $x < 0 \vee x > \frac{3}{8}$
- 67** $\frac{x-2}{3} - (3x+3)^2 > x$ R. $-\frac{29}{27} < x < -1$
- 68** $(x-4)2 + (2-x)^2 - 2(2x+17) > 4(x+5)(3-x) + (x+1)^2$ R. $x < -3 \vee x > 5$
- 69** $(x-2)^3 - x^3 > x^2 - 4$ R. $\frac{6-2\sqrt{2}}{7} < x < \frac{6+2\sqrt{2}}{7}$
- 70** $(2-x)^3 - (2-x)^2 < \frac{3-4x^3}{4}$ R. $I.S. = \emptyset$
- 71** $(x+200)^2 + x + 200 < 2$ R. $-202 < x < -199$
- 72** $\frac{(2x-1)^3 - 8x}{2} - \frac{(2x+1)^2 - 15}{4} \leq 4x(x-1)^2 - 6$
- 73** $\frac{(3-x)^2}{2} - 1 \geq -\frac{x^2-4}{4}$ R. $x \leq 2 - \frac{\sqrt{6}}{3} \vee x \geq 2 + \frac{\sqrt{6}}{3}$
- 74** $\left(\frac{x}{2}+1\right)^2 - 2x > \frac{5}{4}\left(\frac{x}{2}-1\right)$
- 75** $(x+1)^2 > (x-1)^2 + (x+2)^2 + 4x$ R. $I.S. = \emptyset$
- 76** $\frac{x^2}{4} + x < \frac{x+3}{4} + \frac{x}{2} - \frac{1-x}{2}$ R. $-1 < x < 1$

Scegliete la risposta esatta tra quelle proposte

- 77** Il monomio $16x^2$ risulta positivo per:
 [A] $x > 16$ [B] $x > \frac{1}{16}$ [C] $x < -4 \vee x > 16$ [D] $x \in \mathbb{R}$ [E] $x \in \mathbb{R}_0$
- 78** Il binomio $16+x^2$ risulta positivo per:
 [A] $x > -16$ [B] $-4 < x < 4$ [C] $x \in \mathbb{R} - \{-4, 4\}$ [D] $x \in \mathbb{R}$ [E] $x < -4 \vee x > 4$
- 79** il binomio $16-x^2$ risulta positivo per:
 [A] $x < -16$ [B] $-4 < x < 4$ [C] $x \in \mathbb{R} - \{-4, 4\}$ [D] $x \in \mathbb{R}$ [E] $x < -4 \vee x > 4$
- 80** Spiegate sfruttando il metodo grafico la verità della proposizione: "nessun valore della variabile a rende il polinomio $(3+a)^2 - (2a+1) \cdot (2a-1) - (a^2+2a+35)$ positivo".

► 3. Segno del trinomio a coefficienti letterali

Consideriamo il trinomio $t = kx^2 + 3x - 7$ di secondo grado avente il primo coefficiente dipendente dal parametro k . Come possiamo stabilire il segno di questo trinomio, al variare di k ?

Sappiamo che stabilire il segno di un trinomio significa determinare i valori reali che attribuiti alla variabile indipendente x rendono il trinomio positivo, nullo o negativo. Evidentemente per ogni valore reale di k avremo una diversa disequazione da risolvere; dobbiamo dunque cercare di analizzare come varia il trinomio a seconda dei valori di k e in seguito studiare il segno del trinomio ottenuto. Questa analisi di situazioni diverse è la **discussione del trinomio a coefficienti parametrici**.

Esempio

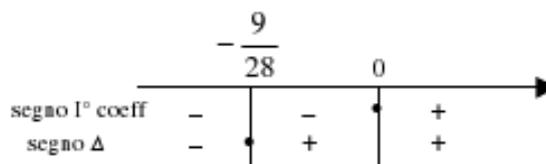
Stabilire il segno di $t = kx^2 + 3x - 7$ al variare di k .

- 1° passo: prendiamo in considerazione il primo coefficiente e il discriminante dell'equazione associata $kx^2 + 3x - 7 = 0$ e stabiliamo il loro segno:

1° coefficiente ≥ 0 per $k \geq 0$

$$\Delta = 9 + 28k \geq 0 \quad \text{per} \quad k \geq -\frac{9}{28} \quad \text{e rappresentiamo}$$

la loro reciproca situazione:

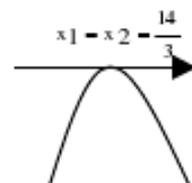


- 2° passo: analizziamo i valori del parametro nei vari intervalli determinati:

$k < -\frac{9}{28}$: Il primo coefficiente è negativo così come il Δ , la parabola volge la concavità verso il basso e non ha zeri reali: il trinomio è negativo per qualunque valore reale di x .

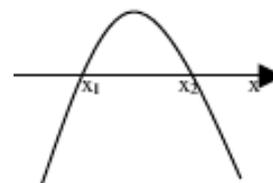


$k = -\frac{9}{28}$ Il primo coefficiente è negativo e $\Delta = 0$. La parabola volge la concavità verso il basso e ha due zeri reali coincidenti $x_1 = x_2 = \frac{14}{3}$:



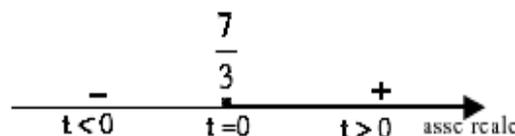
il trinomio si annulla per $x = \frac{14}{3}$ mentre per qualunque altro valore di x è negativo.

$-\frac{9}{28} < k < 0$ Il primo coefficiente è negativo e Δ positivo. La parabola volge la concavità verso il basso e ha due zeri reali distinti: il trinomio si annulla per $x = x_1 \vee x = x_2$; è positivo per $x_1 < x < x_2$; è negativo per $x < x_1 \vee x > x_2$

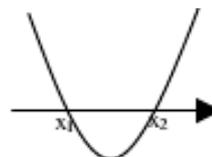


$k = 0$ il trinomio diventa un binomio di primo grado: $t = 3x - 7$ e quindi $t > 0$ per $x > \frac{7}{3}$,

$$t < 0 \quad \text{per} \quad x < \frac{7}{3}, \quad t = 0 \quad \text{per} \quad x = \frac{7}{3}.$$



$k > 0$ Il primo coefficiente è positivo così come il Δ . La parabola volge la concavità verso l'alto e ha due zeri reali distinti: **il trinomio si annulla per $x = x_1 \vee x = x_2$; è negativo per $x_1 < x < x_2$; è positivo per $x < x_1 \vee x > x_2$**



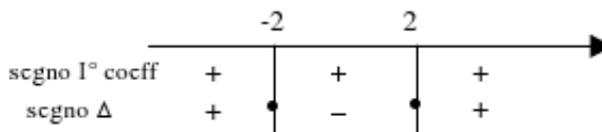
Esempio

Stabilite al variare del parametro k l'I.S. della disequazione $x^2 + kx + 1 < 0$

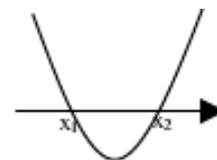
Prendiamo in considerazione il primo coefficiente e il discriminante dell'equazione associata $x^2 + kx + 1 = 0$ e stabiliamo il loro segno:

I° coefficiente: indipendente dal parametro e sempre positivo.

$\Delta = k^2 - 4 \geq 0$ per $k \leq -2 \vee k \geq 2$ e rappresentiamo la loro reciproca situazione:



- $k < -2 \vee k > 2$ primo coefficiente positivo e Δ positivo. La parabola volge la concavità verso l'alto e ha due zeri reali distinti: $x = x_1 \vee x = x_2$; il trinomio è negativo per $x_1 < x < x_2$.
- $-2 < k < 2$ primo coefficiente positivo, Δ negativo. La parabola volge la concavità verso l'alto e non ha zeri reali: il trinomio è positivo per ogni valore reale di x .
- $k = -2 \vee k = 2$ Primo coefficiente positivo e $\Delta = 0$. La parabola volge la concavità verso l'alto e ha un unico zero reale: il trinomio si annulla per $x = x_1$; è positivo $\forall x \in \mathbb{R} - \{x_1\}$.



Risolvi e discuti le seguenti disequazioni

81 $x^2 - 2kx + k^2 - 1 > 0$

R. $x < k - 1 \vee x > k + 1$

82 $3x^2 - 5ax - 2a^2 < 0$

R. $\begin{cases} a = 0 \rightarrow \text{impos.} \\ a > 0 \rightarrow -\frac{1}{3}a < x < 2a \\ a < 0 \rightarrow 2a < x < -\frac{1}{3}a \end{cases}$

83 $4x^2 - 4x + 1 - 9m^2 < 0$

R. $\begin{cases} m = 0 \rightarrow \text{impos.} \\ m > 0 \rightarrow \frac{1-3m}{2} < x < \frac{1+3m}{2} \\ m < 0 \rightarrow \frac{1+3m}{2} < x < \frac{1-3m}{2} \end{cases}$

84 $2x^2 - 3ax < 0$

R. $\begin{cases} a = 0 \rightarrow I.S. = \emptyset \\ a > 0 \rightarrow 0 < x < \frac{3}{2}a \\ a < 0 \rightarrow \frac{3}{2}a < x < 0 \end{cases}$

85 $x^2 - 2tx - 8t^2 > 0$

R. $\begin{cases} t = 0 \rightarrow x \neq 0 \\ t > 0 \rightarrow -2t < x < 4t \\ t < 0 \rightarrow 4t < x < -2t \end{cases}$

86 $(1-s)x^2 + 9 > 0$

R. $\begin{cases} s \leq 1 \rightarrow I.S. = \mathbb{R} \\ s > 1 \rightarrow \frac{-3}{\sqrt{k-1}} < x < \frac{3}{\sqrt{k-1}} \end{cases}$

87 $(m-1)x^2 - mx > 0$

R. $\begin{cases} m = 0 \rightarrow I.S. = \emptyset \\ m = 1 \rightarrow x < 0 \\ 0 < m < 1 \rightarrow \frac{m}{m-1} < x < 0 \\ m < 0 \rightarrow 0 < x < \frac{m}{m-1} \\ m > 1 \rightarrow x < 0 \vee x > \frac{m}{m-1} \end{cases}$

88 $kx^2 - (k+1)x - 3 \geq 0$

89 Determinare al variare del parametro m il segno del trinomio $t = (1-m)x^2 - 2mx - m + 3$.

► 4. Disequazioni polinomiali di grado superiore al secondo

Una disequazione polinomiale si presenta in una delle seguenti forme: $p(x) \leq 0$ oppure $p(x) < 0$ oppure $p(x) \geq 0$ oppure $p(x) > 0$, dove $p(x)$ è un polinomio nella sola variabile x .

Esempi

- Un numero è tale che sottraendo al suo cubo il suo triplo si ottiene un numero maggiore del triplo del suo quadrato aumentato di 4. Determinare l'Insieme Soluzioni del problema.

La richiesta del problema implica la ricerca dell'Insieme Soluzione della disequazione $x^3 - 3x > 3x^2 + 4$, di terzo grado nella variabile x . Scriviamo la disequazione in forma canonica, applicando i principi di equivalenza: $x^3 - 3x^2 - 3x - 4 > 0$. Si tratta di una disequazione polinomiale di terzo grado.

Procediamo nella ricerca della scomposizione in fattori del polinomio $p(x) = x^3 - 3x^2 - 3x - 4$.

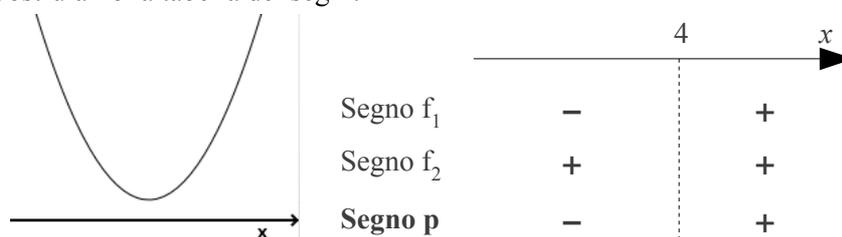
Mediante la regola di Ruffini possiamo determinare un suo zero $x = 4$ e dunque ottenere

$$p(x) = x^3 - 3x^2 - 3x - 4 = (x - 4)(x^2 + x + 1)$$

Determiniamo il segno dei singoli fattori: primo fattore $f_1 > 0 \rightarrow x > 4$; secondo fattore

$$f_2 > 0 \rightarrow x^2 + x + 1 > 0 \text{ disequazione di secondo grado, } 1^\circ \text{ coefficiente positivo e } \Delta = 1 - 4 = -3$$

negativo; la parabola è del tipo rappresentato in figura e dunque il secondo fattore è positivo per qualunque valore reale di x . Costruiamo la tabella dei segni:



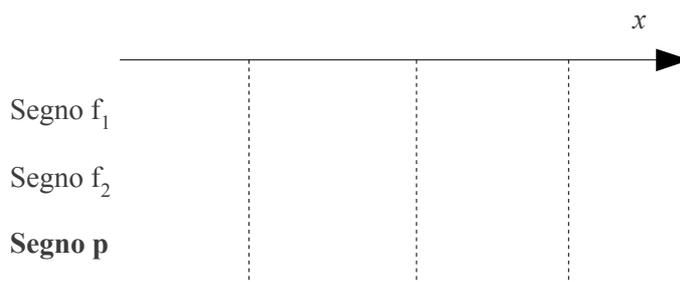
$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x > 4\} = (4; +\infty)$; il problema ha dunque infinite soluzioni.

- Determinate l'I.S. della disequazione $-2x(3-2x) - 3x^2 \left(2 - \frac{5}{2}x\right) \geq 5 \left(2x^2 - \frac{3}{10}x\right)$

Osserviamo che la disequazione proposta è polinomiale e di grado 3; eseguiamo i calcoli per portarla alla forma $p(x) \geq 0$. Eseguendo i calcoli e applicando i principi di equivalenza verificare che si ottiene $3x^3 - 8x^2 - 3x \geq 0$.

Scomporre in fattori il polinomio $p(x) = 3x^3 - 8x^2 - 3x = x \cdot (3x^2 - 8x - 3)$

determinare il segno dei singoli fattori e costruire la tabella dei segni:



Verificare che si ottiene $I.S. = \left\{x \in \mathbb{R} \mid -\frac{1}{3} \leq x \leq 0 \vee x \geq 3\right\}$

90 Verificare che nessun numero naturale appartiene all'Insieme Soluzione della disequazione:

$(x^2 - x) \cdot (2x^2 + 13x + 20) < 0$; c 'è qualche numero intero nell'I.S.? È vero che l'I.S. è formato dall'unione di due intervalli aperti di numeri reali?

91 Dopo aver scomposto in fattori il polinomio $p(x) = 2x^4 - 5x^3 + 5x - 2$ determinare il suo segno.

92 Stabilire se esiste almeno un numero naturale che renda negativo il trinomio $p(x) = 9x^2 + x^4 - 10$.

93 Nell'insieme dei valori reali che rendono positivo il trinomio $p(x) = 2x^5 - 12x^3 - 14x$, vi sono solo due numeri interi negativi?

94 $x \in (-1; +\infty) \rightarrow p(x) = x^5 - 2x^2 - x + 2 > 0$ Vero o falso?

95 All'insieme dei valori reali che rendono negativo il polinomio $p(x) = (2x - 1)^3 - (3 - 6x)^2$ appartiene un valore razionale che lo annulla. Vero o falso?

Risolvi le seguenti disequazioni riconducibili a disequazioni di primo e secondo grado

- 96** $(1-x)(2-x)(3-x) > 0$ R. $x < 1 \vee 2 < x < 3$
- 97** $(2x-1)(3x-2)(4x-3) \leq 0$ R. $\frac{2}{3} \leq x \leq \frac{3}{4} \vee x \leq \frac{1}{2}$
- 98** $-2x(x-1)(x+2) > 0$ R. $x < -2 \vee 0 < x < 1$
- 99** $(x^4 - 4x^2 - 45) \cdot (4x^2 - 4x + 1) > 0$
- 100** $3x(x-2)(x+3)(2x-1) \leq 0$ R. $\frac{1}{2} \leq x \leq 2 \vee -3 \leq x \leq 0$
- 101** $(x^2+1)(x-1)(x+2) > 0$ R. $x < -2 \vee x > 1$
- 102** $(1-9x^2)(9x^2-3x)2x > 0$ R. $x < -1/3$
- 103** $(16x^2-1)(x^2-x-12) > 0$ R. $-\frac{1}{4} < x < \frac{1}{4} \vee x < -3 \vee x > 4$
- 104** $-x(x^2-3x-10)(x^2-9x+18) \leq 0$ R. $3 \leq x \leq 5 \vee -2 \leq x \leq 0 \vee x \geq 6$
- 105** $x^2(x-1)(2x^2-x)(x^2-3x+3) > 0$ R. $0 < x < \frac{1}{2} \vee x > 1$
- 106** $(x^2-1)(x^2-2)(x^2-3x) > 0$ R. $x < -\sqrt{2} \vee 1 < x < \sqrt{2} \vee -1 < x < 0 \vee x > 3$
- 107** $x^3 - x^2 + x - 1 > 0$ R. $x > 1$
- 108** $x^3 - 5x^2 + 6 < 0$ R. $3 - \sqrt{3} < x < 3 + \sqrt{3} \vee x < -1$
- 109** $(5x^3 - 2x^2)(3x^2 - 5x) \geq 0$ R. $0 \leq x \leq \frac{2}{5} \vee x \geq \frac{5}{3}$
- 110** $x^4 - 2x^3 - x + 2 > 0$ R. $x < 1 \vee x > 2$
- 111** $x^4 + x^2 - 9x^2 - 9 \leq 0$ R. $-3 \leq x \leq 3$
- 112** $25x^4 - 9 > 0$ R. $x < -\frac{\sqrt{15}}{5} \vee x > \frac{\sqrt{15}}{5}$
- 113** $x^3 - 1 \geq 2x(x-1)$ R. $x \geq 1$
- 114** $x^4 - 1 > x^2 + 1$ R. $x < -\sqrt{2} \vee x > \sqrt{2}$
- 115** $(x^2+x)^2 + 2(x+1)^2 \geq 0$ R. \mathbb{R}
- 116** $(x+1)\left(x - \frac{1}{2}\right)(x+2) < 0$ R. $-1 < x < \frac{1}{2} \vee x < -2$
- 117** $(x^2-4)(x-2) \geq 0$ R. $x \geq -2$
- 118** $(x-7)(x^2-7x+10) < 0$ R. $5 < x < 7 \vee x < 2$
- 119** $(x^2-4)(x^2-9) \geq 0$ R. $x \leq -3 \vee -2 \leq x \leq 2 \vee x \geq 3$
- 120** $(x^4+4x^3-12x^2)(x+3) \geq 0$ R. $x=0 \vee -6 \leq x \leq -3 \vee x \geq 2$
- 121** $(x-4)^3 - (x-4)^2 - 2x + 10 > 2$ R. $3 < x < 4 \vee x > 6$
- 122** $x^3 - 1 \geq 0$ R. $x \geq 1$
- 123** $(x^2+6x-27)(2x^2+13x+6) < 0$ R. $-9 < x < -6 \vee -\frac{1}{2} < x < 3$
- 124** $(x+3)(x+4)(x+5)(5-x)(4-x)(3-x) > 0$ R. $-5 < x < -4 \vee -3 < x < 3 \vee 4 < x < 5$
- 125** $(x^2-2x)(x^2+1) > 0$ I.S. = $(-\infty; 0) \cup (2; +\infty)$
- 126** $(8-2x^2)(3x-x^2+4) < 0$ I.S. = $(-2; -1) \cup (2; 4)$
- 127** $(6x^2-6)(100x^2+100x) < 0$ I.S. = $\{x \in \mathbb{R} \mid 0 < x < 1\}$
- 128** $(1+x^2)(3x^2+x) < 0$ I.S. = $\left\{x \in \mathbb{R} \mid -\frac{1}{3} < x < 0\right\}$
- 129** $(x^2+3x+3)(4x^2+3) > 0$ I.S. = \mathbb{R}
- 130** $(125+4x^2)(128+2x^2) < 0$ I.S. = \emptyset
- 131** $(x^2+4x+4)(x^2-4x+3) > 0$ I.S. = $\{x \in \mathbb{R} \mid x < -2 \vee -2 < x < 1 \vee x > 3\}$
- 132** $(x^2-5x+8)(x^2-2x+1) > 0$ I.S. = $\{x \in \mathbb{R} \mid x < 1 \vee x > 1\}$

133	$(-2x+1)(3x-x^2)>0$	$I.S.=\left(0;\frac{1}{2}\right)\cup(3;+\infty)$
134	$(4x^2-3x)(x^2-2x-8)<0$	$I.S.=(-2;0)\cup\left(\frac{3}{4};4\right)$
135	$(4x-x^2+5)(x^2-9x+20)<0$	$I.S.=\{x\in\mathbb{R}\mid x<-1\vee 4<x<5\vee x>5\}$
136	$(5+2x)(-2x^2+14x+16)<0$	$I.S.=\left\{x\in\mathbb{R}\mid -\frac{5}{2}<x<-1\vee x>8\right\}$
137	$(5x-2x^2-10)(x^2+3x-28)>0$	$I.S.:(-7;4)$
138	$(x^2-6x+9)(8x-7x^2)>0$	$I.S.:\left(0;\frac{8}{7}\right)$
139	$(3x^2+2x-8)(6x^2+19x+15)<0$	$I.S.=\left\{x\in\mathbb{R}\mid -2<x<-\frac{5}{3}\vee -\frac{3}{2}<x<\frac{4}{3}\right\}$
140	$(3x^2-5x-2)(4x^2+8x-5)>0$	$I.S.=\left\{x\in\mathbb{R}\mid x<-\frac{5}{2}\vee -\frac{1}{3}<x<\frac{1}{2}\vee x>2\right\}$
141	$(4x-4)(2x^2-3x+2)<0$	$I.S.:(-\infty;1)$
142	$(2x-4)(2x^2-3x-14)>0$	$I.S.:(-2;2)\cup\left(\frac{7}{2};+\infty\right)$
143	$(-7x+6)(x^2+10x+25)<0$	$x>6/7$
144	$(-3+3x)(x^3-4x^2)>0$	$I.S.=\{x\in\mathbb{R}\mid x<0\vee 0<x<1\vee x>4\}$
145	$(x^2+1)(x^2-1)>0$	$(1-x)(2-x)^2\leq 0$
146	$-x(x^2+1)(x+1)\geq 0$	$(x+1)^2(x^2-1)<0$
147	$(x^2-4)(2x-50x^2)\geq 0$	$(x-4)(2x^2+x-1)\geq 0$
148	$-3x^3+27>0$	$3x^3+27>0$
149	$x^3+3x^2+3x+1\leq 0$	$x^3-6x+9<0$
150	$x^5+1>x(x^3+1)>0$	$x^3-7x^2+4x+12\geq 0$
151	$x^3+5x^2-2x-24<0$	$6x^3+23x^2+11x-12\leq 0$
152	$4x^3+4x^2-4x-4\geq 0$	$-6x^3-30x^2+192x-216<0$
153	$81x^4-1\leq 0$	$3x^5+96<0$
154	$x^4-13x^2+36<0$	$9x^4-37x^2+4\geq 0$
155	$-4x^4+65x^2-16<0$	$x^6-4x^3+3\geq 0$
156	$x^8-x^4-2<0$	$\frac{2}{3}x^3>\frac{9}{4}$
157	$(2x-1)^2\geq x^2(4x^2-4x+1)$	
158	$(x+1)(x^2-1)>(x^2-x)(x-1)^2$	
159	$-4x(x^2+7x+12)(x^2-25)(4-x)>0$	
160	$(x-5x^2)(x^4-3x^3+5x^2)\geq 0$	
161	$(4+7x^2)\left[x^2-(\sqrt{2}+\sqrt{3})x+\sqrt{6}\right]<0$	
162	$(x^3-9x)(x-x^2)(4x-4-x^2)>0$	
163	$x x+1 \cdot(x^2-2x+1)\geq 0$	

► 5. Disequazioni fratte

Ricordiamo la

DEFINIZIONE. Una disequazione è **frazionaria** o **fratta** quando il suo denominatore contiene l'incognita.

Conosciamo la procedura per determinare IS di una disequazione fratta in quanto l'abbiamo applicata alle disequazioni fratte con termini di primo grado.

Procedura per determinare I.S. (Insieme Soluzione) di una disequazione frazionaria (fratta)

- 1° passo: applicando il primo principio si trasportano tutti i termini al primo membro;
- 2° passo: si calcola l'espressione al primo membro conducendo la disequazione alla forma $\frac{N(x)}{D(x)} \geq 0$ oppure $\frac{N(x)}{D(x)} \leq 0$ oppure $\frac{N(x)}{D(x)} < 0$ oppure $\frac{N(x)}{D(x)} > 0$;
- 3° passo: si studia il segno del numeratore e del denominatore, ponendo $N(x) > 0$ oppure $N(x) \geq 0$ (a secondo della richiesta) con $D(x) > 0$;
- 4° passo: si costruisce la tabella dei segni, segnando con un punto ingrossato gli zeri della frazione, se richiesti;
- 5° passo: si individuano gli intervalli in cui la frazione assume il segno richiesto.

Vediamo attraverso alcuni esempi come procedere con le conoscenze raggiunte nello studio delle disequazioni di secondo grado.

Problema

Determinare, al variare di x in \mathbb{R} , il segno dell'espressione $E = \frac{4}{4x^2 - 1} + \frac{1}{2x + 1} + \frac{x}{1 - 2x}$

Osservazioni preliminari:

- l'espressione assegnata è frazionaria, quindi lo studio del segno deve essere circoscritto ai valori di x del Dominio dell'espressione stessa.
- studiare il segno di una espressione letterale significa stabilire in quale insieme si trovano i valori della variabile che la rendono positiva, negativa, nulla.
- ogni espressione contenente operazioni tra frazioni algebriche ha in generale come risultato una frazione algebrica.

Strategia risolutiva:

- 1° passo: determiniamo il risultato dell'operazione assegnata: $E = \frac{-2x^2 + x + 3}{(2x + 1) \cdot (2x - 1)}$
- 2° passo: determiniamo il **Dominio di E**: C.E. $2x + 1 \neq 0 \wedge 2x - 1 \neq 0 \rightarrow D = \mathbb{R} - \left\{ -\frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right\}$
- 3° passo: per studiare il segno impostiamo la disequazione: $\frac{-2x^2 + x + 3}{(2x + 1) \cdot (2x - 1)} \geq 0$ che ci

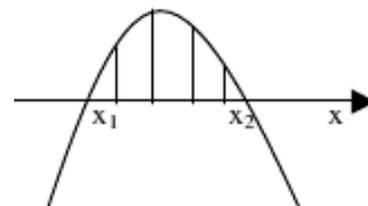
permetterà di rispondere al quesito posto dal problema

- 4° passo: studiamo il segno del numeratore e del denominatore:

segno N: $-2x^2 + x + 3 \geq 0$ disequazione di secondo grado, quindi dall'equazione associata $-2x^2 + x + 3 = 0$, calcoliamo il discriminante: $\Delta = 1 + 24 = 25$, positivo per cui si hanno due soluzioni reali distinte; la parabola rappresentativa

$y = -2x^2 + x + 3$ è del tipo in figura per cui essendo $x_1 = -1$ e

$x_2 = \frac{3}{2}$ si ha $N \geq 0$ per $-1 \leq x \leq \frac{3}{2}$



$d_1 > 0$ per $x > -\frac{1}{2}$

$d_2 > 0$ per $x > \frac{1}{2}$

segno D: il denominatore è composto da due fattori di primo grado, quindi

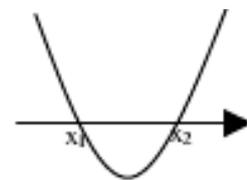
- 5° passo: Costruiamo la tabella dei segni:

		-1	- $\frac{1}{2}$	+ $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$		
		----- ----- ----- ----- ----->					
segno N	-	•	+	+	+	•	-
segno d ₁	-	-	+	+	+	+	+
segno d ₂	-	-	-	+	+	+	+
segno E	-	+	-	+	+	-	-

Dalla tabella dei segni possiamo ottenere la risposta al problema posto:

- l'espressione E si annulla per $x = -1 \vee x = \frac{3}{2}$
- l'espressione E è positiva per $x \in I = \left\{ x \in \mathbb{R} \mid -1 < x < -\frac{1}{2} \vee \frac{1}{2} < x < \frac{3}{2} \right\}$
- l'espressione E è negativa per $x \in I = \left\{ x \in \mathbb{R} \mid x < -1 \vee -\frac{1}{2} < x < \frac{1}{2} \vee x > \frac{3}{2} \right\}$

Osserviamo che **il segno del denominatore** si può determinare riconoscendolo come polinomio di secondo grado con due zeri reali e dunque rappresentabile con una parabola del tipo in figura per cui possiamo affermare $D > 0$ per $x < -\frac{1}{2} \vee x > \frac{1}{2}$ in cui sono rispettate le C.E.



Con questo procedimento la tabella dei segni sarebbe modificata nel modo seguente lasciando inalterato il risultato.

		-1	- $\frac{1}{2}$	+ $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{2}$		
		----- ----- ----- ----- ----->					
segno N	-	•	+	+	+	•	-
segno D	+	+	-	-	+	+	+
segno E	-	+	-	+	+	-	-

•

■ $3 - \frac{1}{2x+1} \geq \frac{1}{1-x}$

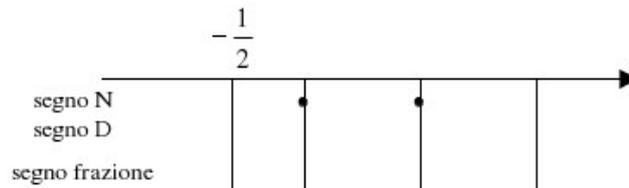
1° passo: trasportiamo al primo membro la frazione del secondo membro $3 - \frac{1}{2x+1} - \frac{1}{1-x} \geq 0$

2° passo: eseguite i calcoli, verificate che si ottiene: $\frac{-6x^2 + 2x + 1}{(2x+1) \cdot (1-x)} \geq 0$

3° passo: studiate il segno del numeratore e del denominatore:

- segno N: $-6x^2 + 2x + 1 \geq 0$ disequazione di secondo grado, quindi dall'equazione associata $-6x^2 + 2x + 1 = 0$, calcoliamo il discriminante: $\frac{\Delta}{4} = 7$, positivo per cui si hanno due soluzioni; la parabola rappresentativa $y = -6x^2 + 2x + 1$ è del tipo per cui essendo $x_1 = \dots$ e $x_2 = \dots$ si ha $N \geq 0$ per $\dots \leq x \leq \dots$
- segno D: $(2x+1) \cdot (1-x) > 0$ disequazione di secondo grado; il denominatore ha due zeri reali $x = -\frac{1}{2}$ e $x_2 = 1$ e la parabola rappresentativa volge la concavità verso il basso; pertanto si ha $D > 0$ per che rispetta le C.E.: $x_1 \neq -\frac{1}{2} \wedge x_2 \neq 1$

4° passo: completate la tabella dei segni:



- 5° passo: verifica che $I.S. = \left\{ x \in \mathbb{R} \mid x < -\frac{1}{2} \vee \frac{1-\sqrt{7}}{6} \leq x \leq \frac{1+\sqrt{7}}{6} \vee x > 1 \right\}$

Determinare l'Insieme Soluzione delle seguenti disequazioni fratte

- | | | | | |
|------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|---|
| 164 | $\frac{x+2}{x-1} > 0$ | $I.S. = (-\infty; -2) \cup (1; +\infty)$ | $\frac{x+3}{4-x} > 0$ | $\frac{1}{x^3} > 8$ |
| 165 | $\frac{x+5}{x-7} > 0$ | $I.S. = (-\infty; -5) \cup (7; +\infty)$ | $\frac{2-4x}{3x+1} \geq 0$ | $I.S. = \left(-\frac{1}{3}, \frac{1}{2}\right]$ |
| 166 | $\frac{x^2-4x+3}{4-7x} \geq 0$ | $x < \frac{4}{7} \vee 1 \leq x \leq 3$ | $\frac{x+5}{x^2-25} > 0$ | $I.S. = (5; +\infty)$ |
| 167 | $\frac{x^2-1}{x-2} > 0$ | $-1 < x < 1 \vee x > 2$ | $\frac{x^2-4x+3}{x+5} < 0$ | $x < -5 \vee 1 < x < 3$ |
| 168 | $\frac{-x^2+4x-3}{x+5} > 0$ | $(-\infty; -5) \cup (1; 3)$ | $\frac{x^2+1}{x^2-2x} > 0$ | $x < 0 \vee x > 2$ |
| 169 | $\frac{9-x^2}{2x^2-x-15} > 0$ | $I.S. = \left(-3; -\frac{5}{2}\right)$ | $\frac{x^2-7x}{-x^2-8} > 0$ | $I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid 0 < x < 7\}$ |
| 170 | $\frac{1}{x^2+2x+1} > 0$ | $I.S. = \{x \in \mathbb{R} - \{-1\}\}$ | $\frac{-3}{-x^2-4x-8} > 0$ | $I.S. = \{x \in \mathbb{R}\}$ |
| 171 | $\frac{x^2+2x+3}{-x^2-4} > 0$ | $I.S. = \emptyset$ | $\frac{3x-12}{x^2-9} > 0$ | $I.S. = (-3; 3) \cup (4; +\infty)$ |
| 172 | $\frac{5-x}{x^2-4} > 0$ | $I.S. = (-\infty; -2) \cup (2; 5)$ | $\frac{3x-x^2-2}{2x^2+5x+3} > 0$ | $I.S. = \left(-\frac{3}{2}; -1\right) \cup (1; 2)$ |
| 173 | $\frac{4-2x}{x^2-2x-8} > 0$ | $x < -2 \vee 2 < x < 4$ | $\frac{x^2-4x+3}{5-10x} > 0$ | $x < \frac{1}{2} \vee 1 < x < 3$ |
| 174 | $\frac{x^2+3x+10}{4-x^2} > 0$ | $I.S. = (-2; 2)$ | $\frac{x^2-3x+2}{4x-x^2-5} > 0$ | $I.S. = (1; 2)$ |
| 175 | $\frac{x^2+2}{25-x^2} > 0$ | $I.S. = (-5; 5)$ | $\frac{3x^2-2x-1}{4-2x} > 0$ | $I.S. = \left(-\infty; -\frac{1}{3}\right) \cup (1; 2)$ |
| 176 | $\frac{x+2}{x^2+4x+4} > 0$ | $I.S. = (2; +\infty)$ | $\frac{5-x}{x^2-4x+3} > 0$ | $I.S. = (-\infty; 1) \cup (3; 5)$ |
| 177 | $\frac{-x^2+2x+8}{-x-1} < 0$ | $I.S. = (-\infty; -2) \cup (-1; 4)$ | $\frac{x^2+3x+2}{25-x^2} > 0$ | $I.S. = (-5; -2) \cup (-1; 5)$ |
| 178 | $\frac{x^2+4x+3}{3x-6} > 0$ | $-3 < x < -1 \vee x > 2$ | $\frac{3+4x}{-x^2+5x-4} > 0$ | $x < -\frac{3}{4} \vee 1 < x < 4$ |
| 179 | $\frac{1-x^2}{x^2+2x+3} < 0$ | $x < -1 \vee x > 1$ | $\frac{x^2-9}{x^2-5x} > 0$ | $x < -3 \vee 0 < x < 3 \vee x > 5$ |
| 180 | $\frac{x^2-x-2}{x-x^2+6} > 0$ | $-2 < x < -1 \vee 2 < x < 3$ | $\frac{x^2-5x+6}{-3x+7} < 0$ | $2 < x < \frac{7}{3} \vee x > 3$ |
| 181 | $\frac{2x+8}{x^2+4x-12} > 0$ | $-6 < x < -4 \vee x > 2$ | $\frac{x^2-2x-63}{4x+5-x^2} > 0$ | $-7 < x < -1 \vee 5 < x < 9$ |
| 182 | $\frac{4-x^2+3x}{x^2-x} > 0$ | $-1 < x < 0 \vee 1 < x < 4$ | $\frac{x^2-2x}{5-x^2} > 0$ | $-\sqrt{5} < x < 0 \vee 2 < x < \sqrt{5}$ |
| 183 | $\frac{x^2-x-2}{-3x^2+3x+18} \leq 0$ | | | $x < -2 \vee -1 \leq x \leq 2 \vee x > 3$ |

- 184** $\frac{x^2-8x+15}{x^2+3x+2} > 0$ $I.S. = (-\infty; -2) \cup (-1; 3) \cup (5; +\infty)$
- 185** $\frac{4x+7}{3x^2-x-2} > 0$ $I.S. = \left\{ x \in \mathbb{R} \mid -\frac{7}{4} < x < -\frac{2}{3} \vee x > 1 \right\}$
- 186** $\frac{-x^2-4x-3}{6x-x^2} > 0$ $I.S. = (-\infty; -3) \cup (-1; 0) \cup (6; +\infty)$
- 187** $\frac{5x+x^2+4}{6x^2-6x} > 0$ $I.S. = (-\infty; -4) \cup (-1; 0) \cup (1; +\infty)$
- 188** $\frac{9-x^2}{x^2+5x+6} \cdot \frac{6x-2x^2}{4-x^2} > 0$ $0 < x < 2$
- 189** $\frac{2x-4x^2}{x^2+x-12} \cdot \frac{16-x^2}{5x-x^2} \leq 0$ $x \leq 1/2 \vee 3 < x \leq 4 \vee x > 5$
- 190** $\frac{1-x^2}{x^2} \leq \frac{1}{x^2} - x^2 - \frac{1}{2}$ $-\frac{\sqrt{2}}{2} \leq x \leq \frac{\sqrt{2}}{2}$
- 191** $\frac{x+2}{x-1} \geq \frac{24}{x+1} - \frac{x}{x^2-1}$ $x < -1 \vee 1 < x \leq 10 - \sqrt{74} \vee x \geq 10 + \sqrt{74}$
- 192** $\frac{1}{x} + \frac{1}{x-1} + \frac{1}{x+1} < \frac{2x+1}{x^2-1}$ $-\frac{1}{\sqrt{2}} \leq x \leq \frac{1}{\sqrt{2}} \wedge x \neq 0$
- 193** $\frac{x}{x+2} \geq \frac{x-4}{x^2-4}$ $x < -2 \vee x > 2$
- 194** $\frac{4x+1}{x^2-9} + \frac{1-x}{x+3} < 6 - \frac{x}{x-3}$ $x < -3 \vee -\frac{13}{6} < x < 3 \vee x > 4$
- 195** $\frac{x+1}{2x-1} + \frac{3}{4x+10} \geq 1 - \frac{2x+2}{4x^2+8x-5}$ $-\frac{5}{2} < x \leq -\frac{3}{2} \vee \frac{1}{2} < x \leq \frac{7}{2}$
- 196** $\frac{2x+5}{(2x+4)^2} \geq \frac{2}{2x+4}$ $x \leq -\frac{3}{2}$
- 197** $\frac{10x^2}{x^2+x-6} + \frac{x}{2-x} - 1 \leq \frac{5}{x+3}$ $-3 < x < 2$
- 198** $\frac{5x+20}{5x+5} + \frac{2x-8}{2x-2} \geq 2$ $-1 < x < 1$
- 199** $\frac{8}{8x^2-8x-70} - \frac{4}{4x^2-4x-35} > \frac{8x+8}{4x^2-20x+21}$ $\frac{3}{2} < x < \frac{7}{2} \vee x < -1$
- 200** $\frac{4x^2-8x+19}{8x^2-36x+28} - \frac{2x-5}{4x-4} \geq \frac{8x+12}{8x-28}$ $\frac{1}{2} \leq x < \frac{7}{2}$
- 201** Assegnate le due funzioni $f_1 = \frac{x^2+1}{2x-x^2}$ e $f_2 = \frac{1}{x} + \frac{1}{x-2}$ stabilite per quali valori della variabile indipendente si ha $f_1 \geq f_2$. $R. -1 - \sqrt{2} \leq x < 0 \vee -1 + \sqrt{2} \leq x < 2$
- 202** Spiegate perché l'espressione letterale $E = \frac{1 - \frac{x^2}{x^2-1}}{2 + \frac{3x-1}{1-x}}$ nel suo Dominio è sempre positiva.
- 203** Per quali valori di x la funzione $y = \frac{(x-1) \cdot x - 2}{5x^2 - x - 4}$ è maggiore o uguale a 1. $R. -\frac{3}{2} \leq x < -\frac{4}{5}$
- 204** x, x+2, x+4 sono tre numeri naturali. Determinate in \mathbb{N} il più piccolo numero che rende vera la proposizione: "il doppio del primo aumentato del prodotto degli altri due è maggiore della differenza tra il doppio del terzo e il quadrato del secondo"
 $R. 5$
- 205** Date chiare e sintetiche motivazioni alla verità della seguente proposizione: "il segno della frazione $f = \frac{9-x^2+3x}{2+x^2}$ non è mai positivo e la frazione non ha zeri reali".
- 206** Stabilite se basta la condizione $x \neq 1 \wedge x \neq -1$ per rendere positiva la frazione $f = \frac{x^3-1}{x^4-2x^2+1}$

207 Determina per quali valori reali la frazione $f = \frac{(x+1)^2}{4x^2 - 12x + 9}$ risulta non superiore a 1.

► 6. Sistemi di disequazioni

Problema

Nell'equazione $x^2 - (k-3)x + k^2 - 3k + 1 = 0$, determinare per quali valori del parametro k si ottengono soluzioni reali e concordi.

Abbiamo già affrontato un problema di questo tipo discutendo le equazioni parametriche di secondo grado e dunque sappiamo che la richiesta del problema esige che il discriminante (Δ) sia non negativo affinché le soluzioni siano reali e che il prodotto delle stesse sia positivo. Pertanto il problema è formalizzato con un

sistema di disequazioni:
$$\begin{cases} \Delta \geq 0 \\ \frac{c}{a} > 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} k^2 - 6k + 9 - 4k^2 + 12k - 4 \geq 0 \\ k^2 - 3k + 1 > 0 \end{cases}$$

Risolvere il sistema significa trovare l'insieme dei numeri reali che sono le soluzioni comuni alle disequazioni che lo compongono.

Risolviamo separatamente le due disequazioni del sistema; indicati con $I.S._1$ e $I.S._2$ rispettivamente gli insiemi soluzione della prima e della seconda disequazione, l'insieme soluzione del sistema è dato da

$I.S. = I.S._1 \cap I.S._2$ (insieme intersezione degli insiemi soluzione delle due disequazioni).

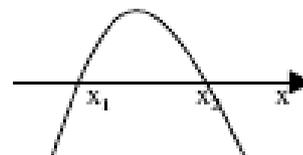
- $d_1: -3k^2 + 6k + 5 \geq 0$ disequazione di secondo grado avente

1° coefficiente negativo e $\frac{\Delta}{4} = 24$ positivo; la parabola

rappresentativa è del tipo rappresentata in figura con

$$x_1 = \frac{3-2\sqrt{6}}{3} \vee x_2 = \frac{3+2\sqrt{6}}{3} \quad \text{quindi}$$

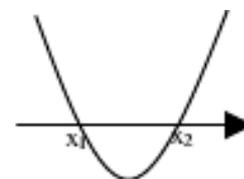
$$I.S._1 = \left\{ x \in \mathbb{R} \mid \frac{3-2\sqrt{6}}{3} \leq x \leq \frac{3+2\sqrt{6}}{3} \right\}$$



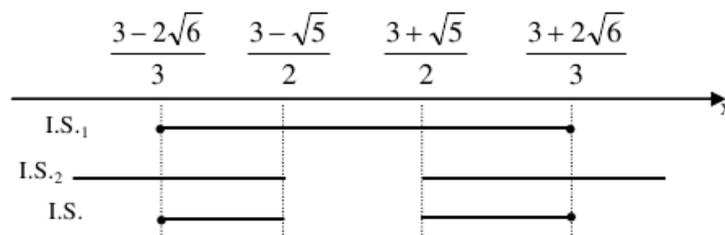
- $d_2: k^2 - 3k + 1 > 0$ disequazione di secondo grado avente 1° coefficiente positivo e $\Delta = 5$ positivo; la parabola rappresentativa è del tipo rappresentata in figura con

$$x_1 = \frac{3-\sqrt{5}}{2} \vee x_2 = \frac{3+\sqrt{5}}{2} \quad \text{quindi}$$

$$I.S._2 = \left\{ x \in \mathbb{R} \mid x < \frac{3-\sqrt{5}}{2} \vee x > \frac{3+\sqrt{5}}{2} \right\}$$



Per determinare l'Insieme Soluzione del sistema rappresentiamo in un grafico gli insiemi soluzioni delle disequazioni risolte e visualizziamo l'insieme formato dai valori che soddisfano contemporaneamente sia l'una che l'altra: sull'asse reale depositiamo i valori numerici trovati e rappresentiamo su righe distinte i due insiemi soluzione: gli intervalli in cui cadono soluzioni della prima e della seconda disequazione rappresentano l'Insieme Soluzione del sistema.



$$I.S. = \left\{ x \in \mathbb{R} \mid \frac{3-2\sqrt{6}}{3} \leq x < \frac{3-\sqrt{5}}{2} \vee \frac{3+\sqrt{5}}{2} < x \leq \frac{3+2\sqrt{6}}{3} \right\} = \left[\frac{3-2\sqrt{6}}{3}, \frac{3-\sqrt{5}}{2} \right) \cup \left(\frac{3+\sqrt{5}}{2}, \frac{3+2\sqrt{6}}{3} \right]$$

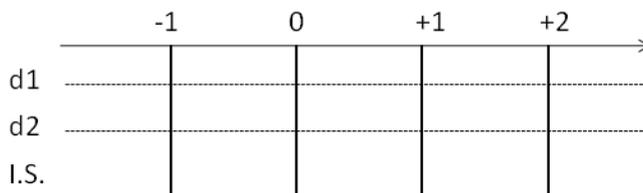
- Per quali valori di x le due funzioni $f_1 = x^4 - x^3 + x - 1$; $f_2 = x^4 - 8x$ assumono contemporaneamente valore positivo?

Il problema si può formalizzare nel sistema di disequazioni:
$$\begin{cases} x^4 - x^3 + x - 1 > 0 \\ x^4 - 8x > 0 \end{cases}$$

Scomponiamo in fattori per determinarne la soluzione

- $d_1: x^4 - x^3 + x - 1 = x^3(x-1) + (x-1) = (x-1) \cdot (x^3+1) = (x-1)(x+1)(x^2-x+1) > 0$
verifica che $I.S._1 = (-\infty; -1) \cup (1; +\infty)$
- $d_2: x^4 - 8x = x \cdot (x^3 - 8) = x \cdot (x-2)(x^2+2x+4) > 0$ verifica che $I.S._2 = (-\infty; 0) \cup (2; +\infty)$

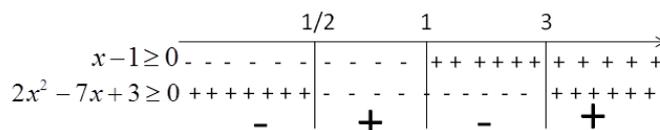
Completa lo schema e determina l'insieme soluzione, verifica che $x < -1$ o $x > 2$:



- $$\begin{cases} 2x^3 - 9x^2 + 10x - 3 \leq 0 \\ \frac{x^2 + x + 1}{x^3 - x} \geq 0 \\ 3 - 4x < 0 \end{cases}$$

Il sistema è formato da tre disequazioni; risolviamo separatamente ciascuna disequazione:

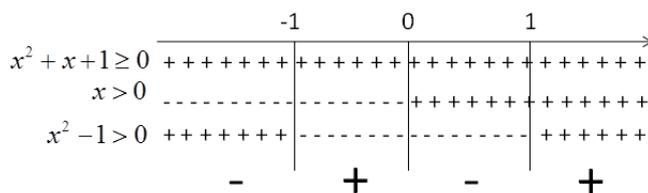
- $d_1: 2x^3 - 9x^2 + 10x - 3 \leq 0$ di terzo grado, scomponiamo in fattori. Si ha che $x=1$ è uno zero del polinomio; con la regola di Ruffini $d_1: (x-1) \cdot (2x^2 - 7x + 3) \leq 0$. Studio del segno:



L'insieme soluzione, tenendo conto che cerchiamo i valori per i quali $d_1 \leq 0$ è $x < \frac{1}{2} \vee 1 < x < 3$

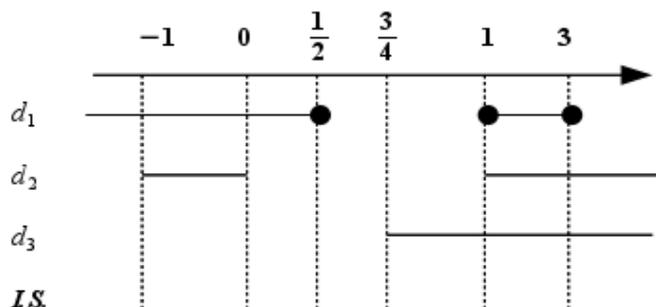
- $d_2: \frac{x^2 + x + 1}{x^3 - x} \geq 0$ disequazione fratta, scomponiamo in fattori il denominatore: $\frac{x^2 + x + 1}{x(x^2 - 1)} \geq 0$

Studiamo il segno dei singoli fattori o divisori



- $d_3: 3 - 4x < 0$ è di primo grado per cui $x > \frac{3}{4}$

Ricordiamo che la ricerca dell'Insieme Soluzione del sistema si effettua determinando l'insieme $I.S._1 \cap I.S._2 \cap I.S._3$ individuabile attraverso il grafico:



Scegli la risposta corretta: [A] $1 \leq x < 3$ [B] $1 < x < 3$ [C] $1 < x < 3$ [D] $1 \leq x \leq 3$

208	$\begin{cases} x^2 - 4 > 0 \\ x - 5 \leq 0 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x < -2 \vee 2 < x \leq 5\}$
209	$\begin{cases} x^2 - 4x + 3 \leq 0 \\ x - 2x^2 < -10 \end{cases}$	$I.S. = \left\{x \in \mathbb{R} \mid \frac{5}{2} < x \leq 3\right\}$
210	$\begin{cases} 4x - x^2 > 0 \\ 3x^2(x - 3) > 0 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid 3 < x < 4\}$
211	$\begin{cases} x^2 + 5x + 6 \leq 0 \\ 2x + 5 \leq 0 \end{cases}$	$I.S. = \left\{x \in \mathbb{R} \mid -3 \leq x \leq -\frac{5}{2}\right\}$
212	$\begin{cases} 3x - x^2 - 2 \leq 0 \\ x^2 > 49 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x < -7 \vee x > 7\}$
213	$\begin{cases} 3x - 2 > 0 \\ x^2 - 1 > 0 \\ 2x - x^2 < 0 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x > 2\}$
214	$\begin{cases} x^2 - 4x + 4 \geq 0 \\ x < 6 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x < 6\}$
215	$\begin{cases} x^2 - 4x + 4 > 0 \\ x \leq 6 \\ 1 - x^2 \leq 0 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x \leq -1 \vee 1 \leq x < 2 \vee 2 < x \leq 6\}$
216	$\begin{cases} x^2 + 6x + 9 < 0 \\ x < 2 \\ x^2 + 1 > 0 \end{cases}$	$I.S. = \emptyset$
217	$\begin{cases} x^2 + 6x + 9 \leq 0 \\ x < 2 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x = -3\}$
218	$\begin{cases} 4x - x^2 - 3 < 0 \\ 3x \geq 2 \end{cases}$	$I.S. = \left\{x \in \mathbb{R} \mid \frac{2}{3} \leq x < 1 \vee x > 3\right\}$
219	$\begin{cases} 2x^2 < 8 \\ -x^2 + 5x > -6 \\ x^2(9 - x^2) \leq 0 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x = 0\}$
220	$\begin{cases} (x^2 - 4x + 3)(2x - 4) > 0 \\ 2x - x^2 \leq 1 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid 1 < x < 2 \vee x > 3\}$
221	$\begin{cases} (3 - x)(x^2 - 4)(x^2 - 2x - 8) < 0 \\ x^2 - 64 \leq 0 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid 2 < x < 3 \vee 4 < x \leq 8\}$
222	$\begin{cases} 2x^2 - x - 1 \leq 0 \\ 3x + 7 > 0 \\ x^2 - 10x + 9 \leq 0 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x = 1\}$
223	$\begin{cases} 2x^2 - x - 1 < 0 \\ 3x + 7 > 0 \\ x^2 - 10x + 9 \leq 0 \end{cases}$	$I.S. = \emptyset$
224	$\begin{cases} x^2 - 10x + 25 > 0 \\ x < 7 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x < 5 \vee 5 < x < 7\}$
225	$\begin{cases} x^2 - 10x + 25 \geq 0 \\ x < 7 \end{cases}$	$I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x < 7\}$
226	$\begin{cases} \frac{1}{x} > \frac{1}{x-3} \\ 3x - 1 - 2x^2 < 0 \\ \frac{x^2 - 6x + 5}{2-x} > 0 \end{cases}$	$I.S. = \left(0, \frac{1}{2}\right) \cup (2, 3)$

- 227
$$\begin{cases} x^4 - 8 \geq 1 \\ \frac{5-x}{x} < \frac{1}{2} \\ x^3 - 1 < 0 \end{cases} \quad I.S. = (-\infty; -\sqrt{3}]$$
- 228
$$\begin{cases} x^2 - 4x + 3 \leq 0 \\ x^2 - 4 > 0 \\ x^2 + 1 > 0 \\ x - 1 > 0 \end{cases} \quad I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid 2 < x \leq 3\}$$
- 229
$$\begin{cases} x^2 - 5x + 6 \leq 0 \\ x^2 - 1 > 0 \\ x^2 + 1 < 0 \\ x - 1 > 0 \end{cases} \quad I.S. = \emptyset$$
- 230
$$\begin{cases} x^2 - 2x + 1 \geq 0 \\ x^2 + 5x \geq 0 \\ x^2 + 1 > 0 \\ x^2 - 2x + 7 > 0 \end{cases} \quad I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x \leq -5 \vee x \geq 0\}$$
- 231
$$\begin{cases} x^2 - 2x + 1 > 0 \\ x^2 + 5x \geq 0 \\ x^2 + x + 23 > 0 \\ x^2 - 2x + 7 > 0 \end{cases} \quad I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x \leq -5 \vee 0 \leq x < 1 \vee x > 1\}$$
- 232
$$\begin{cases} x^2 - 3x + 2 > 0 \\ x^2 - 3x + 2 < 0 \\ 2x^2 - x - 1 > 0 \\ x^2 - 2x > 0 \end{cases} \quad I.S. = \emptyset$$
- 233
$$\begin{cases} x^2 - 3x + 2 \leq 0 \\ x^2 - 4x + 4 \leq 0 \\ x^2 - x + 10 > 0 \\ x^2 - 2x \leq 0 \end{cases} \quad I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x = 2\}$$
- 234
$$\begin{cases} x^2 - 3x + 2 \leq 0 \\ x^2 - 4x + 4 \leq 0 \\ x^2 - 3x + 2 \geq 0 \\ x^2 - 4x + 4 \geq 0 \end{cases} \quad I.S. = \{x \in \mathbb{R} \mid x = 2\}$$
- 235
$$\begin{cases} \frac{4-x^2+3x}{x^2-x} > 0 \\ \frac{x^2-x-2}{-3x^2+3x+18} \leq 0 \end{cases} \quad 3 < x < 4 \vee -1 < x < 0 \vee 1 < x \leq 2$$
- 236
$$x^3 - 5x^2 - 14x \geq 0 \wedge \frac{2x+1}{2x} > \frac{3}{x+1} \quad I.S. = [-2; -1) \cup [7; +\infty)$$
- 237
$$\begin{cases} x(x-3) > 3\left(\frac{x^2}{2} - 2x\right) \\ 2+x \cdot \frac{3x-7}{3} \geq 5 - \frac{1}{3}x \end{cases} \quad \text{determina i numeri naturali che risolvono il sistema} \quad I.S. = \{3, 4, 5\}$$

Copyright © Matematicamente.it 2011-2012



Questo libro, eccetto dove diversamente specificato, è rilasciato nei termini della licenza **Creative Commons Attribuzione – Condividi allo stesso modo 3.0 Italia** il cui testo integrale è disponibile al sito

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/it/legalcode>

Tu sei libero:

di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera, di modificare quest'opera, alle seguenti condizioni:

Attribuzione — Devi attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da chi ti ha dato l'opera in licenza e in modo tale da non suggerire che essi avallino te o il modo in cui tu usi l'opera.

Condividi allo stesso modo — Se alteri o trasformi quest'opera, o se la usi per crearne un'altra, puoi distribuire l'opera risultante solo con una licenza identica o equivalente a questa.

Autori

Anna Cristina Mocchetti: teoria, esercizi

Claudio Carboncini: coordinamento, trascrizione

Antonio Bernardo: coordinamento, esercizi

Gemma Fiorito: teoria

Francesco Daddi: esercizi

Germano Pettarin: esercizi

Alessandro Albertini: esercizi

Grazia Petrone: correzioni

Lucia Rapella: correzioni

Nicola De Rosa: correzioni

Collaborazione, commenti e suggerimenti

Se vuoi contribuire anche tu alla stesura e aggiornamento del manuale Matematica C³ o se vuoi inviare dei commenti e/o suggerimenti scrivi a antoniobernardo@matematicamente.it

Versione del documento

Versione 2.1 del 06.07.2012