



LA MECCANICA CLASSICA

LA MECCANICA CLASSICA

```
graph TD; A[LA MECCANICA CLASSICA] --> B[Cinematica]; A --> C[Dinamica]; A --> D[Statica];
```

Cinematica

Studia il
movimento dei
corpi
(cioè *come* essi si
muovono)

Dinamica

Studia le cause del
movimento dei corpi
(cioè *perchè* essi si
muovono)

Statica

Si occupa delle
condizioni di
equilibrio dei corpi

LA MECCANICA CLASSICA

```
graph TD; A[LA MECCANICA CLASSICA] --> B[Cinematica]; A --> C[Dinamica]; C --> D[Statica]
```

Cinematica

Studia il
movimento dei
corpi
(cioè *come* essi si
muovono)

Dinamica

Studia le cause del
movimento dei corpi
(cioè *perchè* essi si
muovono)

Statica

Si occupa delle
condizioni di
equilibrio dei corpi
(è un caso particolare della
Dinamica)



LA CINEMATICA

Dalla Filosofia Naturale alla Scienza



Galileo Galilei (1564-1642)



Alla fine del 1500, quando **Galileo** per primo cominciava ad eseguire esperimenti sistematici utilizzando il linguaggio matematico per formulare le leggi che scopriva, quella che oggi chiamiamo Scienza si chiamava “**Filosofia Naturale**” e lo stesso Galileo quando parlava di matematica si riferiva in realtà, più che altro, alla **geometria**:

« La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto »

Galileo, Il Saggiatore, cap.6

Galileo aveva ereditato questa visione dai filosofi e matematici dell'antica **Grecia** (V-III sec. a.C. → Pitagora, Aristotele, Platone, Euclide). Si dice infatti che sopra l'entrata dell'Accademia Platonica di Atene fosse scritto: “*Nessuno varchi questa soglia se non conosce la geometria*”.

In realtà nel IX secolo d.C., in **Persia**, alcuni *filosofi islamici* (primo fra tutti Muhammad al-Khwārizmī) avevano introdotto una nuova disciplina per la risoluzione di problemi matematici, basata sulla logica deduttiva greca e sul simbolismo operativo degli studiosi indiani (V-VII sec.): **l'algebra** (da *al-jabr*, completamento). A partire da essa, in Europa, era poi stato introdotto il **calcolo letterale** (F.Viète 1561) e successivamente il concetto di **funzione**.

Algebra: Identità ed Equazioni...

IDENTITA' ed **EQUAZIONI** sono entrambe **UGUAGLIANZE**, ma qual è la differenza?

EQUAZIONE

$$x + y = 3x$$

Ad es. $x = 1$ e $y = 2$
ma **non** $x = 2$ e $y = 1$

IDENTITA'

$$2(x + y) = 2x + 2y$$

Ad es. $x = 1$ e $y = 2$
ma **anche** $x = 2$ e $y = 1$, etc...

Un'**uguaglianza** fra **due**
espressioni di cui **almeno una**
letterale, verificata

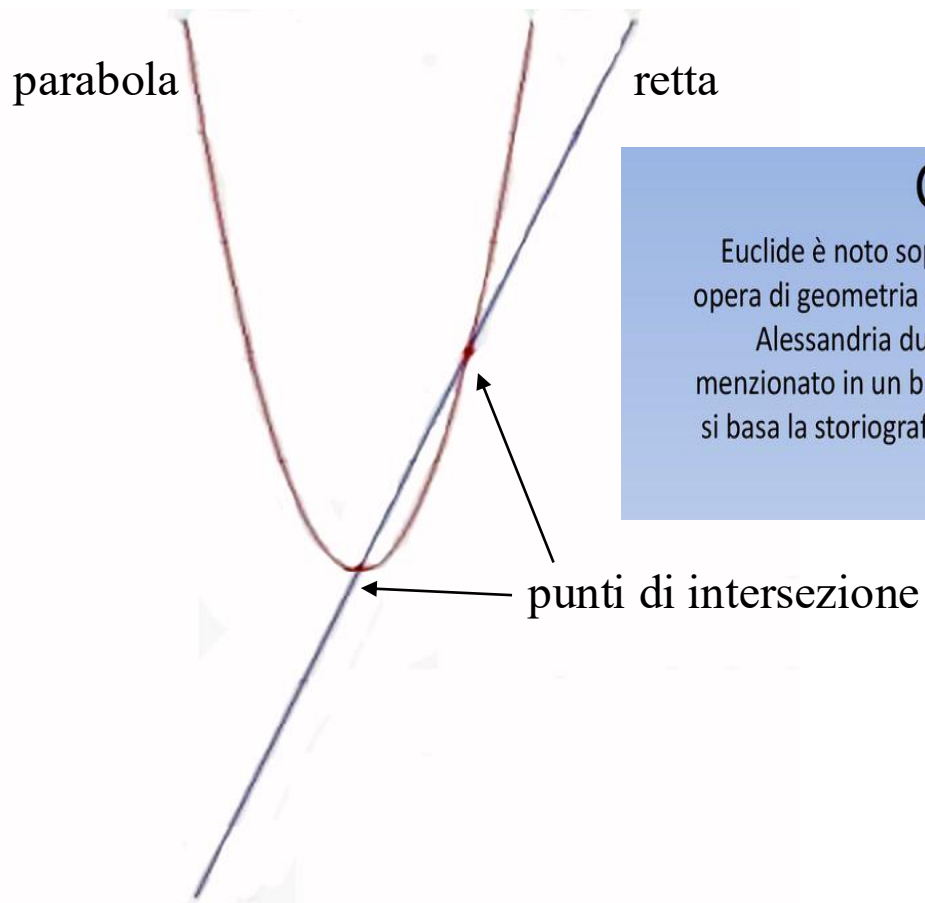
... per **qualsiasi**
valore attribuito alla
lettera o alle lettere
che vi figurano, si
chiama **identità**.

.... **solo** **per**
particolari **valori**
attribuiti alla lettera o
alle lettere che vi
figurano, si chiama
equazione.

detti «soluzioni
dell'equazione»



Geometria: Figure Geometriche nel Piano e loro Intersezioni



Geometria Euclidea

Euclide è noto soprattutto come autore degli *Elementi*, la più importante opera di geometria dell'antichità; tuttavia di lui si sa pochissimo. Fu attivo ad Alessandria durante il regno di Tolomeo I (323–283 a.C.). Euclide è menzionato in un brano di Pappo, ma la testimonianza più importante su cui si basa la storiografia che lo riguarda viene da Proclo, che lo colloca tra i più giovani discepoli di Platone

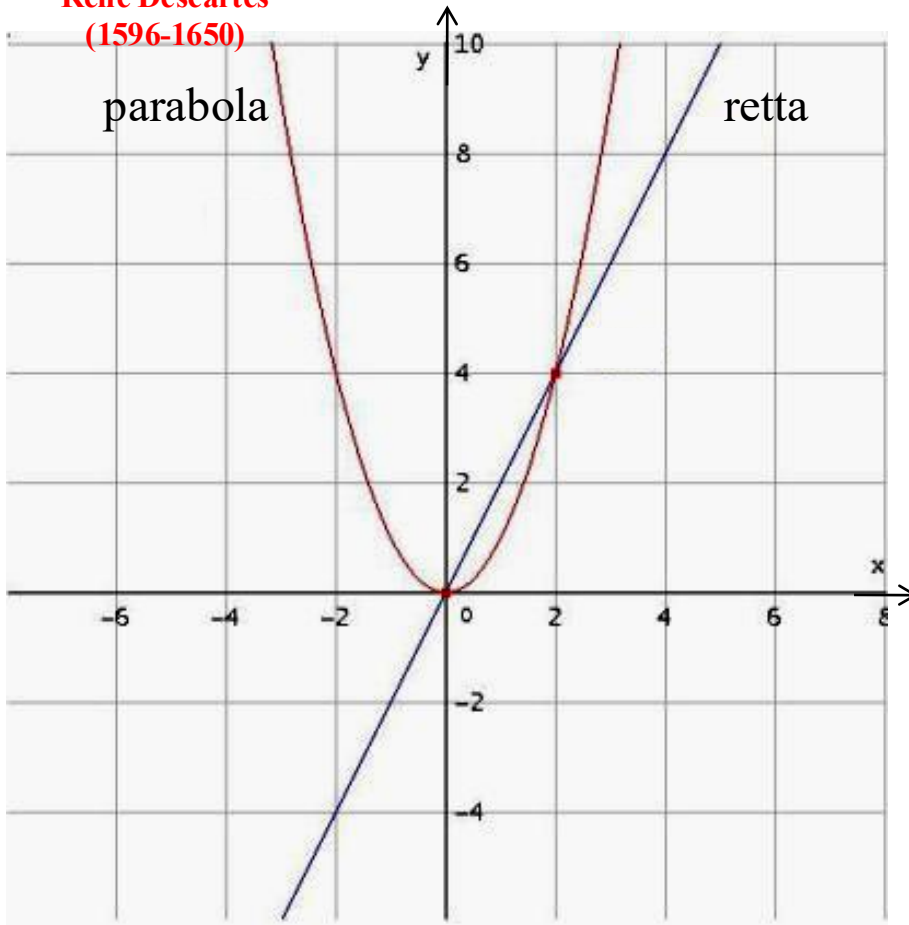


Euclide (IV secolo – III secolo a.C)

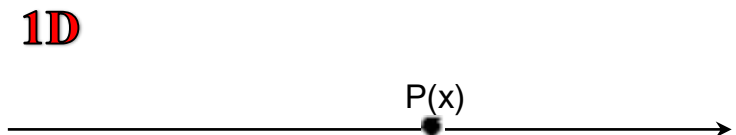
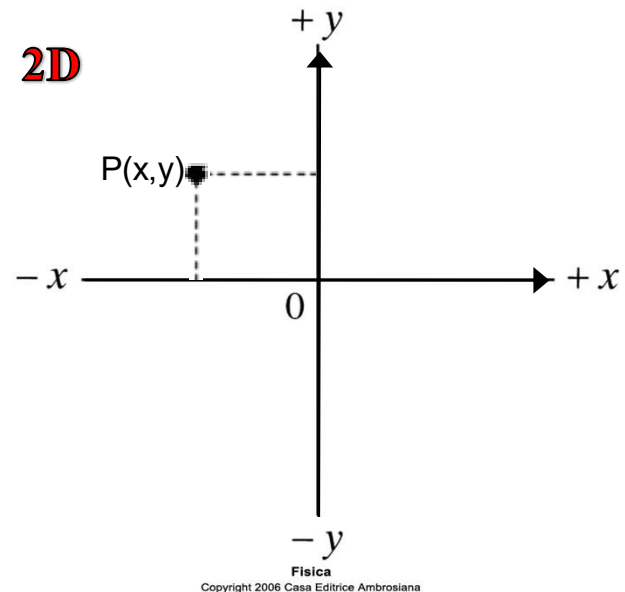


René Descartes
(1596-1650)

Ai tempi di Galileo quindi esistevano due diversi metodi per la risoluzione dei problemi matematici, la **geometria** e l'**algebra**. Fu **Cartesio**, di una generazione più giovane di Galileo, ad unificare queste due discipline introducendo nel 1637 le basi della "**geometria analitica**", che – attraverso i cosiddetti "**diagrammi cartesiani**" – permetteva di rappresentare visivamente le equazioni algebriche sotto forma di figure geometriche o **curve algebriche**:



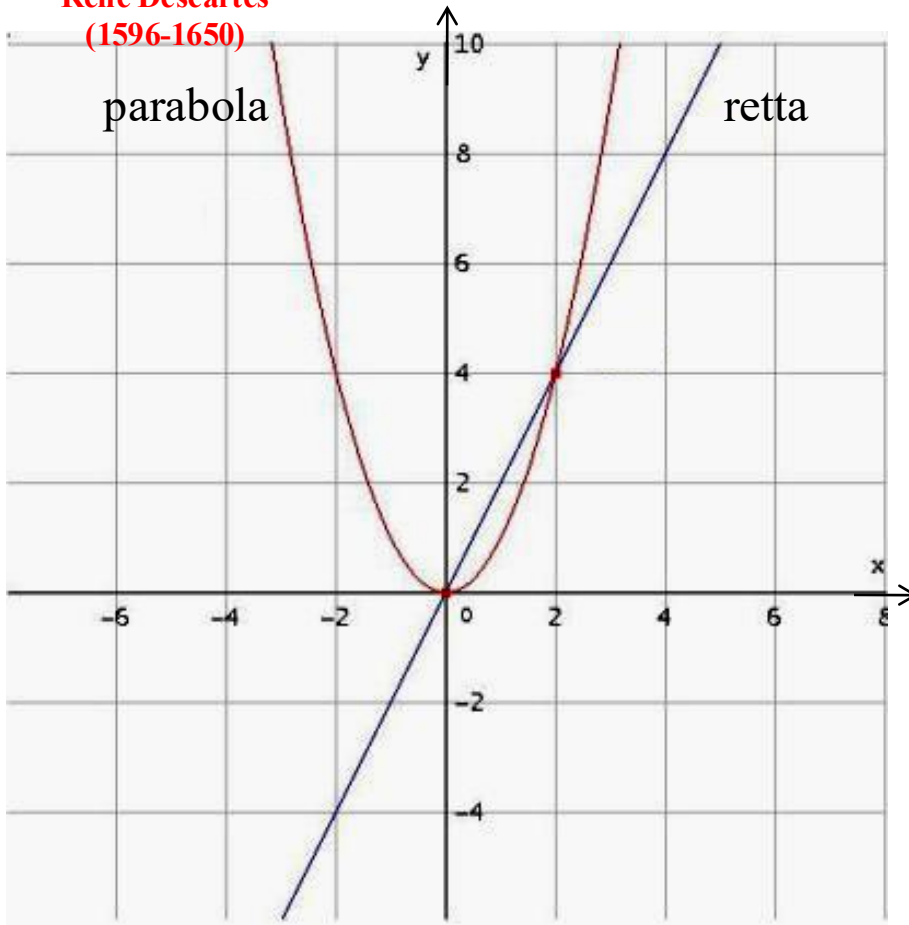
Diagrammi cartesiani in una, due e tre dimensioni



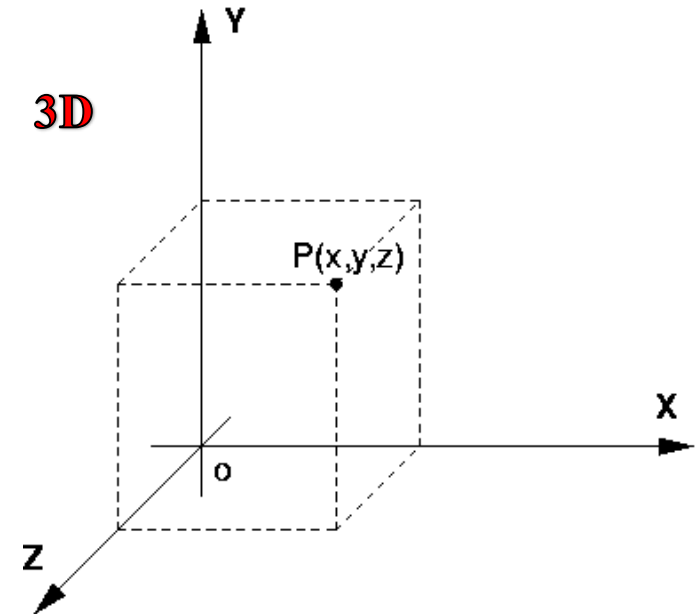


René Descartes
(1596-1650)

Ai tempi di Galileo quindi esistevano due diversi metodi per la risoluzione dei problemi matematici, la **geometria** e l'**algebra**. Fu **Cartesio**, di una generazione più giovane di Galileo, ad unificare queste due discipline introducendo nel 1637 le basi della "**geometria analitica**", che – attraverso i cosiddetti "**diagrammi cartesiani**" – permetteva di rappresentare visivamente le equazioni algebriche sotto forma di figure geometriche o **curve algebriche**:



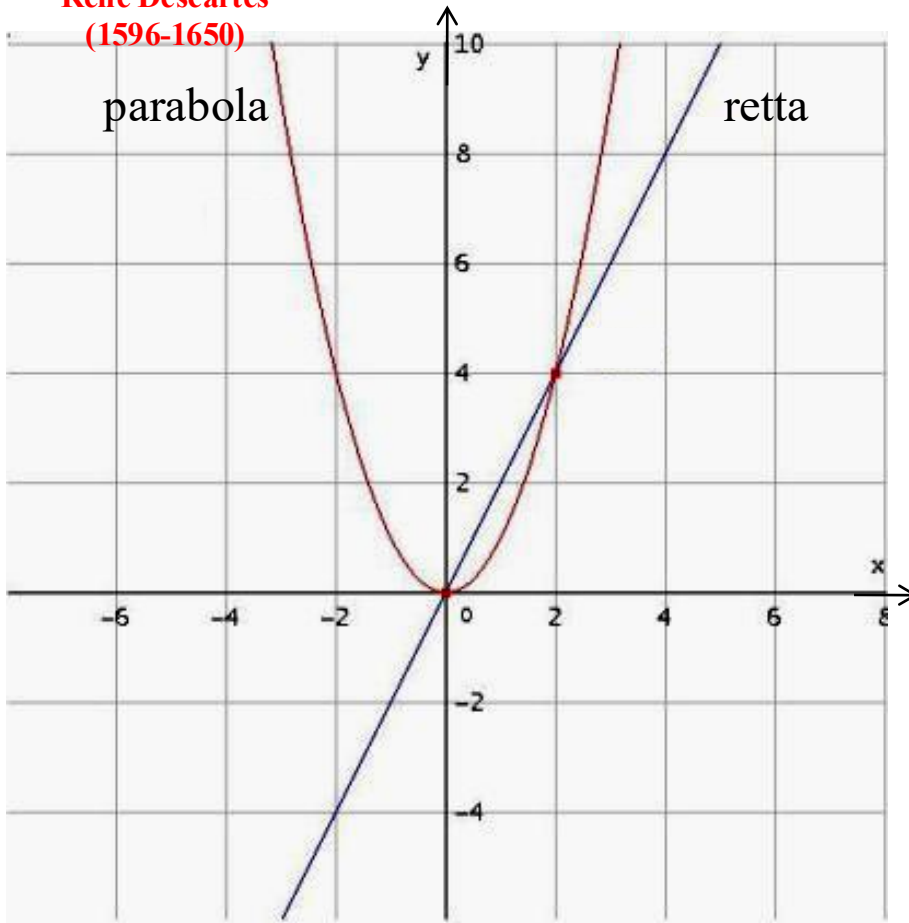
Diagrammi cartesiani in una, due
e tre dimensioni





René Descartes
(1596-1650)

Ai tempi di Galileo quindi esistevano due diversi metodi per la risoluzione dei problemi matematici, la **geometria** e l'**algebra**. Fu **Cartesio**, di una generazione più giovane di Galileo, ad unificare queste due discipline introducendo nel 1637 le basi della "**geometria analitica**", che – attraverso i cosiddetti "**diagrammi cartesiani**" – permetteva di rappresentare visivamente le equazioni algebriche sotto forma di figure geometriche o **curve algebriche**:



Equazione di primo grado:

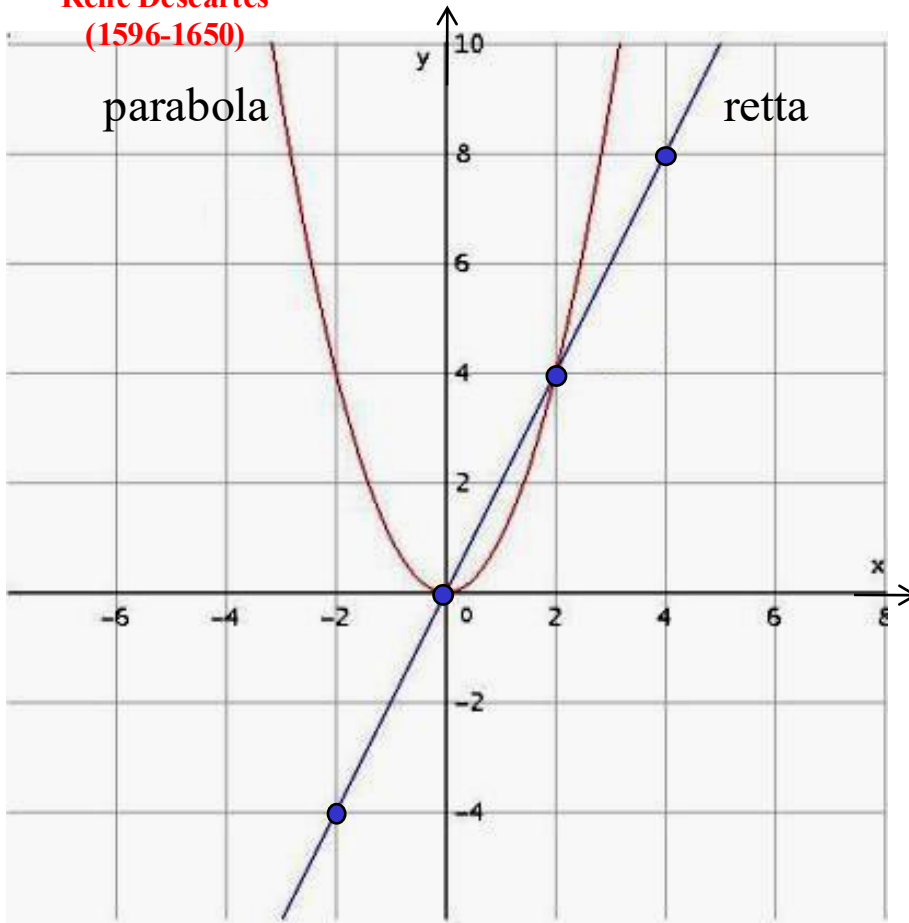
$$2x - y = 0 \quad \text{retta}$$

Reminder: il grado di un'equazione è il **massimo esponente con cui compare l'incognita** (o, come in questo caso, le incognite, trattandosi di un'equazione di primo grado in **due** incognite). Se il grado è 1, l'equazione si dice lineare. In generale, se il **numero di incognite è maggiore del numero di equazioni** disponibili (come nel caso che stiamo considerando), le equazioni ammetteranno **infinite soluzioni**.



René Descartes
(1596-1650)

Ai tempi di Galileo quindi esistevano due diversi metodi per la risoluzione dei problemi matematici, la **geometria** e l'**algebra**. Fu **Cartesio**, di una generazione più giovane di Galileo, ad unificare queste due discipline introducendo nel 1637 le basi della "**geometria analitica**", che – attraverso i cosiddetti "**diagrammi cartesiani**" – permetteva di rappresentare visivamente le equazioni algebriche sotto forma di figure geometriche o **curve algebriche**:



Equazione di primo grado:

$$2x - y = 0 \quad \text{retta} \rightarrow y = 2x$$

Reminder: per trasformare l'equazione della retta in **forma implicita** (a sinistra) in quella in **forma esplicita** (a destra) bisogna prima portare la y a secondo membro cambiandola di segno e poi scambiare i due membri dell'equazione tra di loro (senza cambiare alcun segno):

$$2x - y = 0 \rightarrow 2x = y \rightarrow y = 2x$$

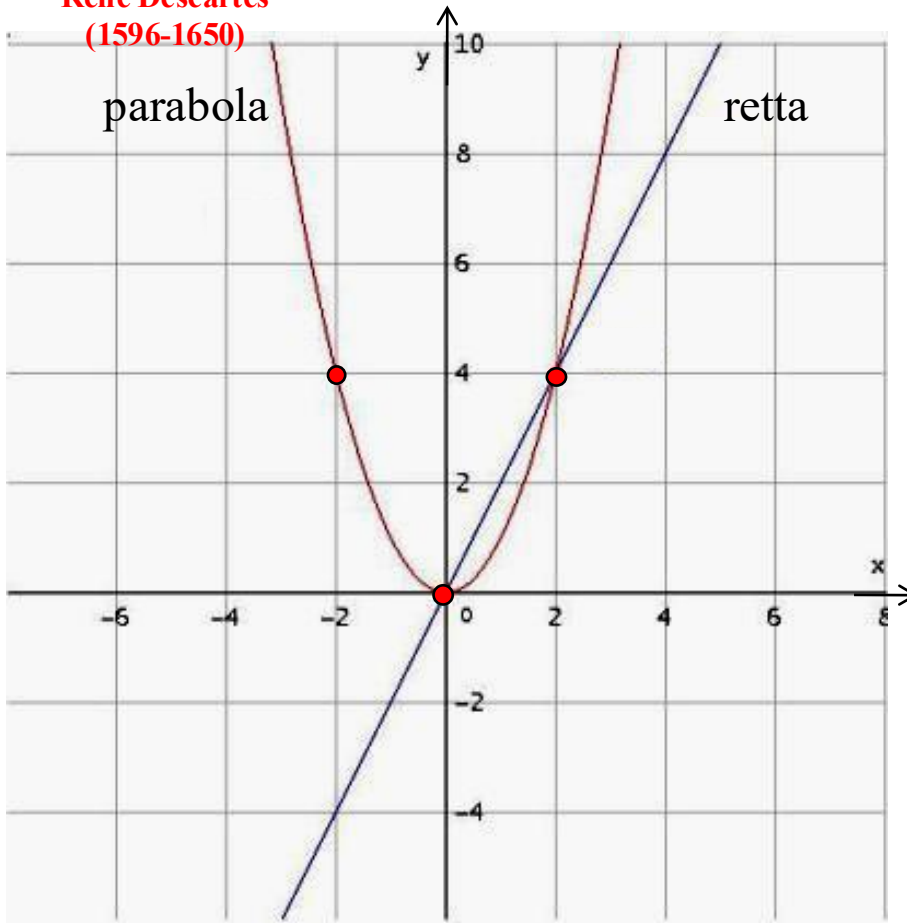
L'equazione della retta in forma esplicita ci permette di trovare facilmente le sue (infinte) **soluzioni** semplicemente assegnando di volta in volta un valore alla x e calcolando il corrispondente valore della y (vedi tabella). **Ciascuna di queste soluzioni corrisponderà poi ad un punto della retta (pallini blu) nel diagramma cartesiano.**

		$y = 2x$	
		x	y
-2	-4		
0	0		
2	4		
4	8		
$\vdots$	$\vdots$		



René Descartes
(1596-1650)

Ai tempi di Galileo quindi esistevano due diversi metodi per la risoluzione dei problemi matematici, la **geometria** e l'**algebra**. Fu **Cartesio**, di una generazione più giovane di Galileo, ad unificare queste due discipline introducendo nel 1637 le basi della "**geometria analitica**", che – attraverso i cosiddetti "**diagrammi cartesiani**" – permetteva di rappresentare visivamente le equazioni algebriche sotto forma di figure geometriche o **curve algebriche**:



Equazione di primo grado:

$$2x - y = 0 \quad \text{retta}$$

Equazione di secondo grado:

$$x^2 - y = 0 \quad \text{parabola} \rightarrow y = x^2$$

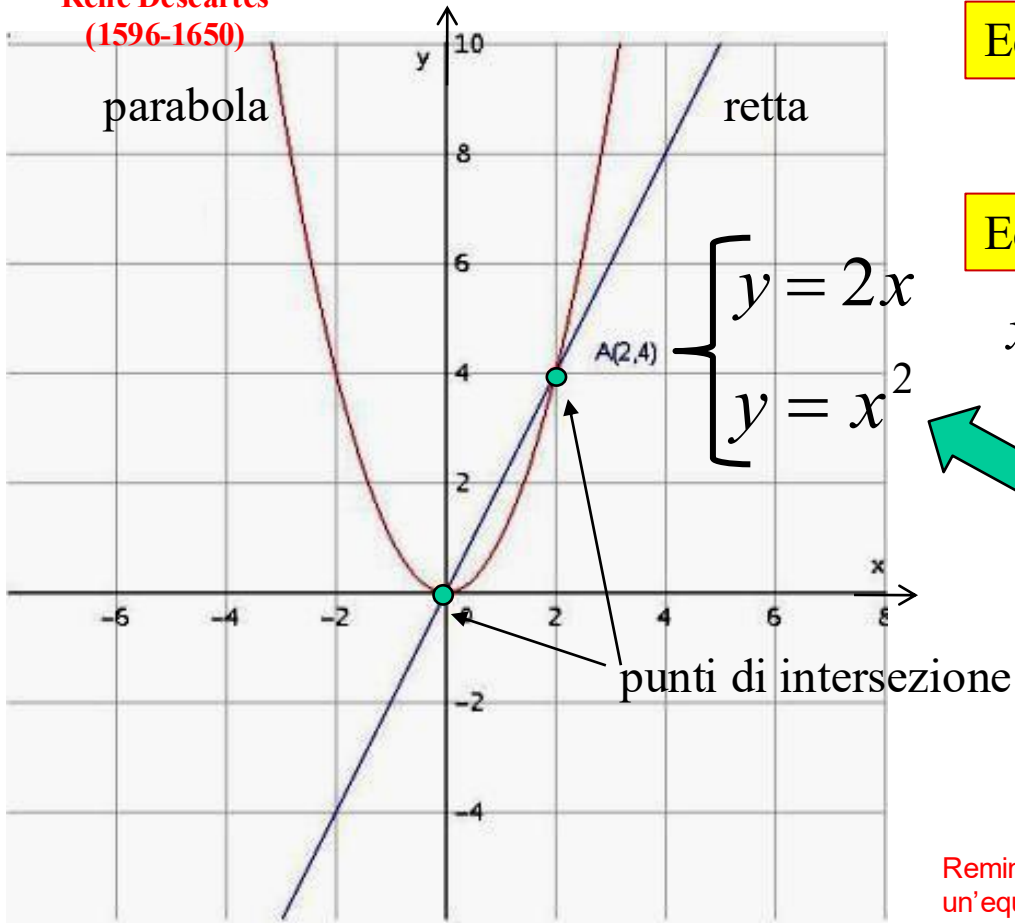
In questo caso abbiamo un'equazione di **secondo grado** in due incognite perché il **massimo esponente con cui compaiono le incognite è 2**.

x	y
-2	4
0	0
2	4
4	16
$\vdots$	$\vdots$



René Descartes
(1596-1650)

Ai tempi di Galileo quindi esistevano due diversi metodi per la risoluzione dei problemi matematici, la **geometria** e l'**algebra**. Fu **Cartesio**, di una generazione più giovane di Galileo, ad unificare queste due discipline introducendo nel 1637 le basi della "**geometria analitica**", che – attraverso i cosiddetti "**diagrammi cartesiani**" – permetteva di rappresentare visivamente le equazioni algebriche sotto forma di figure geometriche o **curve algebriche**:



Equazione di primo grado:

$$2x - y = 0 \quad \text{retta}$$

Equazione di secondo grado:

$$x^2 - y = 0 \quad \text{parabola}$$

Le coordinate (x,y) dei punti di **intersezione** tra la retta e la parabola si ottengono risolvendo il **SISTEMA** di due equazioni in **due incognite** costituito appunto dalle **due equazioni esplicite** di primo e secondo grado che rappresentano, rispettivamente, la retta e la parabola. Uguagliando i secondi membri delle due equazioni si ottiene:

$$\rightarrow 2x = x^2 \rightarrow x(x - 2) = 0$$

Reminder: questa è un'equazione di secondo grado in una incognita («spuria», ossia senza termine noto); se non ve le ricordate, ripassatevele!

Soluzioni:

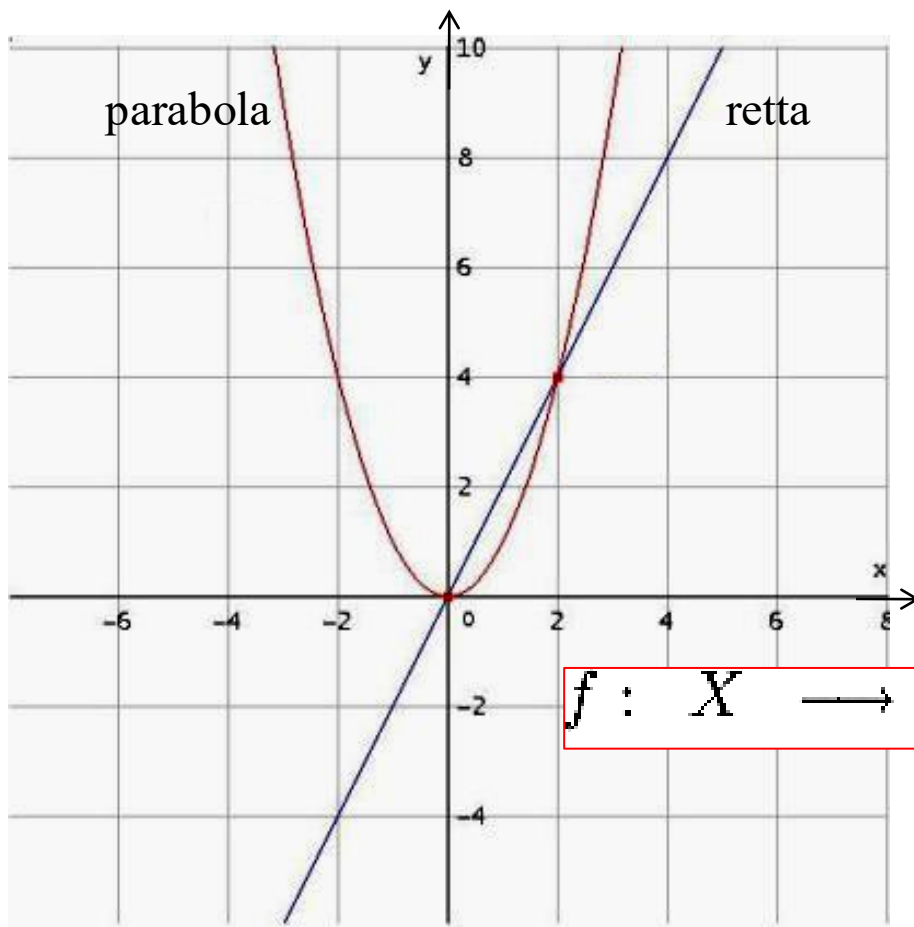
$$\rightarrow x = 0, x = 2$$

Sostituendo nel sistema:

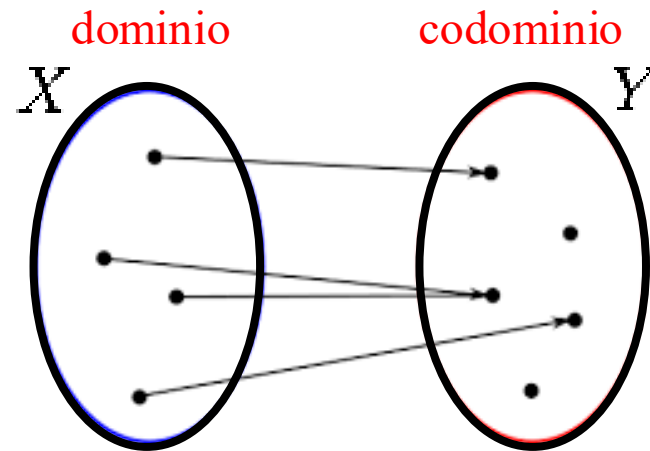
$$\rightarrow y = 0, y = 4$$

Diagrammi cartesiani e Funzioni Matematiche

In matematica, una **funzione** (G.Leibniz, 1694) è una relazione tra due insiemi, chiamati **dominio** e **codominio** della funzione, che associa a **ogni** elemento del dominio **uno ed un solo** elemento del codominio.



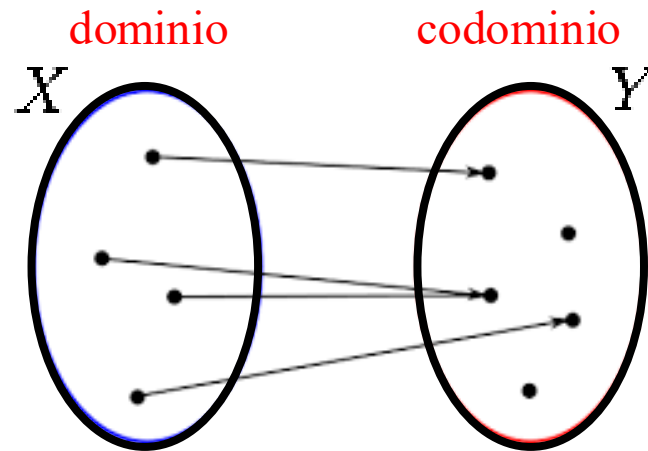
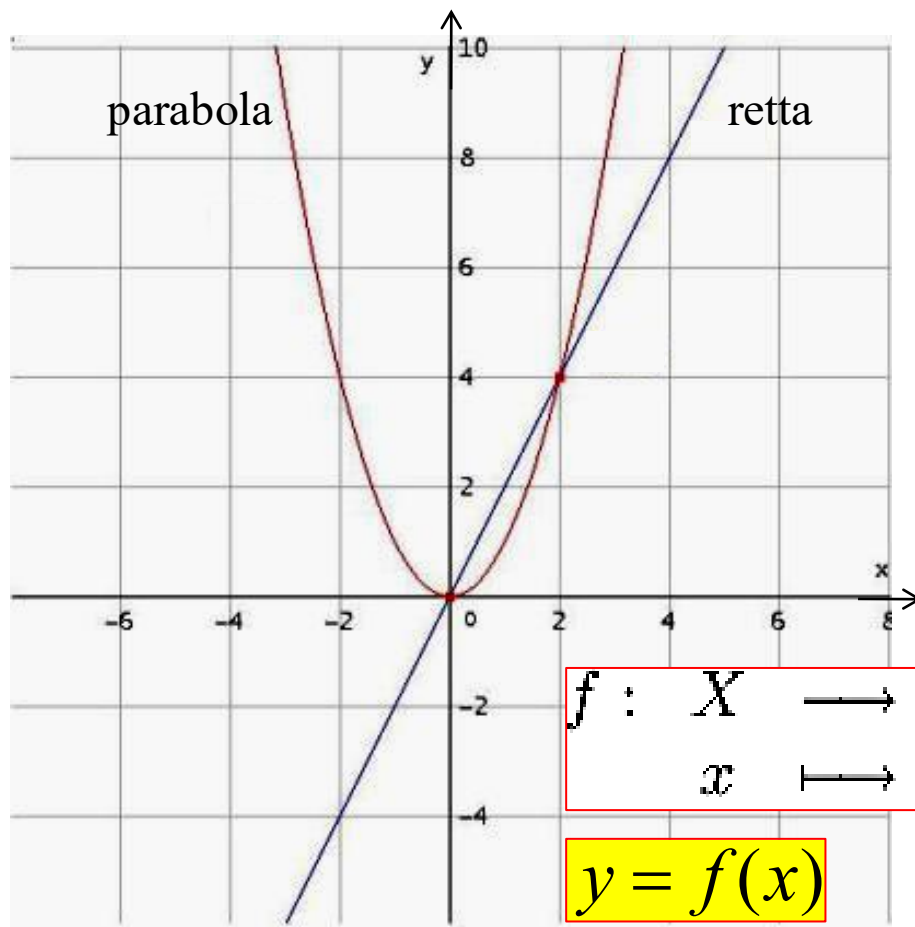
$$f : X \longrightarrow Y$$



Diagrammi cartesiani e Funzioni Matematiche

In matematica, una **funzione** (G.Leibniz, 1694) è una relazione tra due insiemi, chiamati **dominio** e **codominio** della funzione, che associa a **ogni** elemento del dominio **uno ed un solo** elemento del codominio.

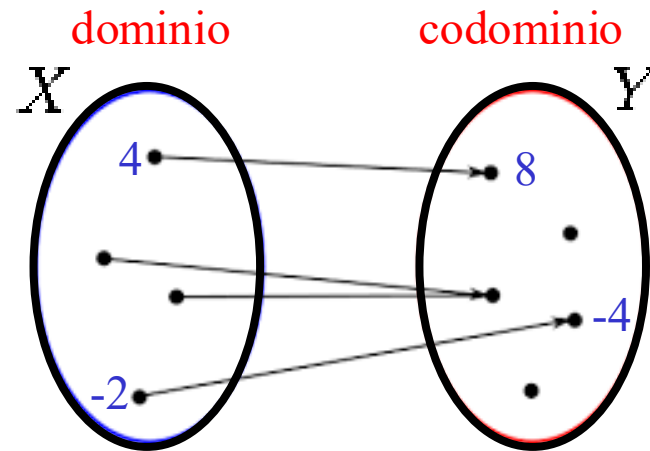
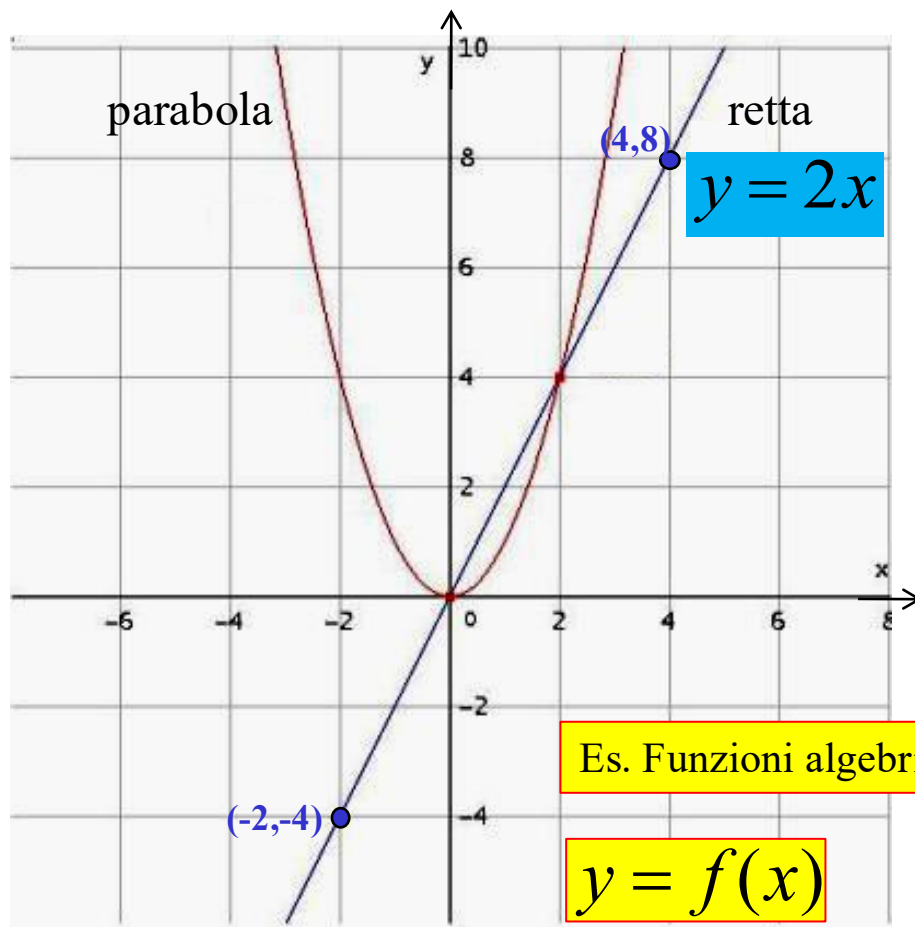
In un **diagramma cartesiano in 2D**, il dominio coincide con l'asse x e il codominio con l'asse y . La funzione, indicata con $y = f(x)$, potrà essere quindi rappresentata con un **grafico**, ossia con una curva che unisce tutti i punti individuati dalle **infinite coppie di valori x e y** che soddisfano la (ossia sono soluzioni della) **equazione in due incognite** definita dalla funzione stessa.



Diagrammi cartesiani e Funzioni Matematiche

In matematica, una **funzione** (G.Leibniz, 1694) è una relazione tra due insiemi, chiamati **dominio** e **codominio** della funzione, che associa a **ogni** elemento del dominio **uno ed un solo** elemento del codominio.

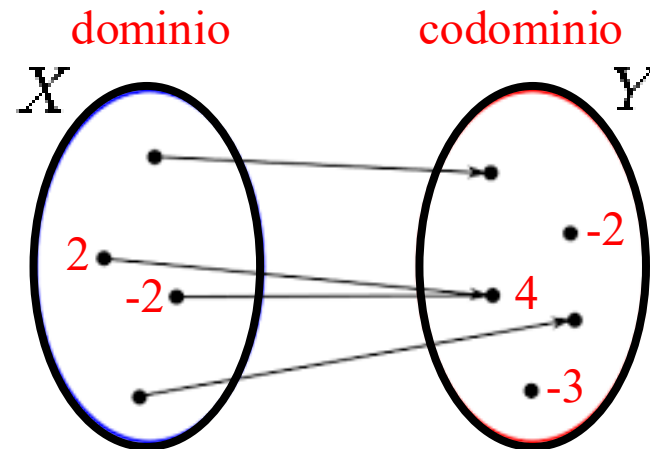
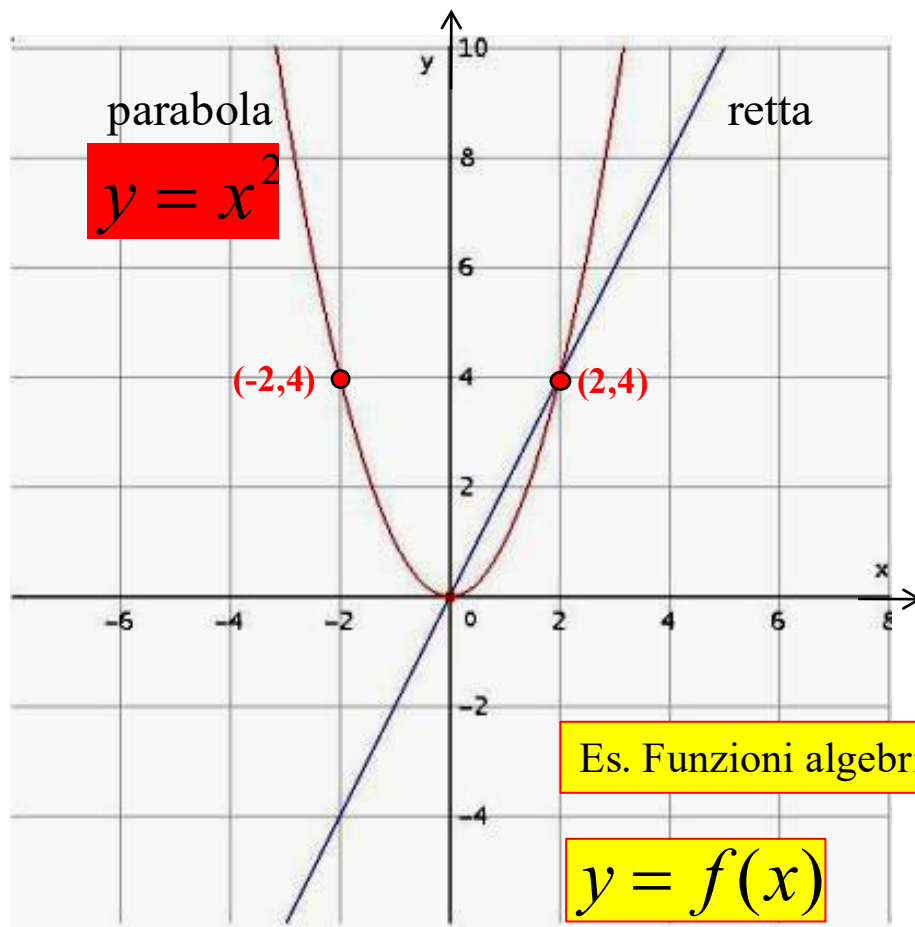
In un **diagramma cartesiano in 2D**, il dominio coincide con l'asse x e il codominio con l'asse y . La funzione, indicata con $y = f(x)$, potrà essere quindi rappresentata con un **grafico**, ossia con una curva che unisce tutti i punti individuati dalle **infinite coppie di valori x e y** che soddisfano la (ossia sono soluzioni della) **equazione in due incognite** definita dalla funzione stessa.



Diagrammi cartesiani e Funzioni Matematiche

In matematica, una **funzione** (G.Leibniz, 1694) è una relazione tra due insiemi, chiamati **dominio** e **codominio** della funzione, che associa a **ogni** elemento del dominio **uno ed un solo** elemento del codominio.

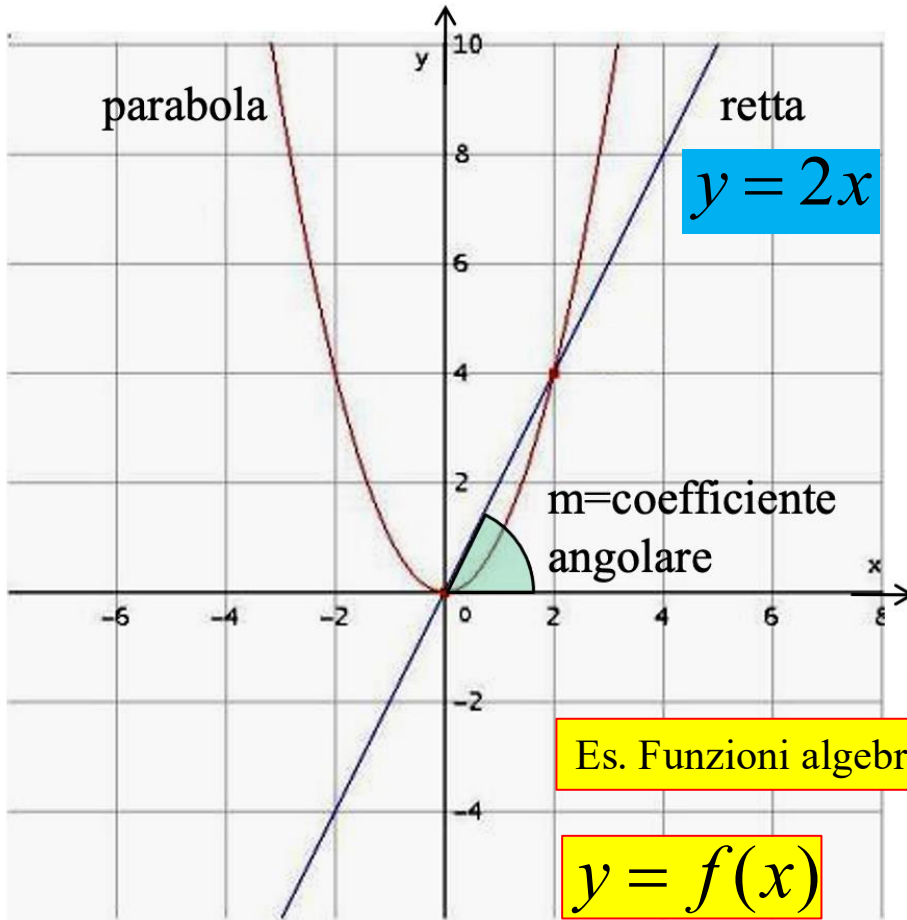
In un **diagramma cartesiano in 2D**, il dominio coincide con l'asse x e il codominio con l'asse y . La funzione, indicata con $y = f(x)$, potrà essere quindi rappresentata con un **grafico**, ossia con una curva che unisce tutti i punti individuati dalle **infinite coppie di valori x e y** che soddisfano la (ossia sono soluzioni della) **equazione in due incognite** definita dalla funzione stessa.



Diagrammi cartesiani e Funzioni Matematiche

In matematica, una **funzione** (G.Leibniz, 1694) è una relazione tra due insiemi, chiamati **dominio** e **codominio** della funzione, che associa a **ogni** elemento del dominio **uno ed un solo** elemento del codominio.

In un **diagramma cartesiano in 2D**, il dominio coincide con l'asse x e il codominio con l'asse y . La funzione, indicata con $y = f(x)$, potrà essere quindi rappresentata con un **grafico**, ossia con una curva che unisce tutti i punti individuati dalle **infinite coppie di valori x e y** che soddisfano la (ossia sono soluzioni della) **equazione in due incognite** definita dalla funzione stessa.



In generale:

Retta generica di coefficiente angolare m :

$$y = mx + q$$

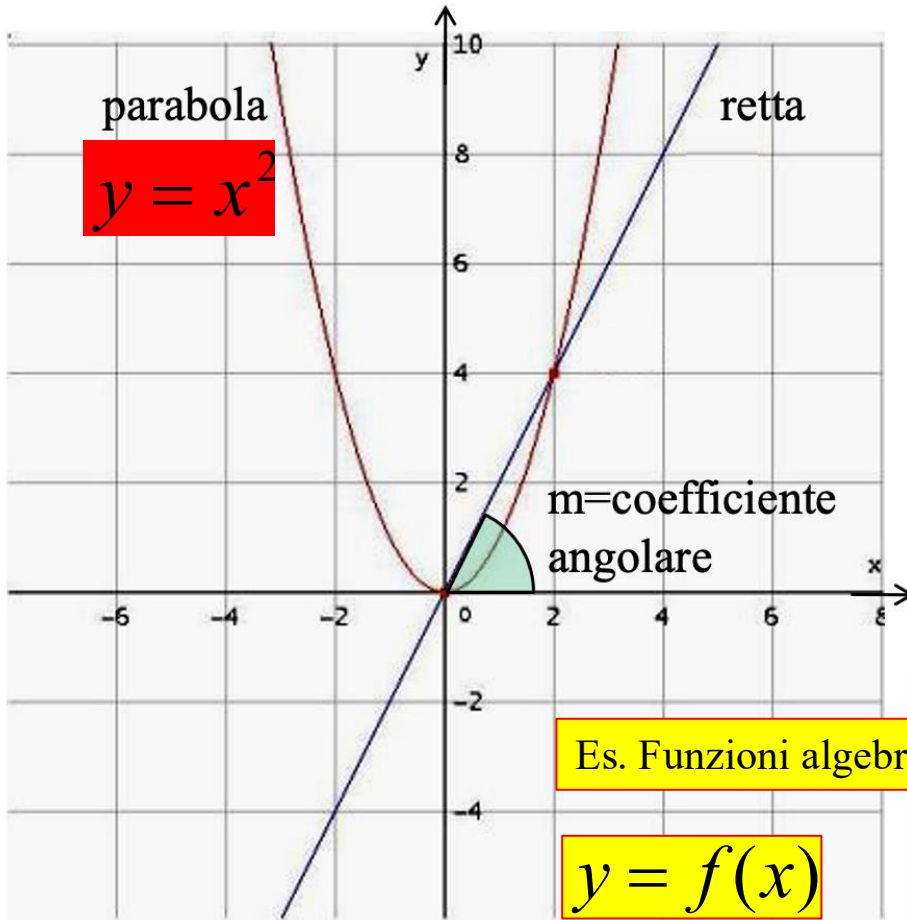
ordinata all'origine

Caso particolare ($m=2, q=0$):
retta passante per l'origine $y = 2x$

Diagrammi cartesiani e Funzioni Matematiche

In matematica, una **funzione** (G.Leibniz, 1694) è una relazione tra due insiemi, chiamati **dominio** e **codominio** della funzione, che associa a **ogni** elemento del dominio **uno ed un solo** elemento del codominio.

In un **diagramma cartesiano in 2D**, il dominio coincide con l'asse x e il codominio con l'asse y . La funzione, indicata con $y = f(x)$, potrà essere quindi rappresentata con un **grafico**, ossia con una curva che unisce tutti i punti individuati dalle **infinite coppie di valori x e y** che soddisfano la (ossia sono soluzioni della) **equazione in due incognite** definita dalla funzione stessa.



In generale:

Parabola con asse parallelo all'asse y :

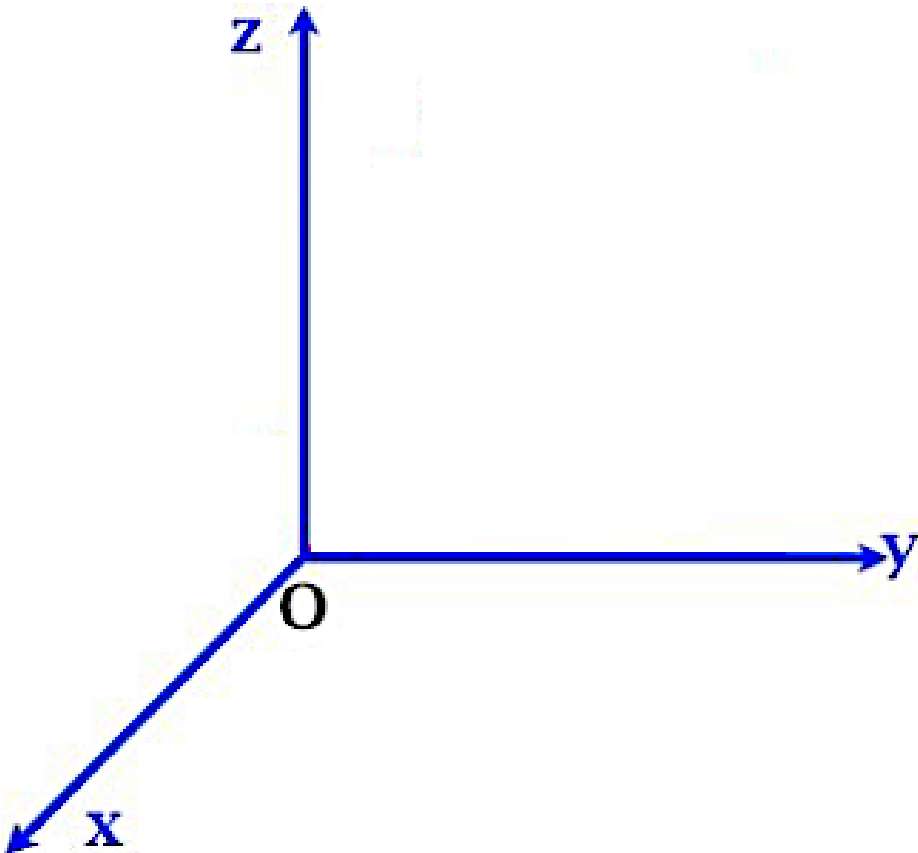
$$y = ax^2 + bx + c$$

Caso particolare ($a=1, b=c=0$):
parabola passante per l'origine $y = x^2$

I 3 Concetti Fondamentali della Cinematica

1) Il Sistema di Riferimento

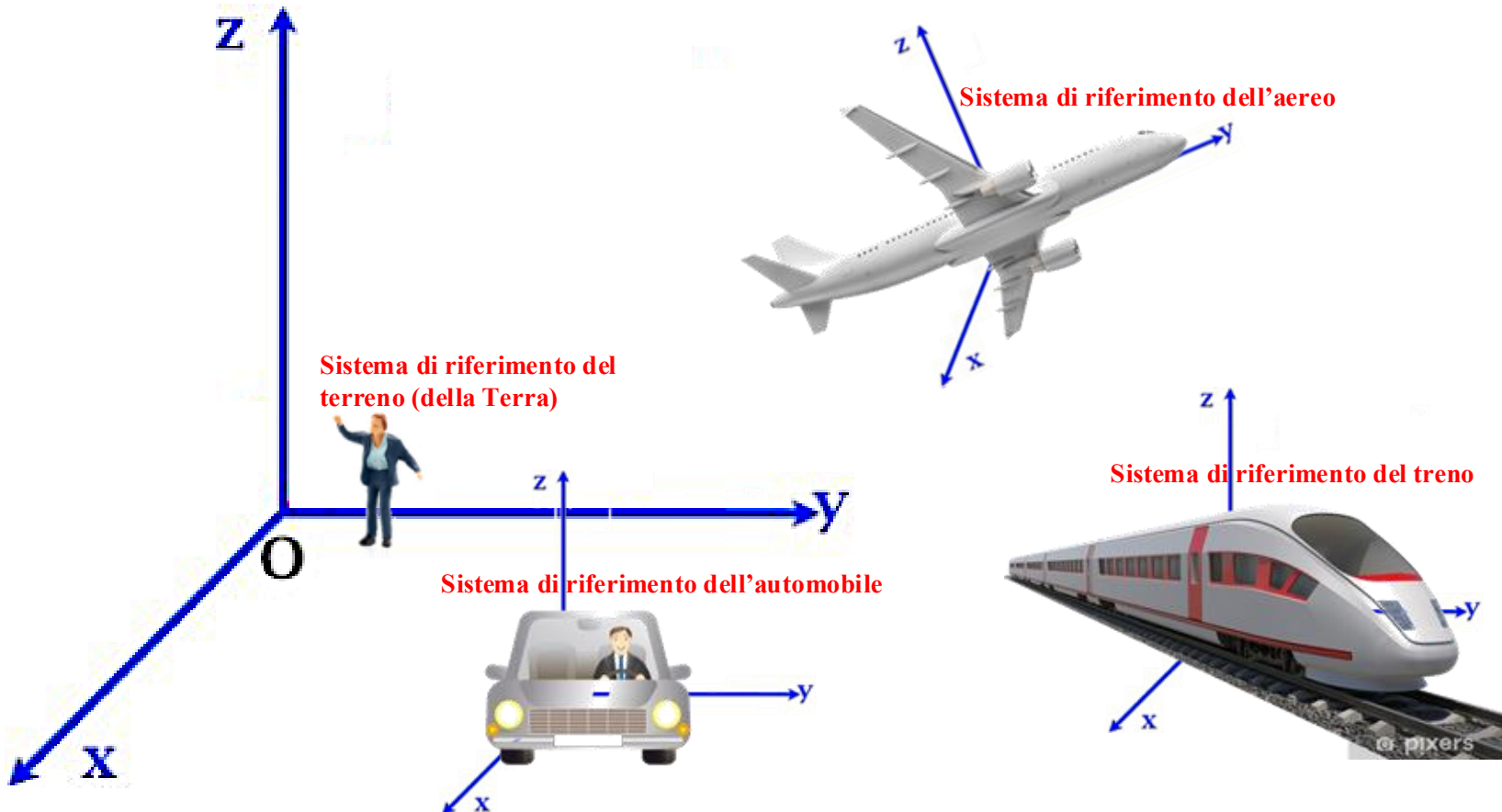
E' l'insieme di tutti gli oggetti rispetto ai quali il movimento avviene con le stesse caratteristiche ed è rappresentato di solito da un diagramma cartesiano



I 3 Concetti Fondamentali della Cinematica

1) Il Sistema di Riferimento

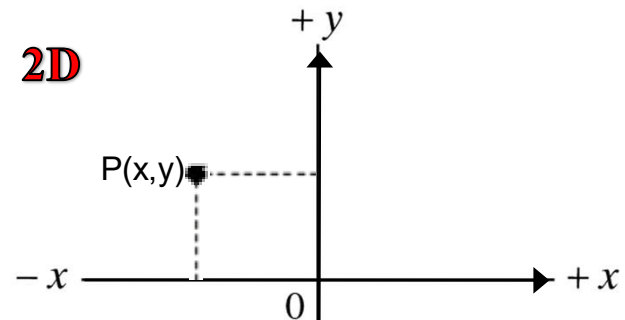
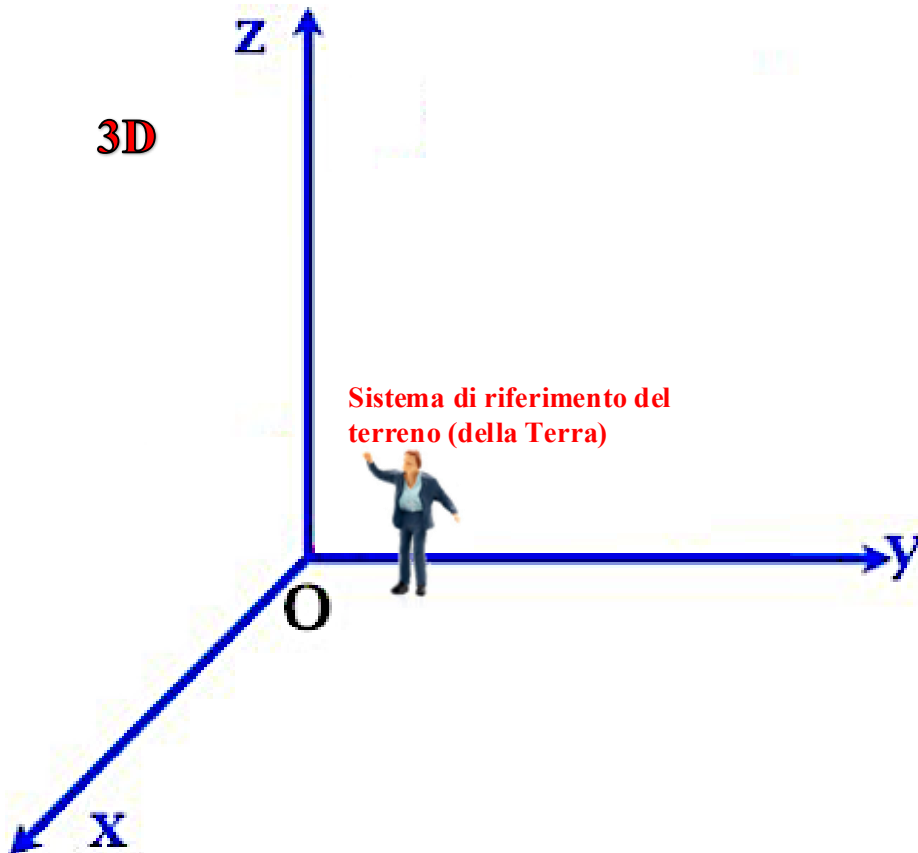
E' l'insieme di tutti gli oggetti rispetto ai quali il movimento avviene con le stesse caratteristiche ed è rappresentato di solito da un diagramma cartesiano



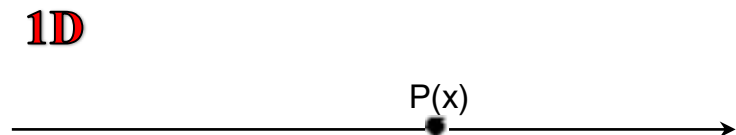
I 3 Concetti Fondamentali della Cinematica

1) Il Sistema di Riferimento

E' l'insieme di tutti gli oggetti rispetto ai quali il movimento avviene con le stesse caratteristiche ed è rappresentato di solito da un diagramma cartesiano



Fisica
Copyright 2006 Casa Editrice Ambrosiana



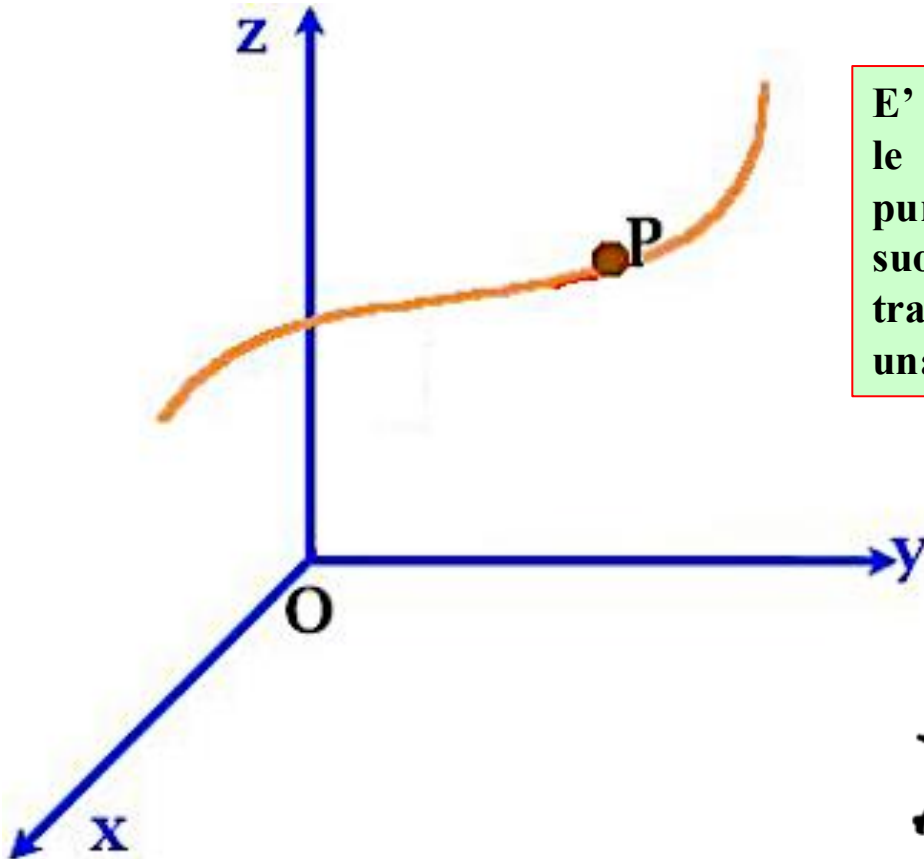
I 3 Concetti Fondamentali della Cinematica

1) Il Sistema di Riferimento

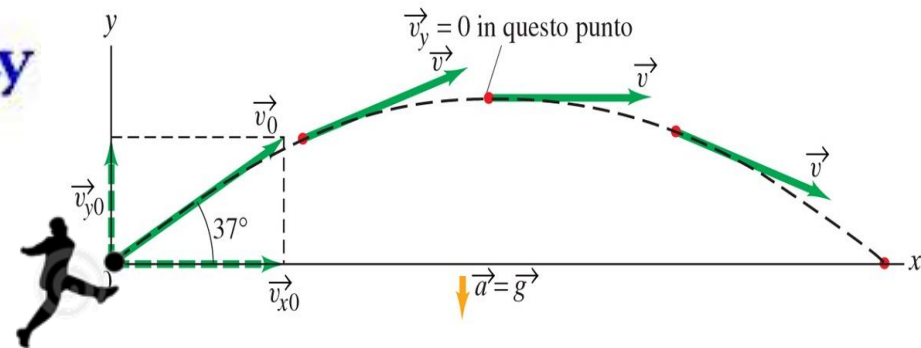
E' l'insieme di tutti gli oggetti rispetto ai quali il movimento avviene con le stesse caratteristiche ed è rappresentato di solito da un diagramma cartesiano

2) La Traiettoria

E' la linea che unisce tutte le posizioni attraverso le quali è passato un oggetto (ad esempio un punto materiale P) in movimento. All'interno del suo sistema di riferimento (1D, 2D o 3D), la traiettoria può essere spesso rappresentata con una curva continua.



Es. Traiettoria parabolica di un pallone in 2D



I 3 Concetti Fondamentali della Cinematica

1) Il Sistema di Riferimento

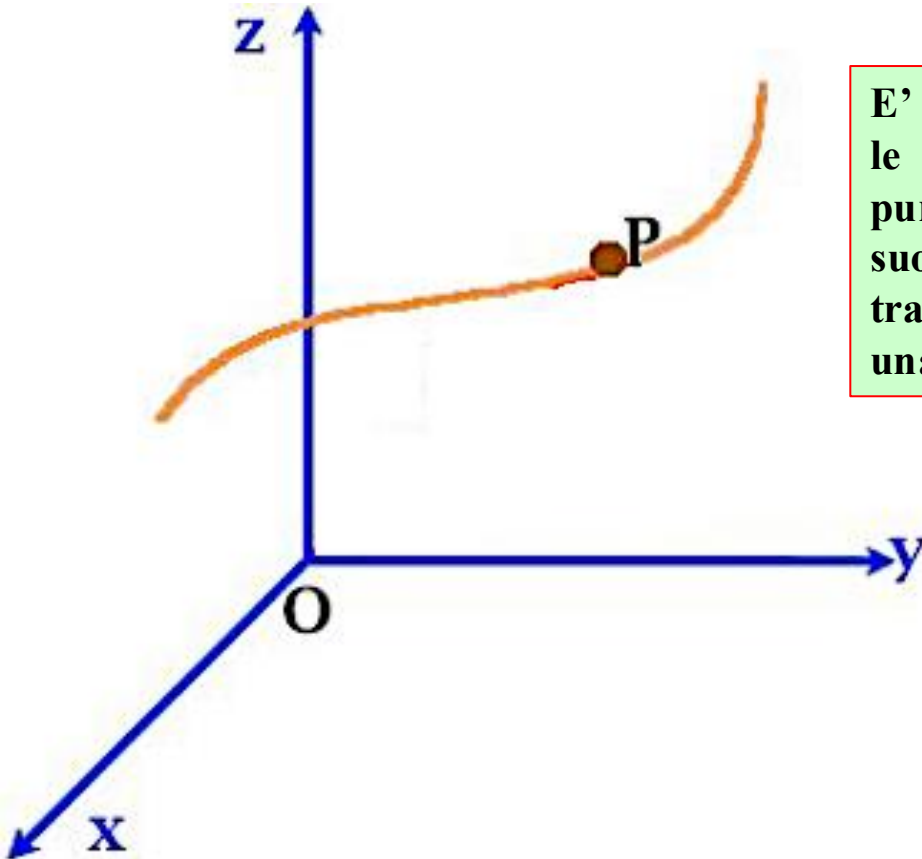
E' l'insieme di tutti gli oggetti rispetto ai quali il movimento avviene con le stesse caratteristiche ed è rappresentato di solito da un diagramma cartesiano

2) La Traiettoria

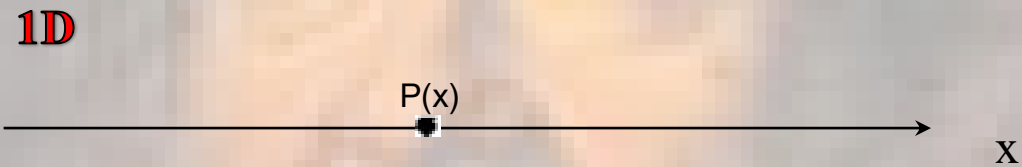
E' la linea che unisce tutte le posizioni attraverso le quali è passato un oggetto (ad esempio un punto materiale P) in movimento. All'interno del suo sistema di riferimento (1D, 2D o 3D), la traiettoria può essere spesso rappresentata con una curva continua.

3) Il Punto Materiale

E' un oggetto così piccolo rispetto alle dimensioni della traiettoria da esso percorsa che può essere considerato un punto geometrico (però dotato di massa). Talvolta ci riferiremo ad esso utilizzando altri termini quali "corpo" o "particella".



Cinematica in una dimensione

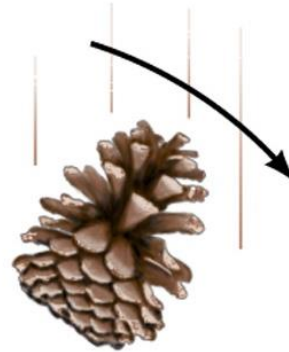


1D



(a)

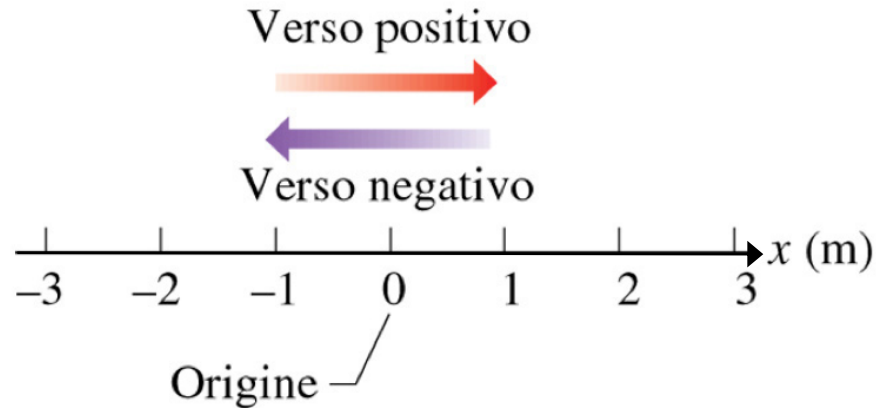
**Moto
di traslazione**



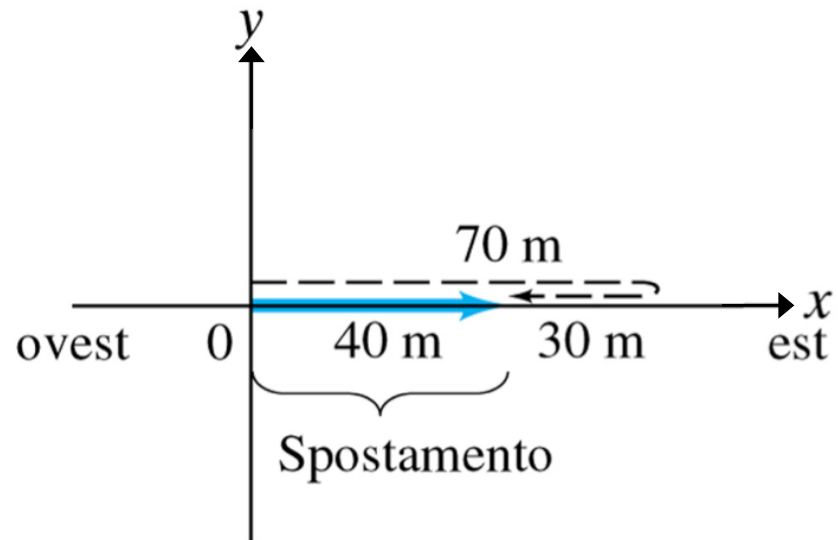
(b)

**Moto
di rototraslazione**

Moto e spostamento in un sistema di riferimento
unidimensionale (asse x , unità di misura: metro m)

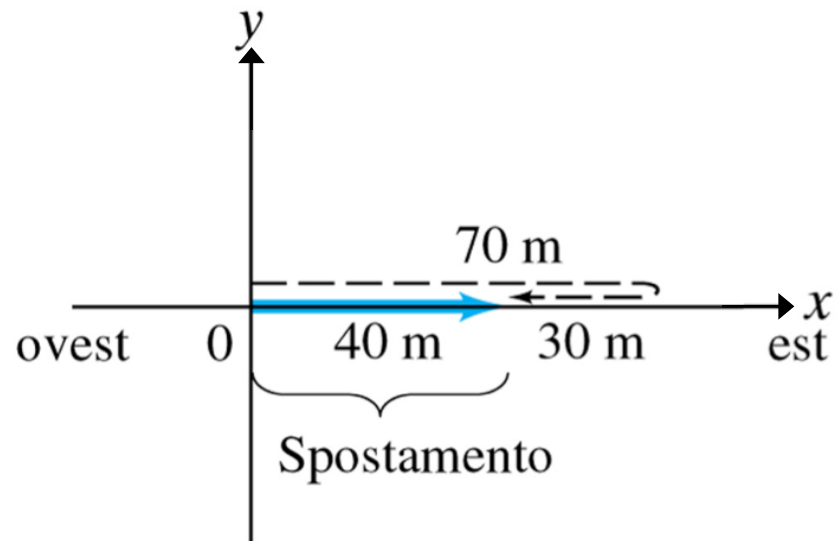


Lo **spostamento** è definito come il cambiamento di posizione di un oggetto (o di un punto materiale), rappresenta cioè di quanto l'oggetto, ad un certo istante del moto, è lontano dal suo punto di partenza (**da non confondere con la distanza totale percorsa, anche se spesso si identifica con essa**).



Lo Spostamento è un Vettore!

Lo spostamento è una **grandezza vettoriale** e come tale, a differenza delle *grandezze scalari* definite solo da un valore numerico, è caratterizzato da 3 elementi: **modulo** (o intensità), **direzione** e **verso**. In 1D la direzione è fissa e coincide, chiaramente, con la direzione dell'asse x.



Lo Spostamento è un Vettore!

Lo spostamento è una **grandezza vettoriale** e come tale, a differenza delle *grandezze scalari* definite solo da un valore numerico, è caratterizzato da 3 elementi: **modulo** (o intensità), **direzione** e **verso**. In 1D la direzione è fissa e coincide, chiaramente, con la direzione dell'asse x.

Consideriamo un oggetto in moto tra due istanti di tempo t_1 e t_2 , nei quali assume rispettivamente le posizioni x_1 e x_2 :

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad \text{Spostamento (qui uguale alla distanza percorsa)}$$

Se $x_1 = 10.0 \text{ m}$ $x_2 = 30.0 \text{ m}$:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 30.0\text{m} - 10.0\text{m} = 20.0\text{m}$$

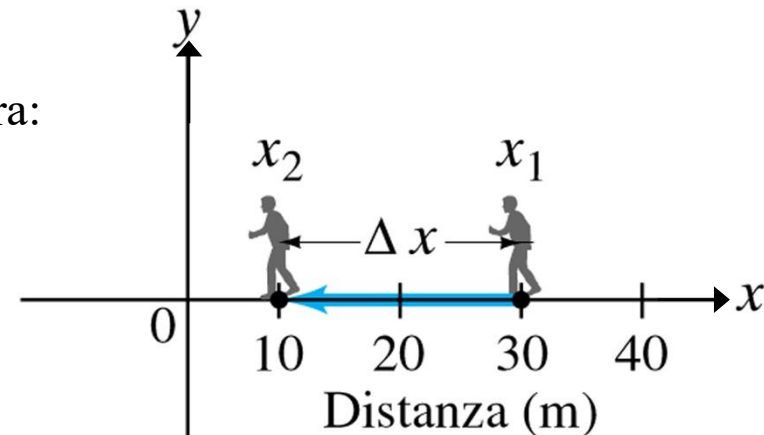
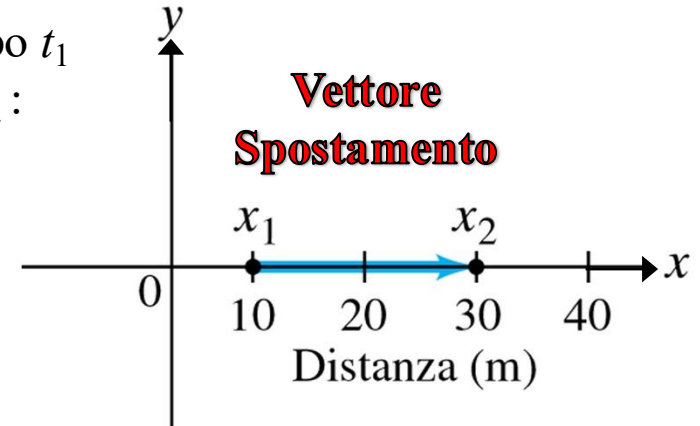
Lo spostamento è positivo

Consideriamo una persona in movimento verso sinistra:

Se $x_1 = 30.0 \text{ m}$ $x_2 = 10.0 \text{ m}$:

$$\Delta x = x_2 - x_1 = 10.0\text{m} - 30.0\text{m} = -20.0\text{m}$$

Lo spostamento è negativo

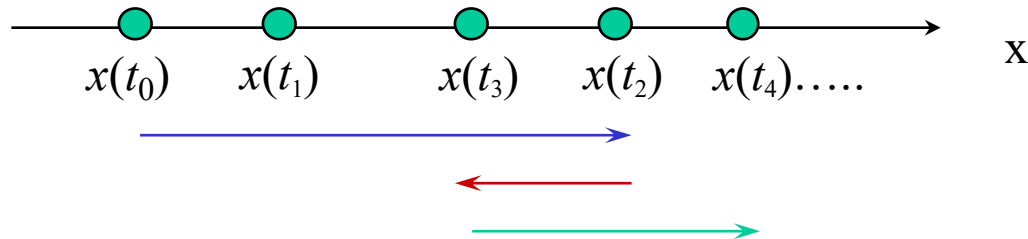


Traiettorie in una dimensione

E' difficile visualizzare la **traiettoria** di un punto materiale in un sistema di riferimento unidimensionale in funzione del tempo:

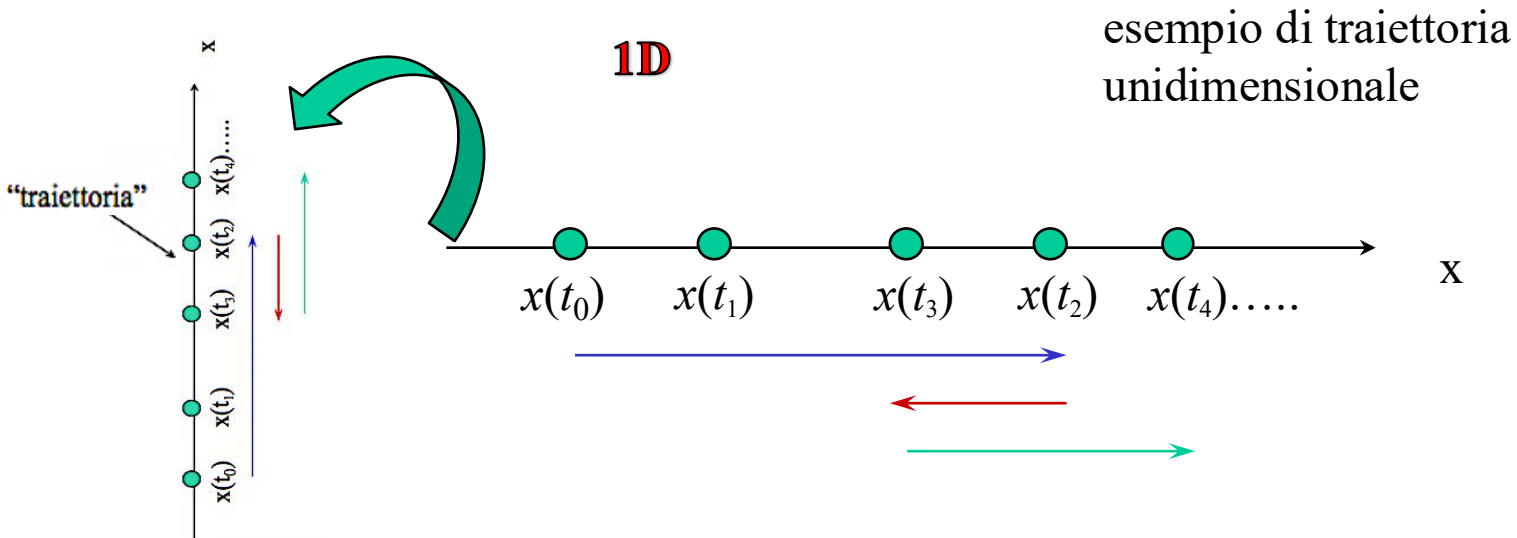
1D

esempio di traiettoria
unidimensionale



Traiettorie in una dimensione

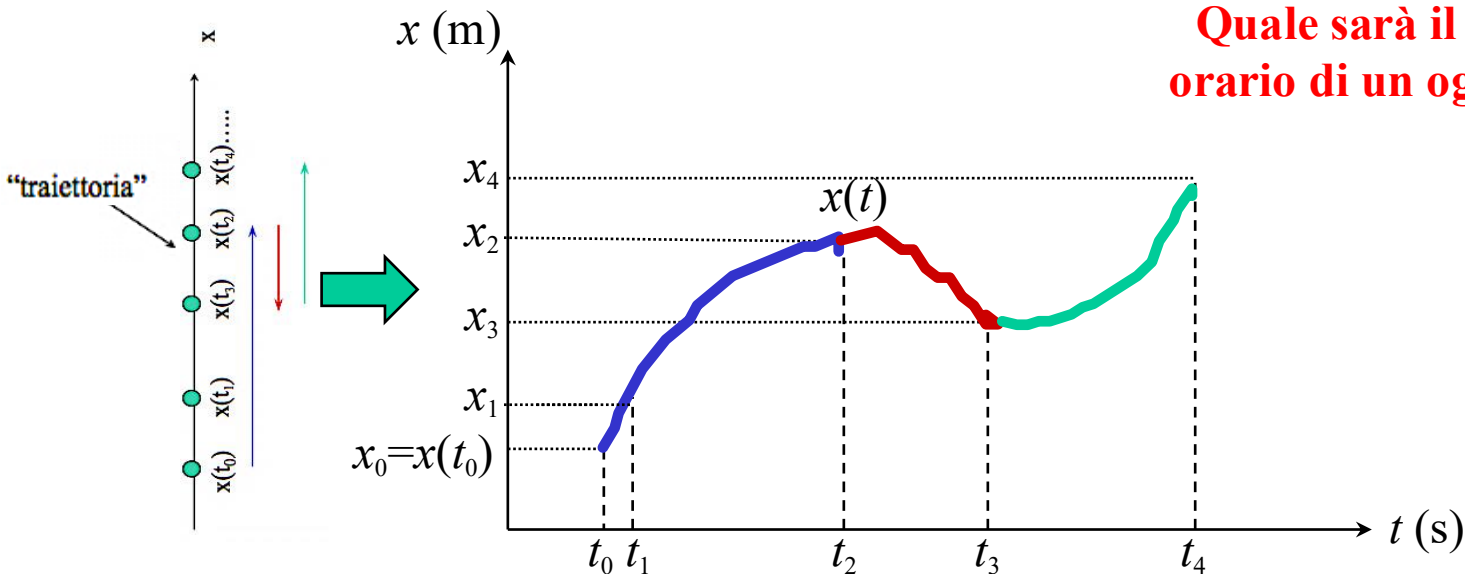
E' difficile visualizzare la **traiettoria** di un punto materiale in un sistema di riferimento unidimensionale in funzione del tempo:



Si ricorre dunque al cosiddetto “**diagramma orario**”...

Il Diagramma Orario: $x = f(t)$

Il Diagramma orario permette di rappresentare la posizione di un oggetto o di un punto materiale in moto unidimensionale al passare del tempo (espresso in secondi) sotto forma di una **curva** (da non confondere con la traiettoria dell'oggetto nello spazio reale) descritta dalla **funzione** $x(t)$, ossia $x = f(t)$.



Il Diagramma Orario: $x = f(t)$

Il Diagramma orario permette di rappresentare la posizione di un oggetto o di un punto materiale in moto unidimensionale al passare del tempo (espresso in secondi) sotto forma di una **curva** (da non confondere con la traiettoria dell'oggetto nello spazio reale) descritta dalla **funzione** $x(t)$, ossia $x = f(t)$.

