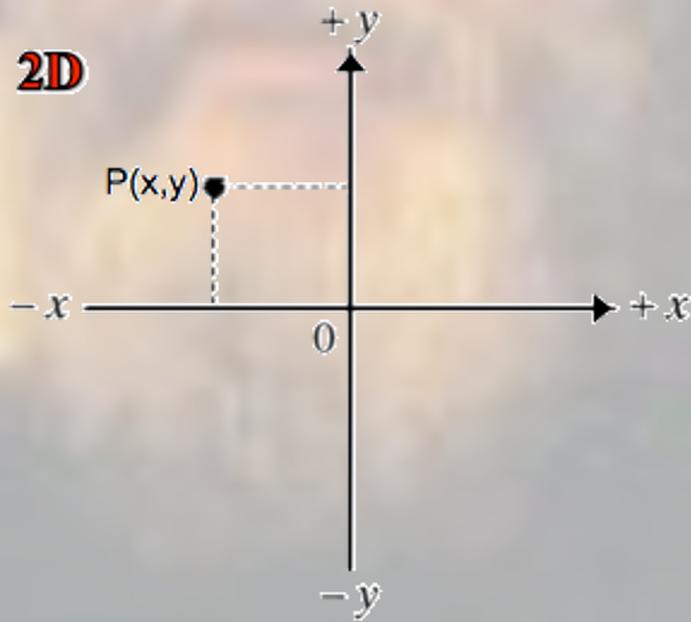
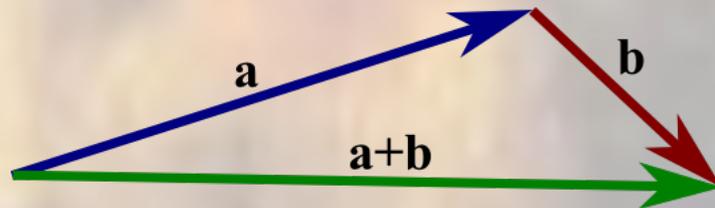


## VERSO LA CINEMATICA in 2D...



# I Vettori



# Somma di vettori per mezzo delle componenti

Per sommare due vettori  $\vec{V}_1$  e  $\vec{V}_2$  utilizzando il **metodo delle componenti** occorre innanzitutto scomporre i due vettori nelle loro componenti proiettandoli lungo gli assi coordinati:

$$\begin{cases} V_{1x} = V_1 \cos \theta_1 \\ V_{1y} = V_1 \sin \theta_1 \end{cases} \quad \begin{cases} V_{2x} = V_2 \cos \theta_2 \\ V_{2y} = V_2 \sin \theta_2 \end{cases}$$

dopodiché avremo che le componenti  $V_x$  e  $V_y$  del **vettore risultante**, incognito, saranno uguali – rispettivamente – alla somma (**algebraica**, trattandosi di scalari – anche negativi) delle componenti x e y dei due vettori originari:

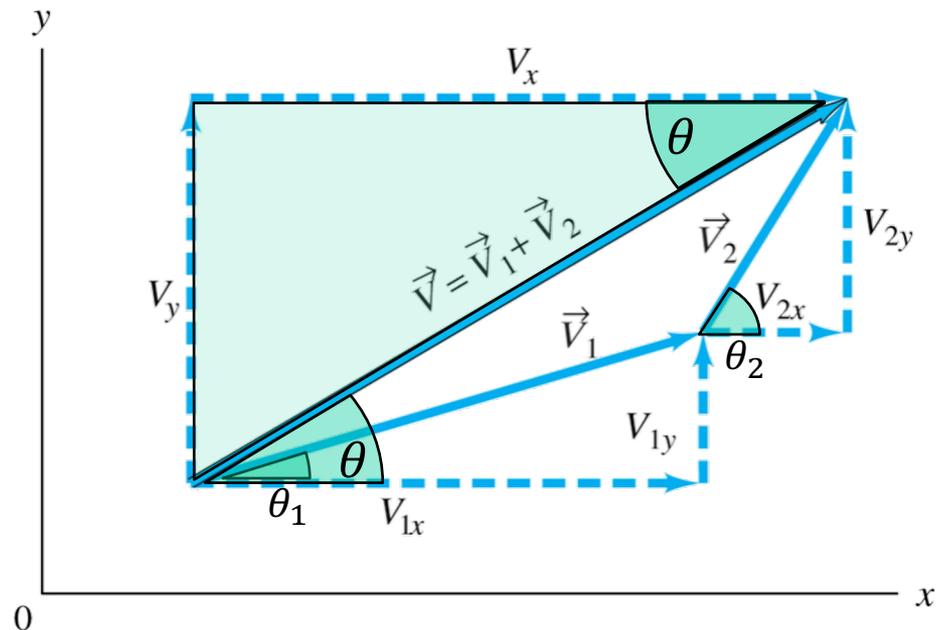
## Rappresentazione cartesiana del vettore risultante

$$\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2 \rightarrow \begin{cases} V_x = V_{1x} + V_{2x} \\ V_y = V_{1y} + V_{2y} \end{cases}$$

da cui si possono poi ottenere modulo e direzione del **vettore risultante** per mezzo delle seguenti trasformazioni:

## Rappresentazione polare del vettore risultante

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$
$$\operatorname{tg} \theta = \frac{V_y}{V_x} \rightarrow \theta = \operatorname{arctg} \frac{V_y}{V_x}$$



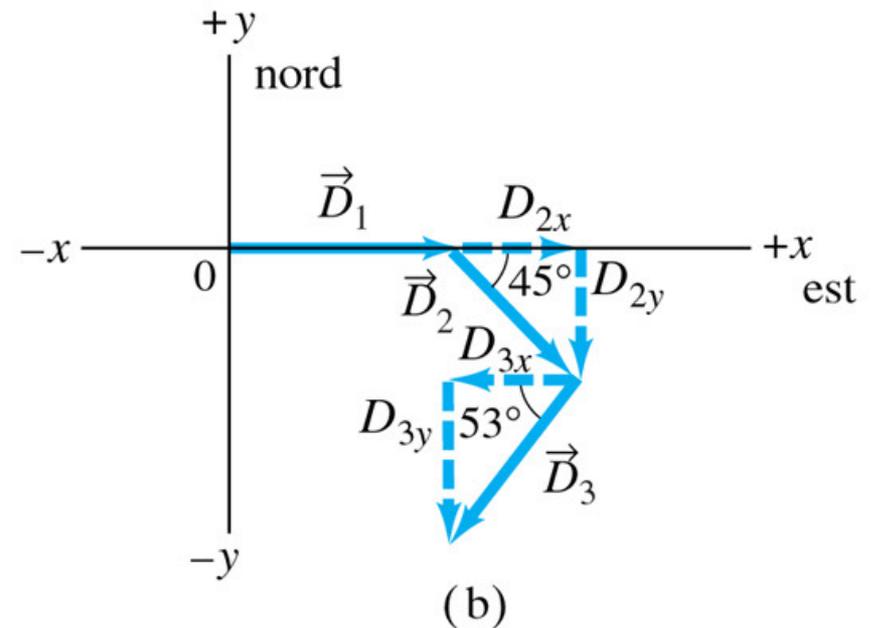
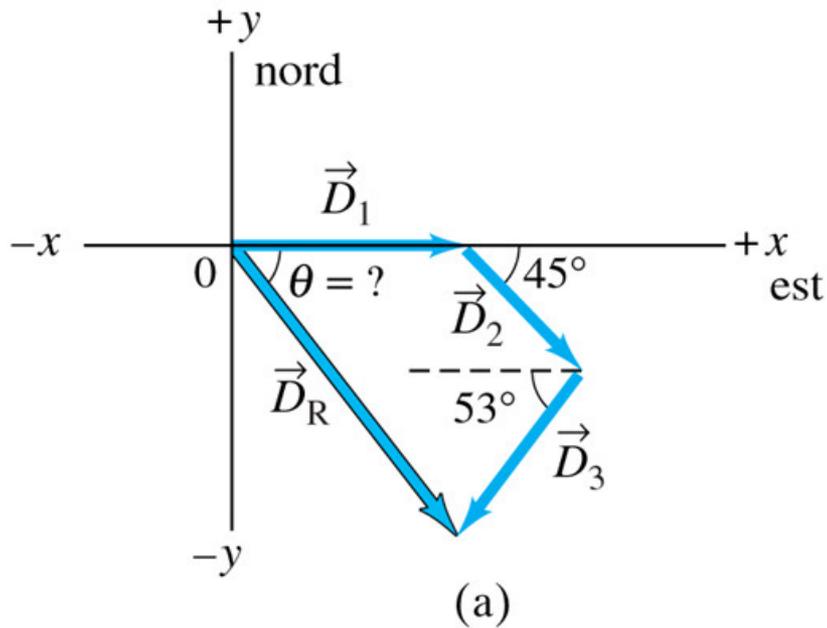
### Esercizio

Un viaggio aereo è formato da tre tratte, con due scali, come mostrato in figura. La prima tratta è diretta verso est per 620 km; la seconda tratta è diretta verso sud rispetto ad est ( $45^\circ$ ) per 440 km; la terza a  $53^\circ$  sud rispetto ad ovest per 550 km. Qual'è lo spostamento totale dell'aereo?



### Avvertenza

Ricordarsi di attribuire il segno negativo ad ogni componente che in figura è rivolta nelle direzioni x o y negative.

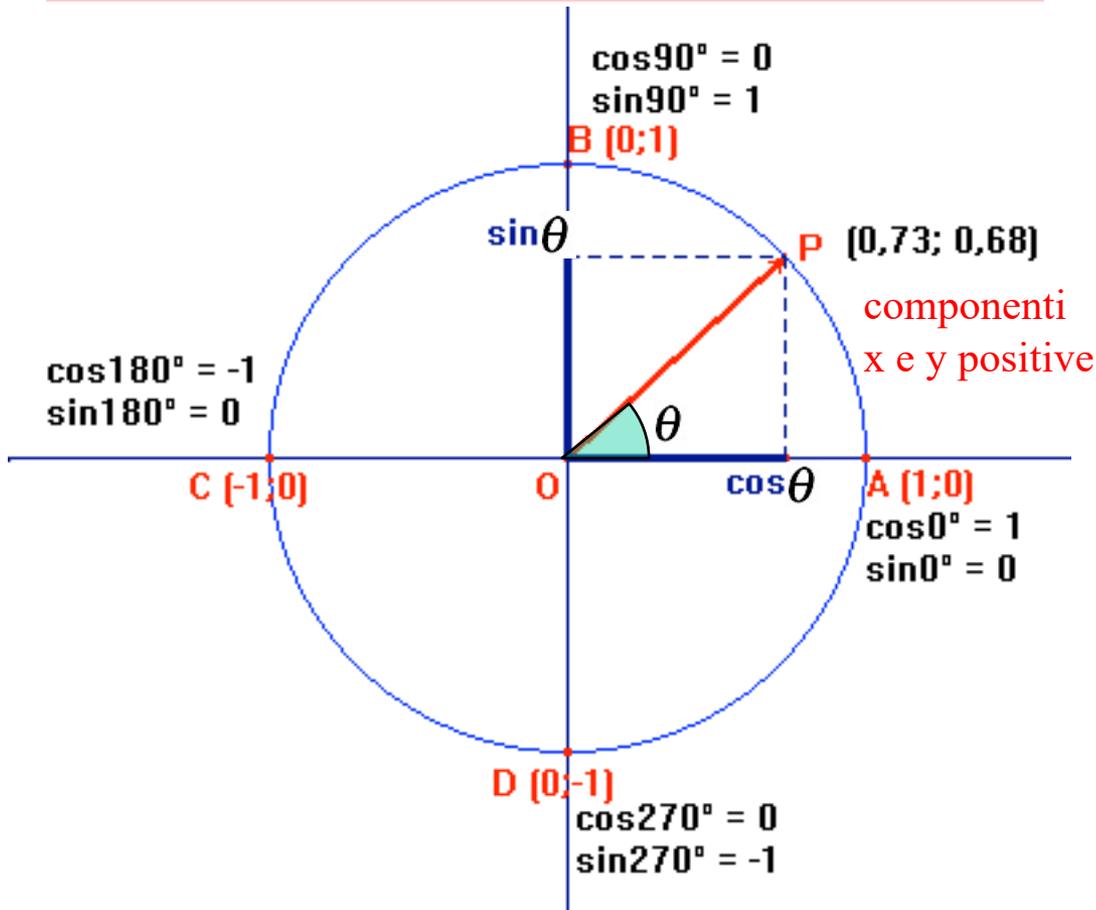
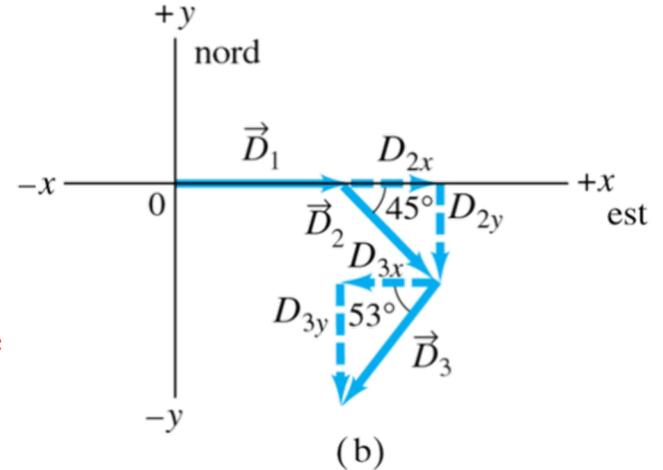
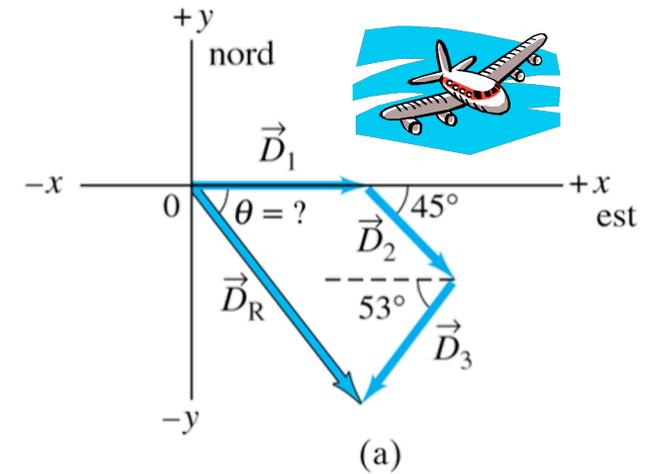


### Esercizio

Un viaggio aereo è formato da tre tratte, con due scali, come mostrato in figura. La prima tratta è diretta verso est per 620 km; la seconda tratta è diretta verso sud rispetto ad est ( $45^\circ$ ) per 440 km; la terza a  $53^\circ$  sud rispetto ad ovest per 550 km. Qual'è lo spostamento totale dell'aereo?

### Avvertenza

Ricordarsi di attribuire il segno negativo ad ogni componente che in figura è rivolta nelle direzioni x o y negative.

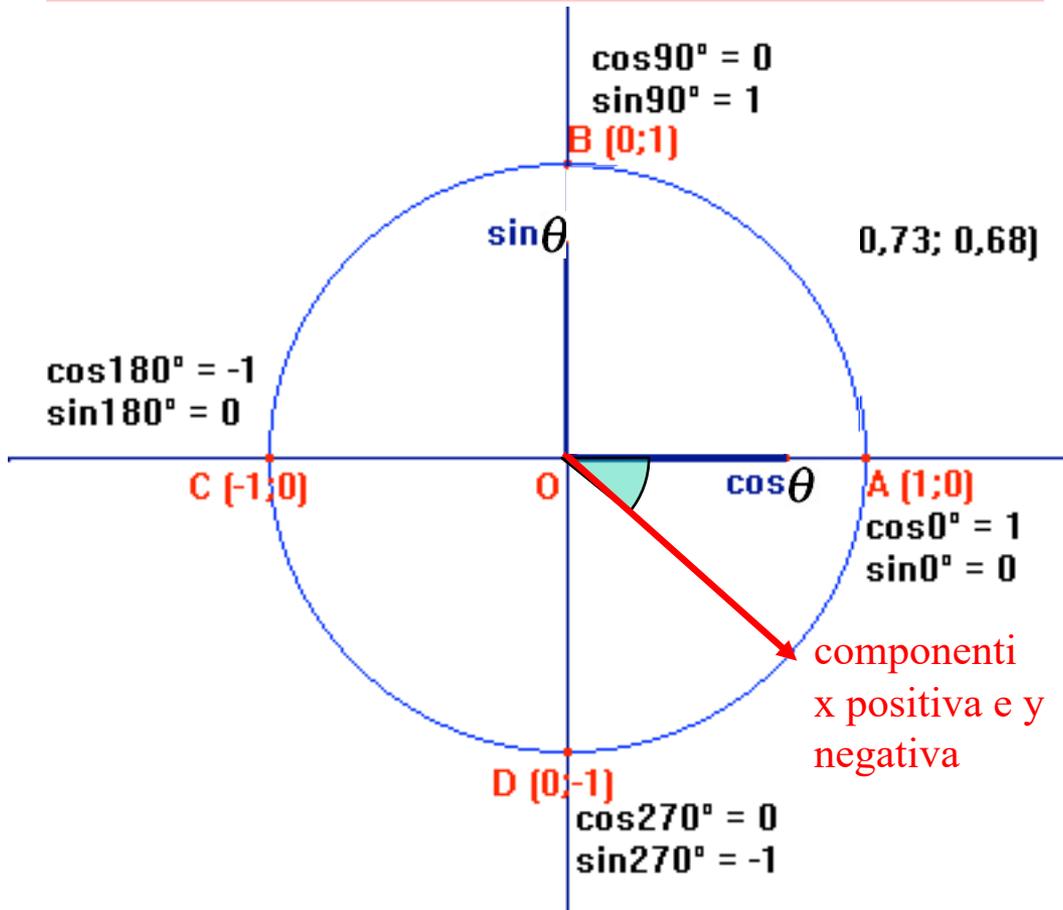
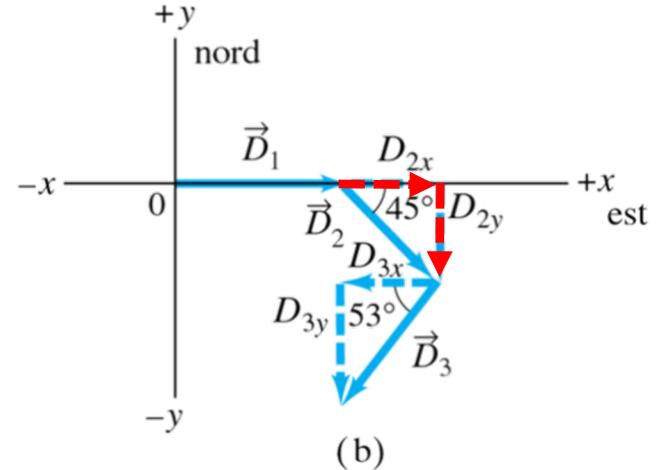
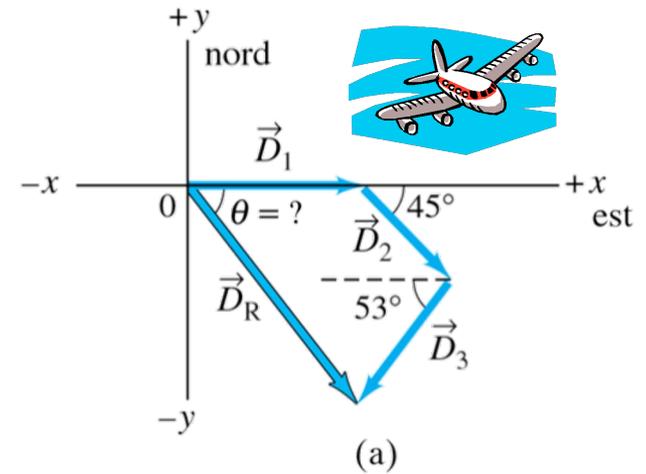


### Esercizio

Un viaggio aereo è formato da tre tratte, con due scali, come mostrato in figura. La prima tratta è diretta verso est per 620 km; la seconda tratta è diretta verso sud rispetto ad est ( $45^\circ$ ) per 440 km; la terza a  $53^\circ$  sud rispetto ad ovest per 550 km. Qual'è lo spostamento totale dell'aereo?

### Avvertenza

Ricordarsi di attribuire il segno negativo ad ogni componente che in figura è rivolta nelle direzioni x o y negative.

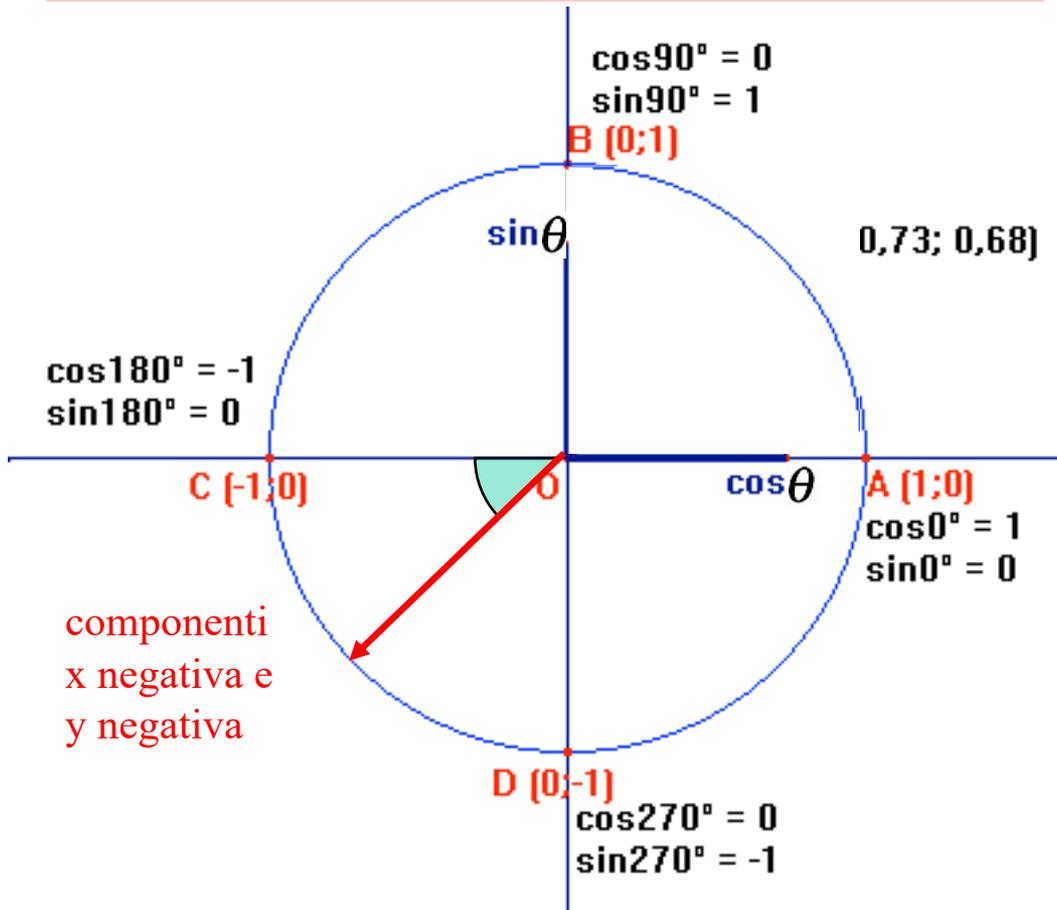
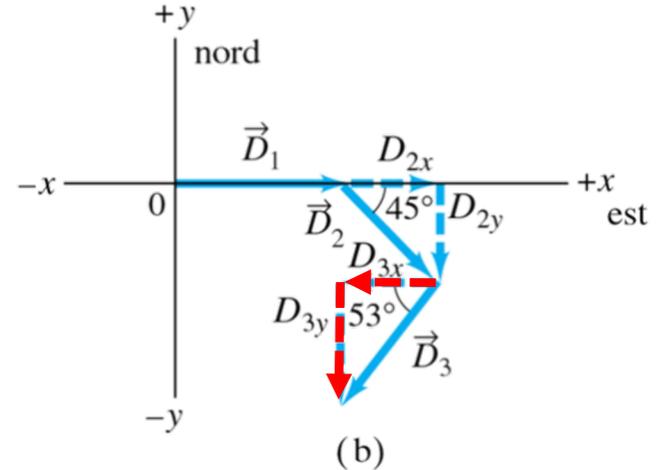
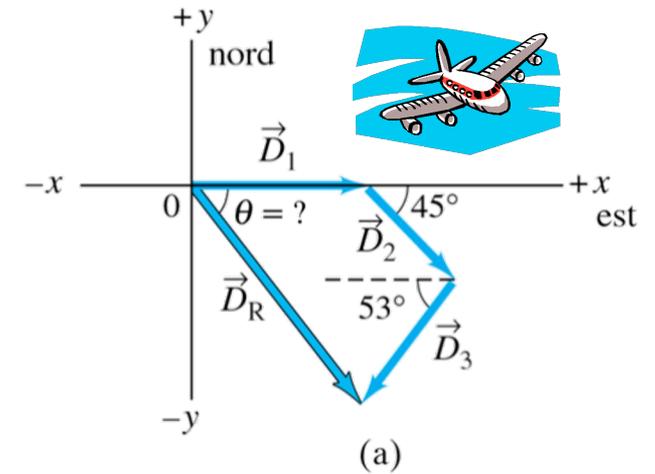


### Esercizio

Un viaggio aereo è formato da tre tratte, con due scali, come mostrato in figura. La prima tratta è diretta verso est per 620 km; la seconda tratta è diretta verso sud rispetto ad est ( $45^\circ$ ) per 440 km; la terza a  $53^\circ$  sud rispetto ad ovest per 550 km. Qual'è lo spostamento totale dell'aereo?

### Avvertenza

Ricordarsi di attribuire il segno negativo ad ogni componente che in figura è rivolta nelle direzioni x o y negative.

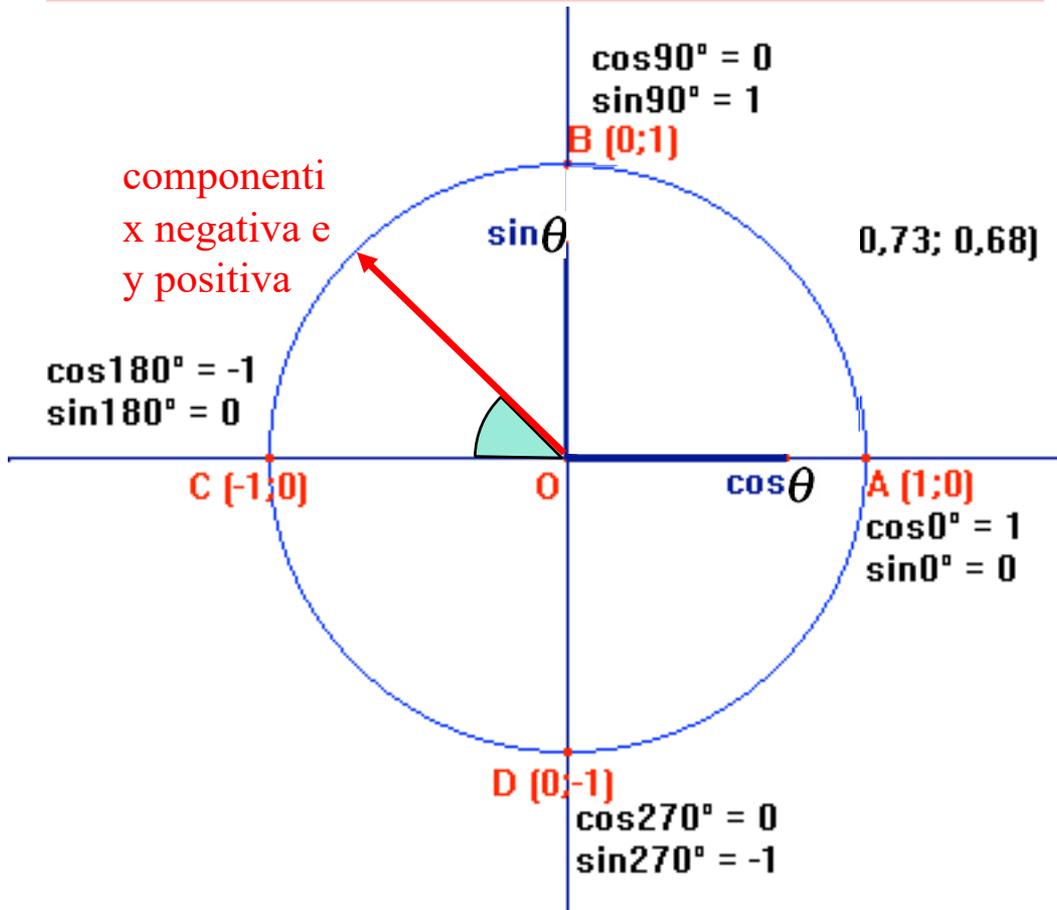
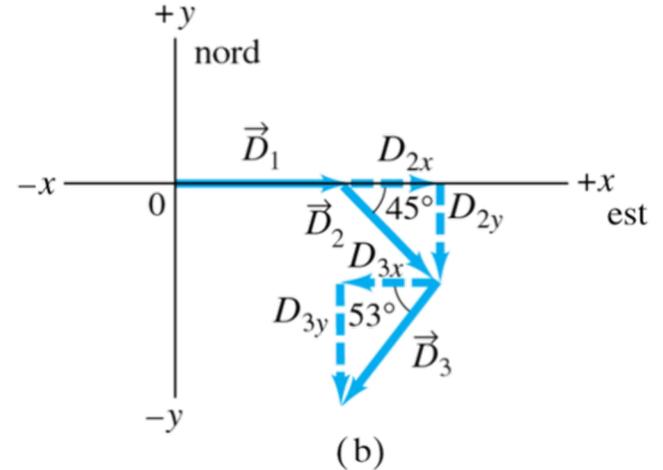
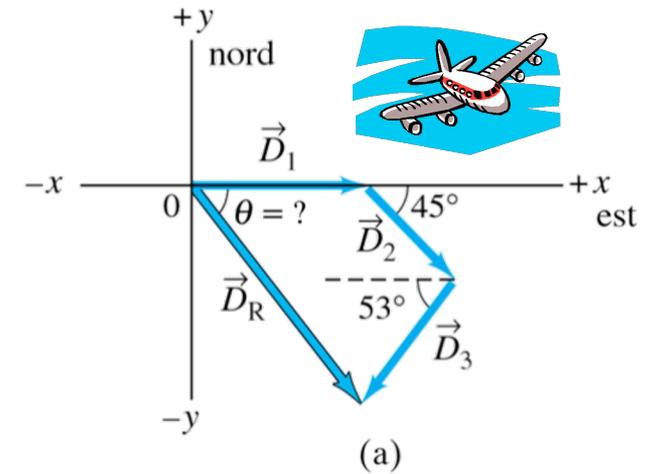


### Esercizio

Un viaggio aereo è formato da tre tratte, con due scali, come mostrato in figura. La prima tratta è diretta verso est per 620 km; la seconda tratta è diretta verso sud rispetto ad est ( $45^\circ$ ) per 440 km; la terza a  $53^\circ$  sud rispetto ad ovest per 550 km. Qual'è lo spostamento totale dell'aereo?

### Avvertenza

Ricordarsi di attribuire il segno negativo ad ogni componente che in figura è rivolta nelle direzioni x o y negative.



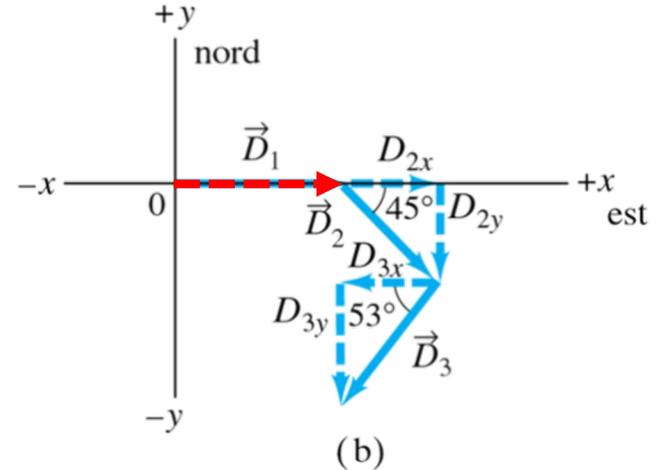
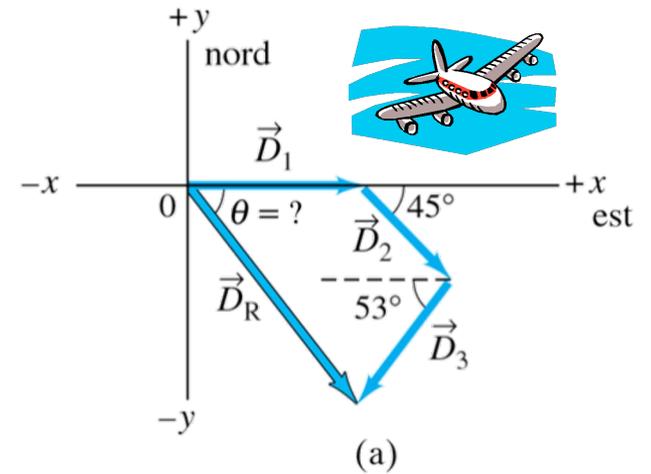
### Esercizio

Un viaggio aereo è formato da tre tratte, con due scali, come mostrato in figura. La prima tratta è diretta verso est per 620 km; la seconda tratta è diretta verso sud rispetto ad est ( $45^\circ$ ) per 440 km; la terza a  $53^\circ$  sud rispetto ad ovest per 550 km. Qual'è lo spostamento totale dell'aereo?

### Avvertenza

Ricordarsi di attribuire il segno negativo ad ogni componente che in figura è rivolta nelle direzioni x o y negative.

$$\vec{D}_1 \begin{cases} D_{1x} = D_1 \cos 0^\circ = D_1 = 620 \text{ km} \\ D_{1y} = D_1 \sin 0^\circ = 0 \text{ km} \end{cases}$$



### Esercizio

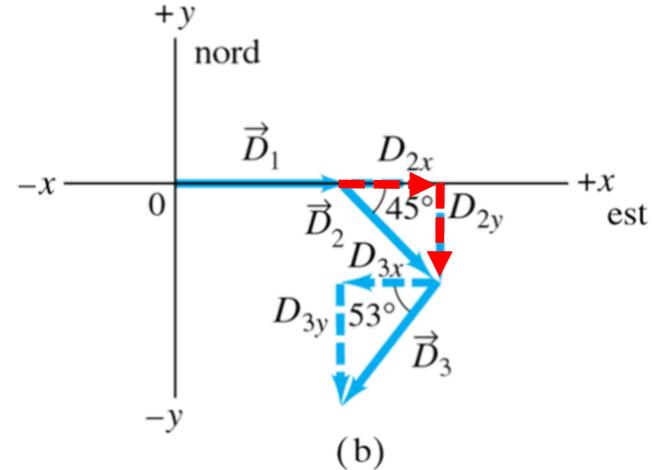
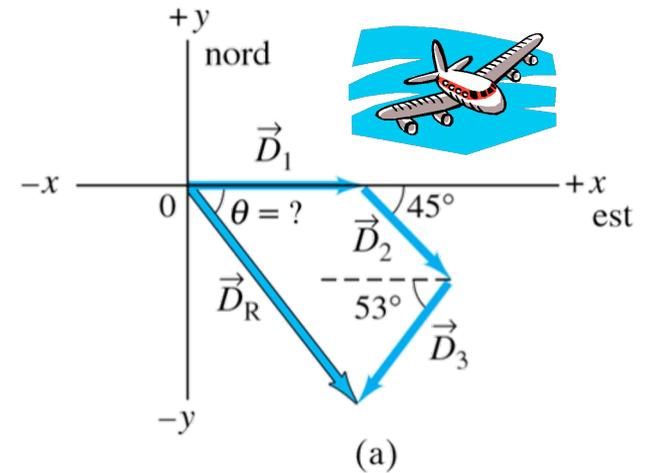
Un viaggio aereo è formato da tre tratte, con due scali, come mostrato in figura. La prima tratta è diretta verso est per 620 km; la seconda tratta è diretta verso sud rispetto ad est ( $45^\circ$ ) per 440 km; la terza a  $53^\circ$  sud rispetto ad ovest per 550 km. Qual'è lo spostamento totale dell'aereo?

### Avvertenza

Ricordarsi di attribuire il segno negativo ad ogni componente che in figura è rivolta nelle direzioni x o y negative.

$$\vec{D}_1 \begin{cases} D_{1x} = D_1 \cos 0^\circ = D_1 = 620 \text{ km} \\ D_{1y} = D_1 \sin 0^\circ = 0 \text{ km} \end{cases}$$

$$\vec{D}_2 \begin{cases} D_{2x} = D_2 \cos 45^\circ = (440 \text{ km})(0.707) = 311 \text{ km} \\ D_{2y} = -D_2 \sin 45^\circ = -(440 \text{ km})(0.707) = -311 \text{ km} \end{cases}$$



### Esercizio

Un viaggio aereo è formato da tre tratte, con due scali, come mostrato in figura. La prima tratta è diretta verso est per 620 km; la seconda tratta è diretta verso sud rispetto ad est ( $45^\circ$ ) per 440 km; la terza a  $53^\circ$  sud rispetto ad ovest per 550 km. Qual'è lo spostamento totale dell'aereo?

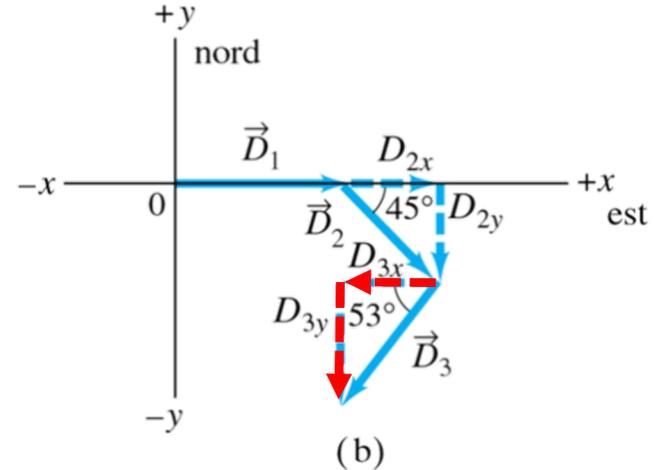
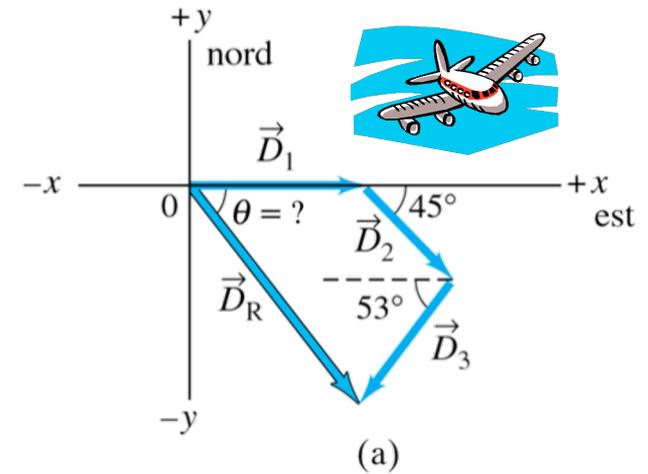
### Avvertenza

Ricordarsi di attribuire il segno negativo ad ogni componente che in figura è rivolta nelle direzioni x o y negative.

$$\vec{D}_1 \begin{cases} D_{1x} = D_1 \cos 0^\circ = D_1 = 620 \text{ km} \\ D_{1y} = D_1 \sin 0^\circ = 0 \text{ km} \end{cases}$$

$$\vec{D}_2 \begin{cases} D_{2x} = D_2 \cos 45^\circ = (440 \text{ km})(0.707) = 311 \text{ km} \\ D_{2y} = -D_2 \sin 45^\circ = -(440 \text{ km})(0.707) = -311 \text{ km} \end{cases}$$

$$\vec{D}_3 \begin{cases} D_{3x} = -D_3 \cos 53^\circ = -(550 \text{ km})(0.602) = -331 \text{ km} \\ D_{3y} = -D_3 \sin 53^\circ = -(550 \text{ km})(0.799) = -439 \text{ km} \end{cases}$$



### Esercizio

Un viaggio aereo è formato da tre tratte, con due scali, come mostrato in figura. La prima tratta è diretta verso est per 620 km; la seconda tratta è diretta verso sud rispetto ad est ( $45^\circ$ ) per 440 km; la terza a  $53^\circ$  sud rispetto ad ovest per 550 km. Qual'è lo spostamento totale dell'aereo?

### Avvertenza

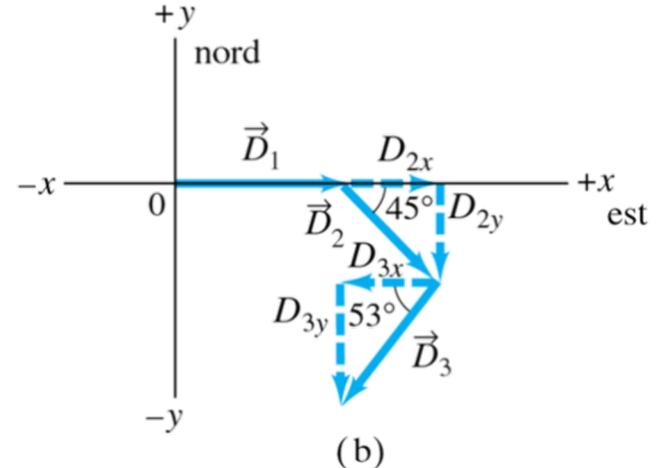
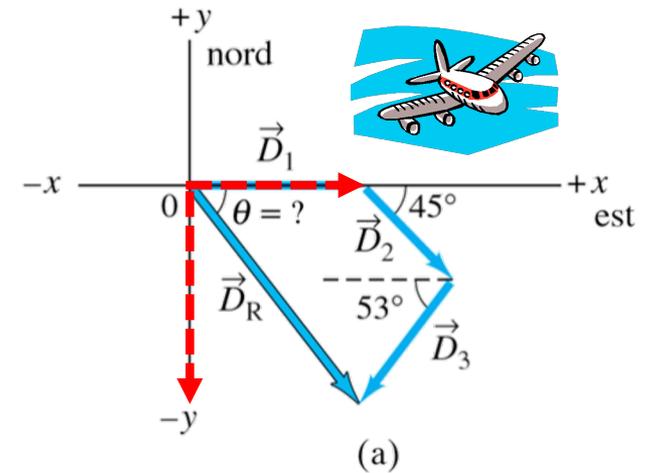
Ricordarsi di attribuire il segno negativo ad ogni componente che in figura è rivolta nelle direzioni x o y negative.

$$\vec{D}_1 \begin{cases} D_{1x} = D_1 \cos 0^\circ = D_1 = 620 \text{ km} \\ D_{1y} = D_1 \sin 0^\circ = 0 \text{ km} \end{cases}$$

$$\vec{D}_2 \begin{cases} D_{2x} = D_2 \cos 45^\circ = (440 \text{ km})(0.707) = 311 \text{ km} \\ D_{2y} = -D_2 \sin 45^\circ = -(440 \text{ km})(0.707) = -311 \text{ km} \end{cases}$$

$$\vec{D}_3 \begin{cases} D_{3x} = -D_3 \cos 53^\circ = -(550 \text{ km})(0.602) = -331 \text{ km} \\ D_{3y} = -D_3 \sin 53^\circ = -(550 \text{ km})(0.799) = -439 \text{ km} \end{cases}$$

**Rappresentazione  
Cartesiana  
del vettore risultante**  $\rightarrow \vec{D}_R \begin{cases} D_{Rx} = D_{1x} + D_{2x} + D_{3x} = 620 \text{ km} + 311 \text{ km} - 331 \text{ km} = 600 \text{ km} \\ D_{Ry} = D_{1y} + D_{2y} + D_{3y} = 0 \text{ km} - 311 \text{ km} - 439 \text{ km} = -750 \text{ km} \end{cases}$

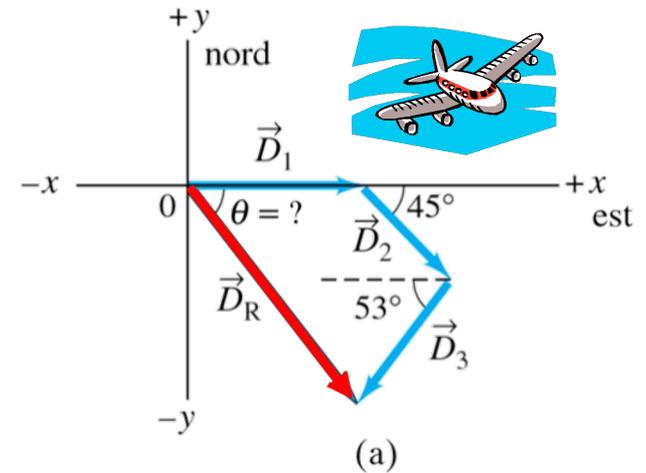


### Esercizio

Un viaggio aereo è formato da tre tratte, con due scali, come mostrato in figura. La prima tratta è diretta verso est per 620 km; la seconda tratta è diretta verso sud rispetto ad est ( $45^\circ$ ) per 440 km; la terza a  $53^\circ$  sud rispetto ad ovest per 550 km. Qual'è lo spostamento totale dell'aereo?

### Avvertenza

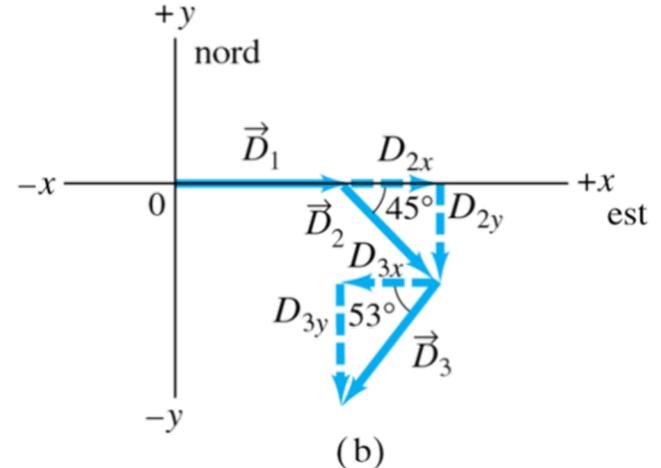
Ricordarsi di attribuire il segno negativo ad ogni componente che in figura è rivolta nelle direzioni x o y negative.



$$\vec{D}_1 \begin{cases} D_{1x} = D_1 \cos 0^\circ = D_1 = 620 \text{ km} \\ D_{1y} = D_1 \sin 0^\circ = 0 \text{ km} \end{cases}$$

$$\vec{D}_2 \begin{cases} D_{2x} = D_2 \cos 45^\circ = (440 \text{ km})(0.707) = 311 \text{ km} \\ D_{2y} = -D_2 \sin 45^\circ = -(440 \text{ km})(0.707) = -311 \text{ km} \end{cases}$$

$$\vec{D}_3 \begin{cases} D_{3x} = -D_3 \cos 53^\circ = -(550 \text{ km})(0.602) = -331 \text{ km} \\ D_{3y} = -D_3 \sin 53^\circ = -(550 \text{ km})(0.799) = -439 \text{ km} \end{cases}$$



**Rappresentazione  
Cartesiana  
del vettore risultante**

$$\rightarrow \vec{D}_R \begin{cases} D_{Rx} = D_{1x} + D_{2x} + D_{3x} = 620 \text{ km} + 311 \text{ km} - 331 \text{ km} = 600 \text{ km} \\ D_{Ry} = D_{1y} + D_{2y} + D_{3y} = 0 \text{ km} - 311 \text{ km} - 439 \text{ km} = -750 \text{ km} \end{cases}$$

**Rappresentazione  
Polare  
del vettore risultante**

$$\rightarrow \vec{D}_R \begin{cases} D_R = \sqrt{D_{Rx}^2 + D_{Ry}^2} = \sqrt{(600)^2 + (-750)^2} \text{ km} = 960 \text{ km} \\ \text{tg } \theta = \frac{D_{Ry}}{D_{Rx}} = \frac{-750 \text{ km}}{600 \text{ km}} = -1.25 \rightarrow \theta = \text{arctg}(-1.25) = -51^\circ \end{cases}$$

## Correggiamo un esercizio di CINEMATICA 1D

**Equazioni del moto di oggetti in caduta libera ( $a = -g = \text{cost}$ )**

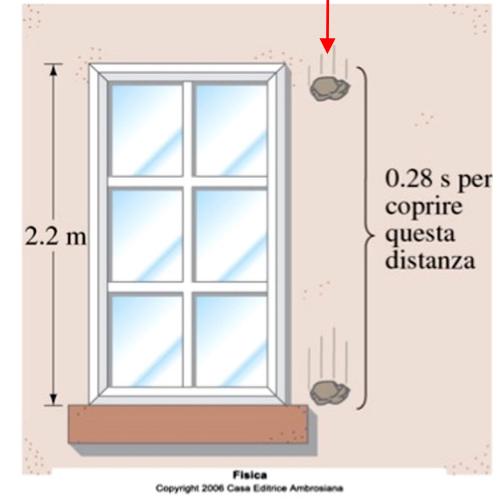
$$I) v = v_0 - gt \quad II) y - y_0 = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \quad III) v^2 = v_0^2 - 2g(y - y_0)$$

# Esercizi Cinematica 1-D

y?

## Esercizio 1

Una **pietra in caduta libera** impiega 0.28 s per oltrepassare una finestra alta 2.2 m (vedi figura). Da quale altezza, rispetto alla sommità della finestra, è caduta la pietra?

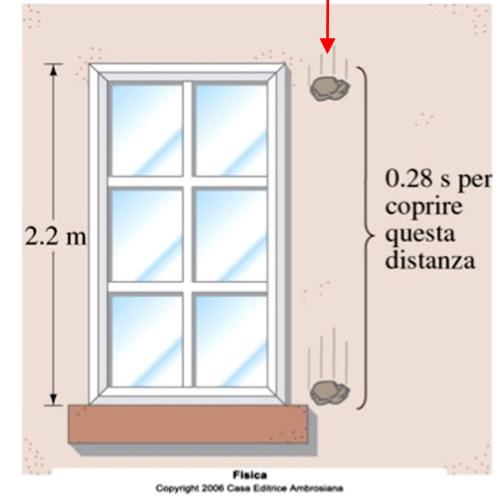


# Esercizi Cinematica 1-D

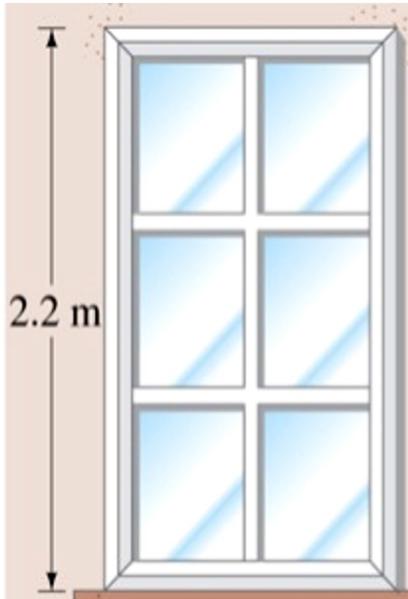
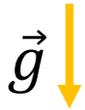
y?

## Esercizio 1

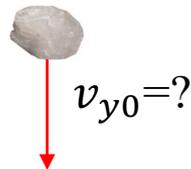
Una **pietra in caduta libera** impiega 0.28 s per oltrepassare una finestra alta 2.2 m (vedi figura). Da quale altezza, rispetto alla sommità della finestra, è caduta la pietra?



$$y_0 = 0$$



### PRIMA PARTE



$$II) \quad y - y_0 = v_{y0}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$y - y_0 = v_{y0}t + \frac{1}{2}gt^2$$

$$\rightarrow v_{y0}t = y - \frac{1}{2}gt^2 \quad \rightarrow v_{y0} = \frac{y - \frac{1}{2}gt^2}{t}$$

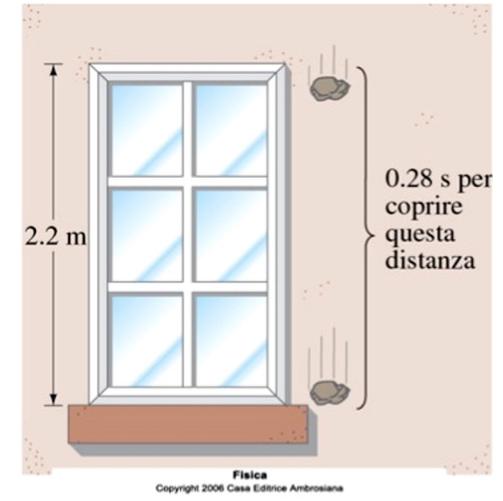
$$\rightarrow v_{y0} = \frac{2.2\text{ m} - \frac{1}{2}(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})(0.28\text{ s})^2}{0.28\text{ s}} = \frac{1.82\text{ m}}{0.28\text{ s}} = 6.48 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

asse y

# Esercizi Cinematica 1-D

## Esercizio 1

Una **pietra in caduta libera** impiega 0.28 s per oltrepassare una finestra alta 2.2 m (vedi figura). Da quale altezza, rispetto alla sommità della finestra, è caduta la pietra?



$$y_0 = 0$$

$$v_{y0} = 0$$

SECONDA PARTE

$$III) v^2 = v_0^2 - 2g(y - y_0)$$

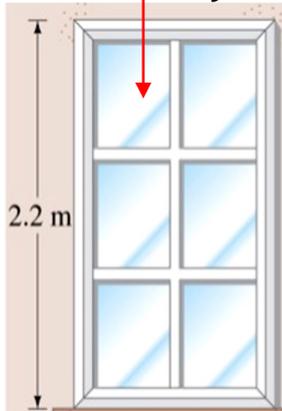


$$y = ?$$

$$v_y = 6.48 \frac{m}{s}$$

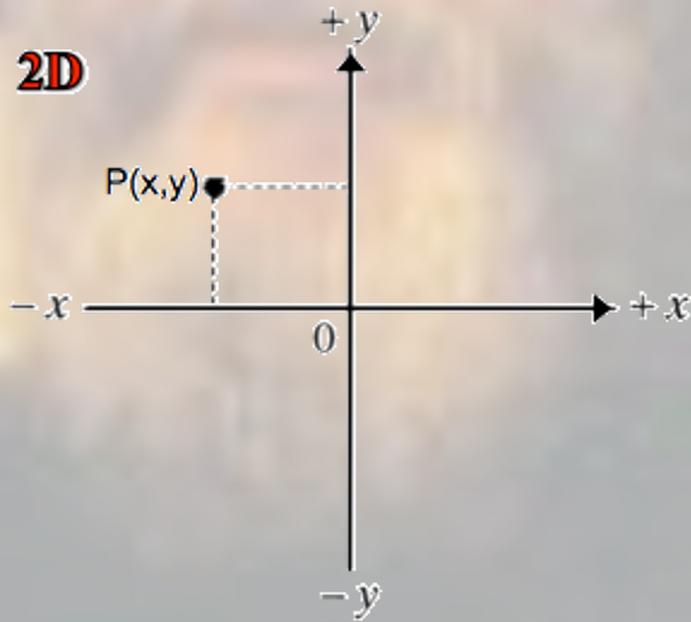
$$v_y^2 = v_{y0}^2 + 2g(y - y_0) \rightarrow v_y^2 = 2gy$$

$$\rightarrow y = \frac{v_y^2}{2g} \rightarrow y = \frac{(6.48 \frac{m}{s})^2}{2 \cdot 9.8 \frac{m}{s^2}} = \frac{41.99 \frac{m^2}{s^2}}{19.6 \frac{m}{s^2}} = 2.14m$$



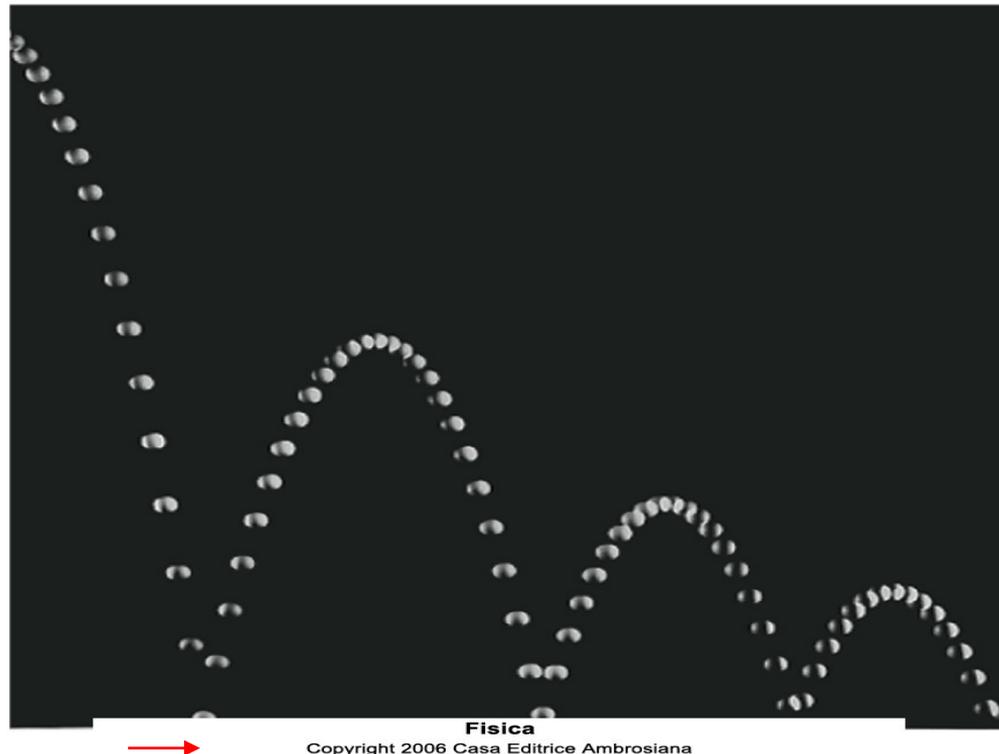
asse y

## LA CINEMATICA in DUE DIMENSIONI



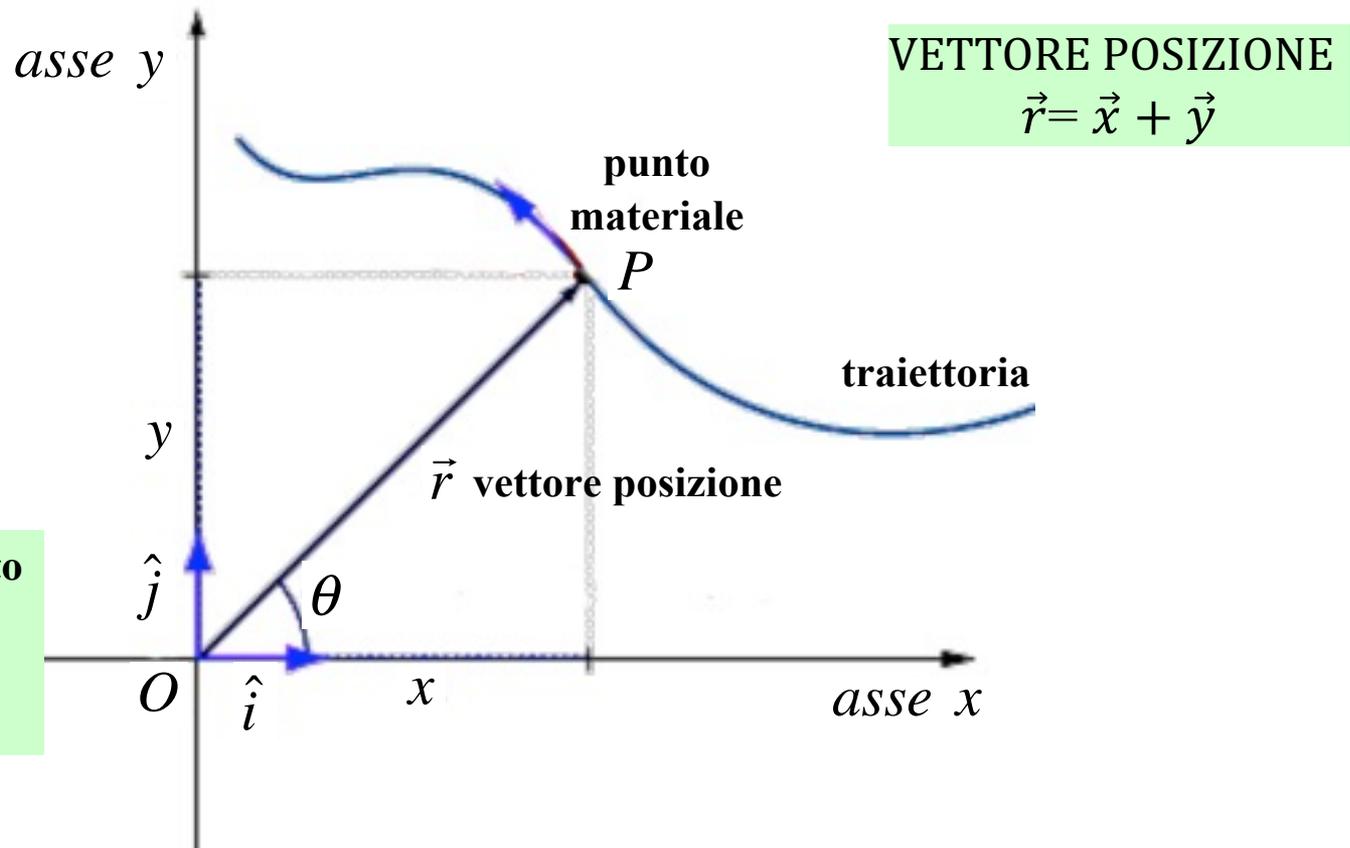
# Moto di un proiettile in due dimensioni

Generalizzando i risultati trovati per il moto unidimensionale uniformemente accelerato, esaminiamo adesso il moto di oggetti (palloni calciati, palline da golf, palle da baseball, pallottole, etc...) che si muovono in *due dimensioni* in prossimità della superficie terrestre: si tratta di esempi che possono essere tutti ricondotti al cosiddetto «**moto di un proiettile**» in **due dimensioni**. Trascureremo la resistenza dell'aria e considereremo il moto degli oggetti solo **dopo** che sono stati lanciati, cioè mentre si muovono sotto il solo effetto dell'**accelerazione di gravità** che, come sappiamo è sempre diretta verso il basso e ha modulo pari a  $g=9.80 \text{ m/s}^2$ .



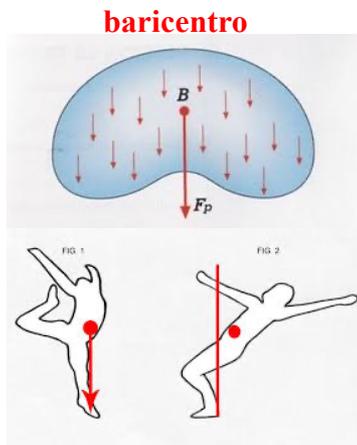
## Il vettore Posizione in due dimensioni

In due dimensioni diventa importante il «**vettore posizione**», la cui coda è situata sempre nell'origine del sistema di riferimento considerato mentre la punta indica, appunto, la posizione del punto materiale in movimento lungo la traiettoria. I moduli delle **componenti** del vettore posizione saranno quindi le **coordinate x e y del punto materiale** nel sistema di riferimento scelto.

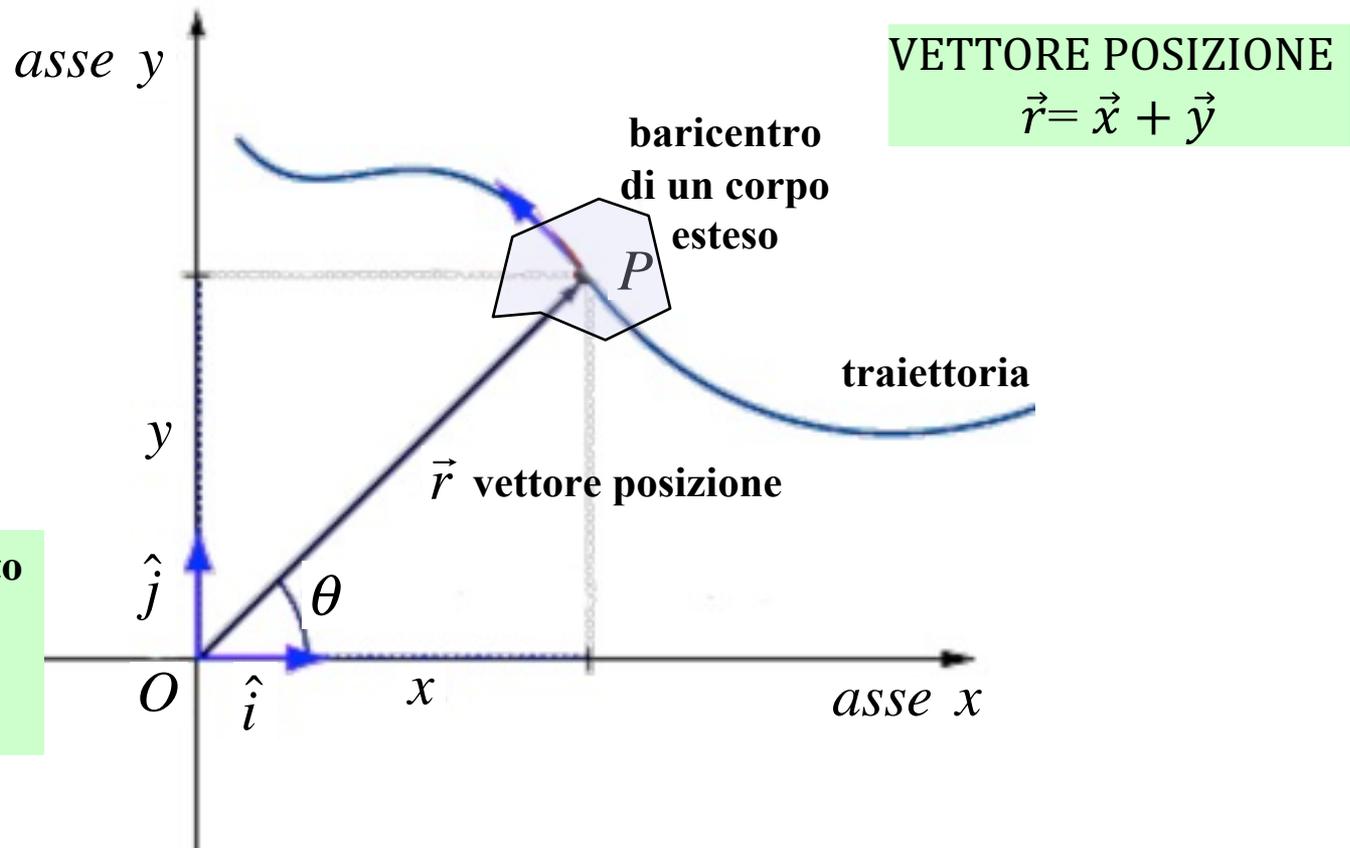


# Il vettore Posizione in due dimensioni

Nel caso in cui, invece che un punto materiale, si debba studiare la traiettoria di un **corpo esteso**, il vettore posizione punterà al **centro di massa**, o **baricentro**, del corpo stesso. Per baricentro si intende quel punto (appartenente o no al corpo) che ha la proprietà di muoversi **come se in esso fosse concentrata tutta la massa del corpo** (il baricentro, ad esempio, è fondamentale nel determinare le condizioni di equilibrio di un corpo). Negli esempi il baricentro verrà fatto tipicamente coincidere, in prima approssimazione, con il **centro geometrico** del corpo che si sta considerando.



**Sistema di Riferimento  
bidimensionale**  
 $\{xOy\}$

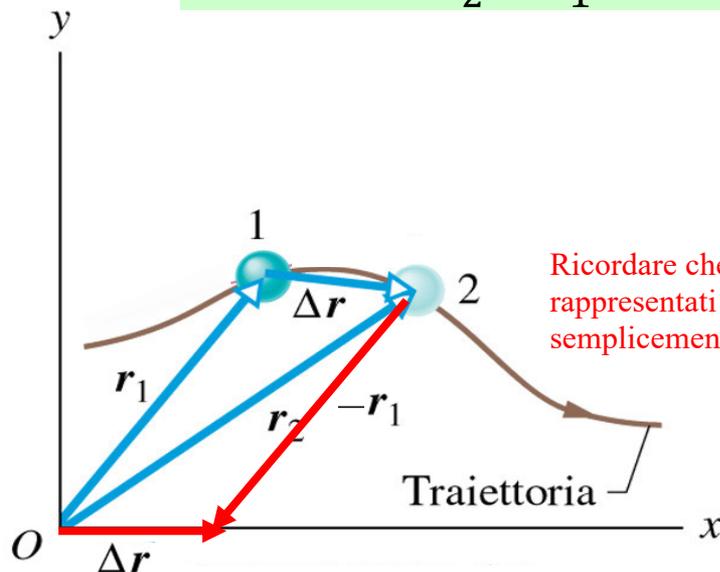


# Spostamento e Velocità in due dimensioni

Sappiamo che la velocità media di un corpo è pari al rapporto tra il suo spostamento e il tempo impiegato a spostarsi. In due dimensioni lo **spostamento** sarà rappresentato come un *vettore ottenuto dalla differenza tra due vettori posizione ad istanti di tempo successivi*...

## ETTORE SPOSTAMENTO

$$\overrightarrow{\Delta r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$



Ricordare che i nomi dei vettori possono essere rappresentati da lettere con sopra la freccia o semplicemente da lettere in grassetto...

# Spostamento e Velocità in due dimensioni

Sappiamo che la velocità media di un corpo è pari al rapporto tra il suo spostamento e il tempo impiegato a spostarsi. In due dimensioni lo **spostamento** sarà rappresentato come un *vettore ottenuto dalla differenza tra due vettori posizione ad istanti di tempo successivi*, e la **velocità vettoriale media** sarà data quindi dal rapporto tra il vettore spostamento così ottenuto e l'intervallo di tempo considerato.

VETTORE SPOSTAMENTO

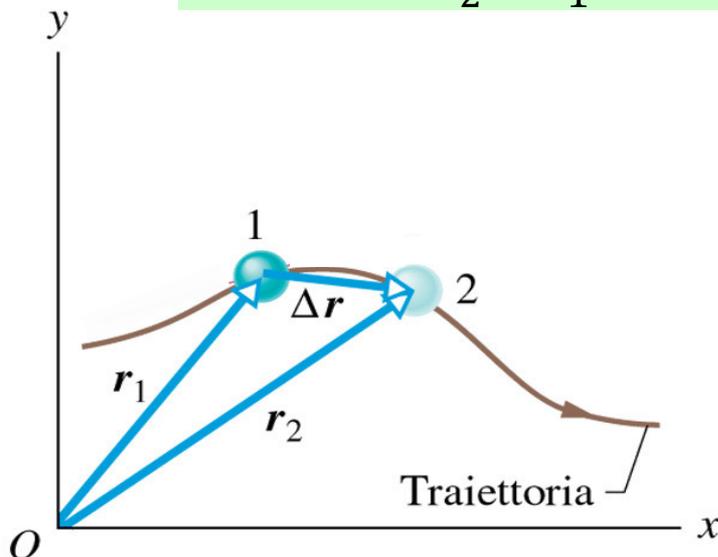
$$\vec{\Delta r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$



Velocità vettoriale media

$$\vec{v}_{media} = \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t}$$

Ha la stessa direzione e lo stesso verso del vettore spostamento

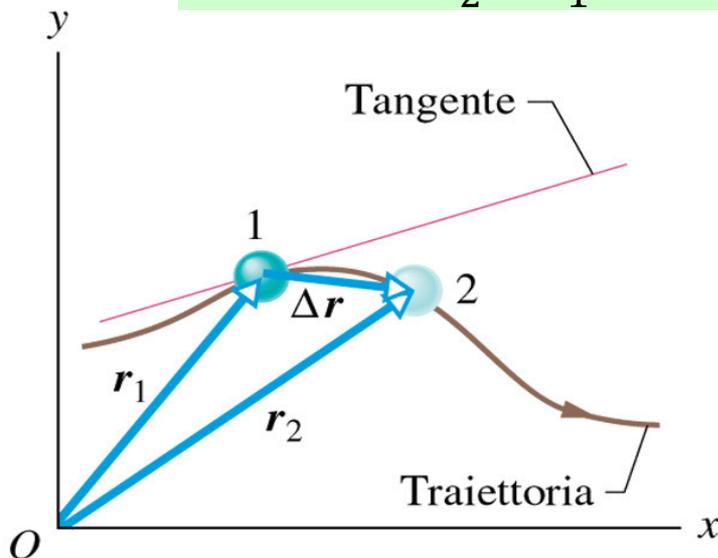


# Spostamento e Velocità in due dimensioni

Sappiamo che la velocità media di un corpo è pari al rapporto tra il suo spostamento e il tempo impiegato a spostarsi. In due dimensioni lo **spostamento** sarà rappresentato come un *vettore ottenuto dalla differenza tra due vettori posizione ad istanti di tempo successivi*, e la **velocità vettoriale media** sarà data quindi dal rapporto tra il vettore spostamento così ottenuto e l'intervallo di tempo considerato. Facendo **tendere a zero** l'intervallo di tempo considerato, la direzione del vettore velocità media si avvicina a quella della **retta tangente alla traiettoria** nella posizione  $\vec{r}_1$ . Si ottiene così la **velocità vettoriale istantanea**  $\vec{v}$  nel punto 1 (cioè la derivata prima del vettore posizione in quel punto), che potrà a sua volta essere scomposta nelle sue **componenti** lungo i due assi,  $\vec{v}_x$  e  $\vec{v}_y$ .

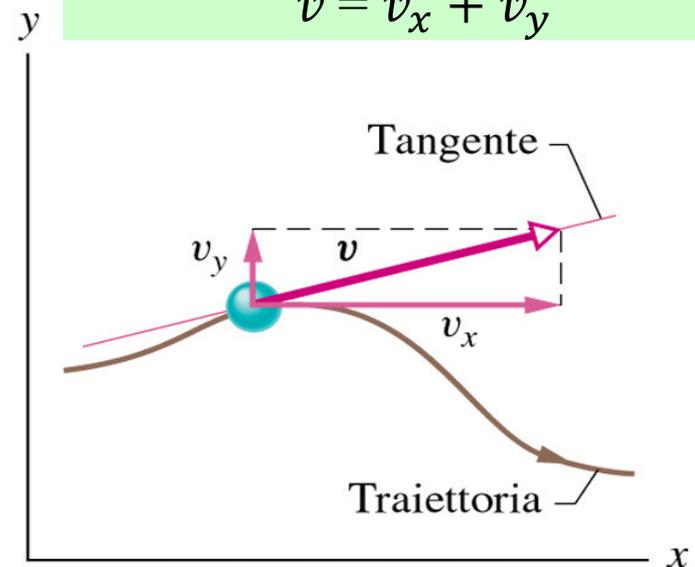
## VETTORE SPOSTAMENTO

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$



## VETTORE VELOCITA' ISTANTANEA

$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y$$

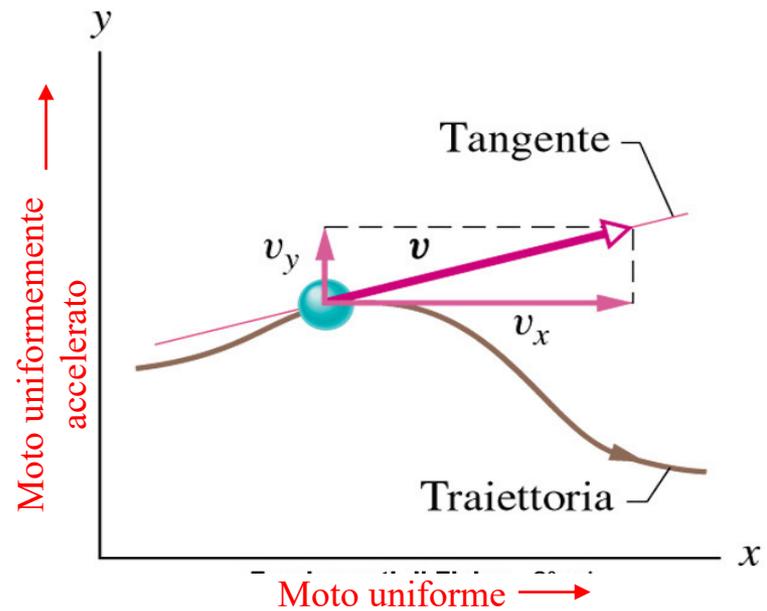
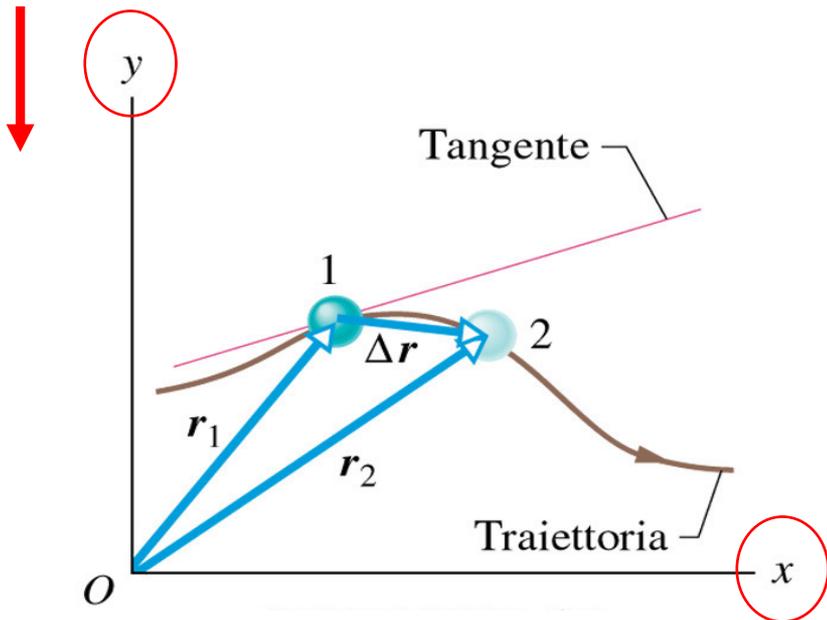


# Moto di un proiettile in due dimensioni



**Galileo** fu il primo a capire che il moto di un proiettile soggetto alla gravità può essere analizzato molto più semplicemente ed efficacemente prendendo in considerazione **separatamente** le componenti orizzontale e verticale del moto. Così facendo, poiché *l'accelerazione di gravità è diretta solo e costantemente verso il basso* (asse  $y$  negativo), il moto lungo l'asse  $y$  sarà **uniformemente accelerato**; il moto lungo l'asse  $x$  invece, non essendo soggetto ad accelerazione, sarà **uniforme** (cioè a velocità costante). La **velocità vettoriale complessiva** sarà data quindi, ad ogni istante, dalla somma delle sue componenti lungo i due assi coordinati:  $\vec{v}(t) = \vec{v}_x(t) + \vec{v}_y(t)$

accelerazione di gravità  $\vec{g}$



# Moto di un proiettile in due dimensioni



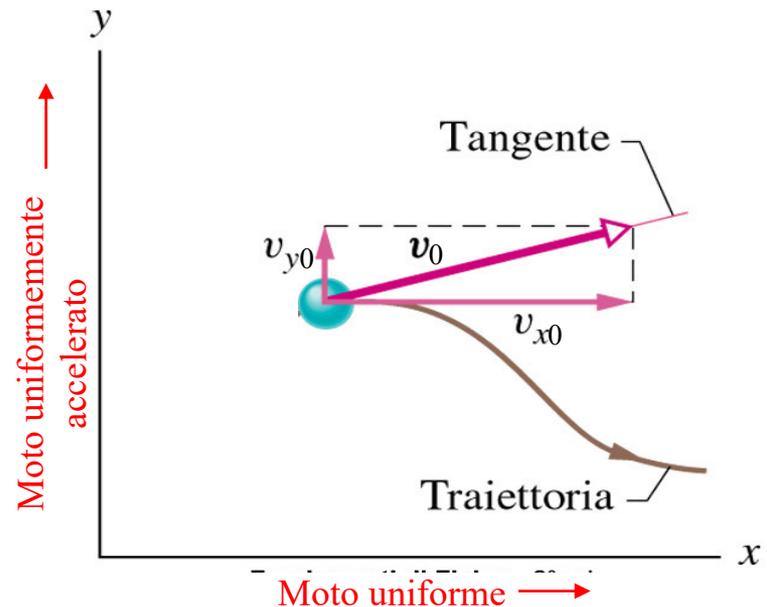
**Galileo** fu il primo a capire che il moto di un proiettile soggetto alla gravità può essere analizzato molto più semplicemente ed efficacemente prendendo in considerazione **separatamente** le componenti orizzontale e verticale del moto. Così facendo, poiché *l'accelerazione di gravità è diretta solo e costantemente verso il basso* (asse  $y$  negativo), il moto lungo l'asse  $y$  sarà **uniformemente accelerato**; il moto lungo l'asse  $x$  invece, non essendo soggetto ad accelerazione, sarà **uniforme** (cioè a velocità costante). **La velocità vettoriale complessiva sarà data quindi, ad ogni istante, dalla somma delle sue componenti lungo i due assi coordinati:**  $\vec{v}(t) = \vec{v}_x(t) + \vec{v}_y(t)$

accelerazione  
di gravità  $\vec{g}$



**Velocità vettoriale iniziale:**

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_{x0} + \vec{v}_{y0}$$



# Moto di un proiettile in due dimensioni



**Galileo** fu il primo a capire che il moto di un proiettile soggetto alla gravità può essere analizzato molto più semplicemente ed efficacemente prendendo in considerazione **separatamente** le componenti orizzontale e verticale del moto. Così facendo, poiché *l'accelerazione di gravità è diretta solo e costantemente verso il basso* (asse y negativo), il moto lungo l'asse y sarà **uniformemente accelerato**; il moto lungo l'asse x invece, non essendo soggetto ad accelerazione, sarà **uniforme** (cioè a velocità costante). **La velocità vettoriale complessiva sarà data quindi, ad ogni istante, dalla somma delle sue componenti lungo i due assi coordinati:**  $\vec{v}(t) = \vec{v}_x(t) + \vec{v}_y(t)$

accelerazione  
di gravità  $\vec{g}$



## Equazioni del moto di un proiettile in 2 dim. ( $a_x = 0$ , $a_y = -g = \text{cost}$ )

**moto orizzontale (uniforme  $a_x = 0$ ,  $v_x = \text{cost.}$ )**

$$\text{(I-x)} \quad v_x = v_{x0}$$

$$\text{(II-x)} \quad x = x_0 + v_{x0}t$$

**moto verticale (unif.accel.  $a_y = -g$ )**

$$\text{(I-y)} \quad v_y = v_{y0} - gt$$

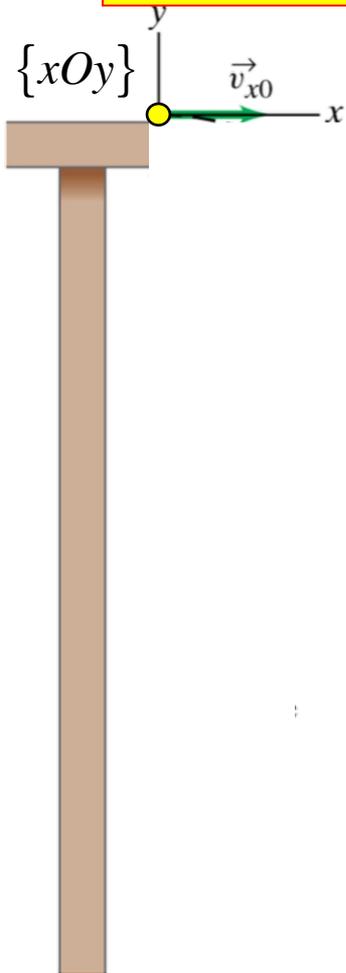
$$\text{(II-y)} \quad y = y_0 + v_{y0}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$\text{(III-y)} \quad v_y^2 = v_{y0}^2 - 2g(y - y_0)$$

**Velocità vettoriale iniziale:**

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_{x0} + \vec{v}_{y0}$$

# Moto di un proiettile in due dimensioni: Esempio 1



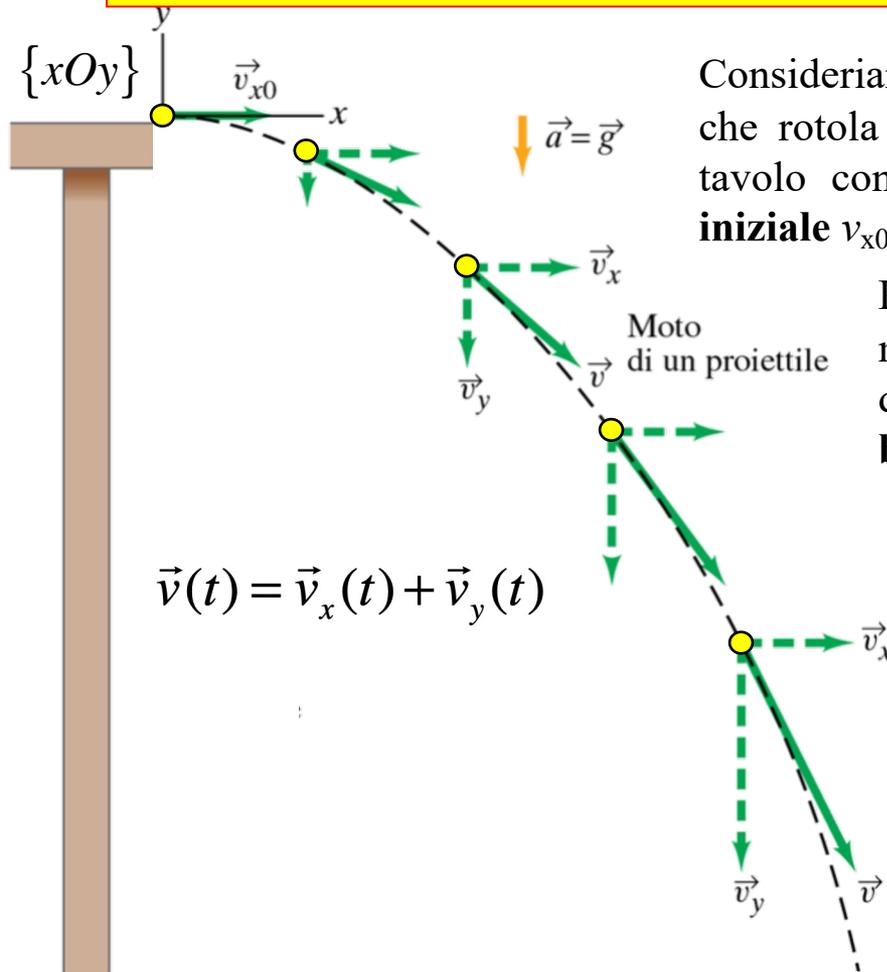
$$\downarrow \vec{a} = \vec{g}$$

Consideriamo una pallina (un proiettile) che rotola e cade oltre il bordo di un tavolo con componenti della **velocità iniziale**  $v_{x0} = \text{cost.}$  e  $v_{y0} = 0$ .  $\rightarrow \vec{v}_0 = \vec{v}_{x0}$

Moto  
di un proiettile

Per comodità assumeremo che il moto inizi al tempo  $t=0$  nell'origine del nostro sistema di riferimento **bidimensionale**  $\{xOy\}$  ( $x_0=0$ ,  $y_0=0$ ).

# Moto di un proiettile in due dimensioni: Esempio 1



Consideriamo una pallina (un proiettile) che rotola e cade oltre il bordo di un tavolo con componenti della **velocità iniziale**  $v_{x0} = \text{cost.}$  e  $v_{y0} = 0$ .  $\rightarrow \vec{v}_0 = \vec{v}_{x0}$

Per comodità assumeremo che il moto inizi al tempo  $t=0$  nell'origine del nostro sistema di riferimento **bidimensionale**  $\{xOy\}$  ( $x_0=0, y_0=0$ ).

In ogni punto della traiettoria il vettore della **velocità istantanea** è ad essa tangente ed è diretto nel verso del moto della pallina in quell'istante.

In accordo con **Galileo**, le equazioni cinematiche del moto per i corpi in caduta libera si applicano **separatamente** alle componenti  $x$  (moto uniforme) e  $y$  (moto uniformemente accelerato) del vettore velocità istantanea:

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_x(t) + \vec{v}_y(t)$$

Equazioni del moto per le due componenti indipendenti

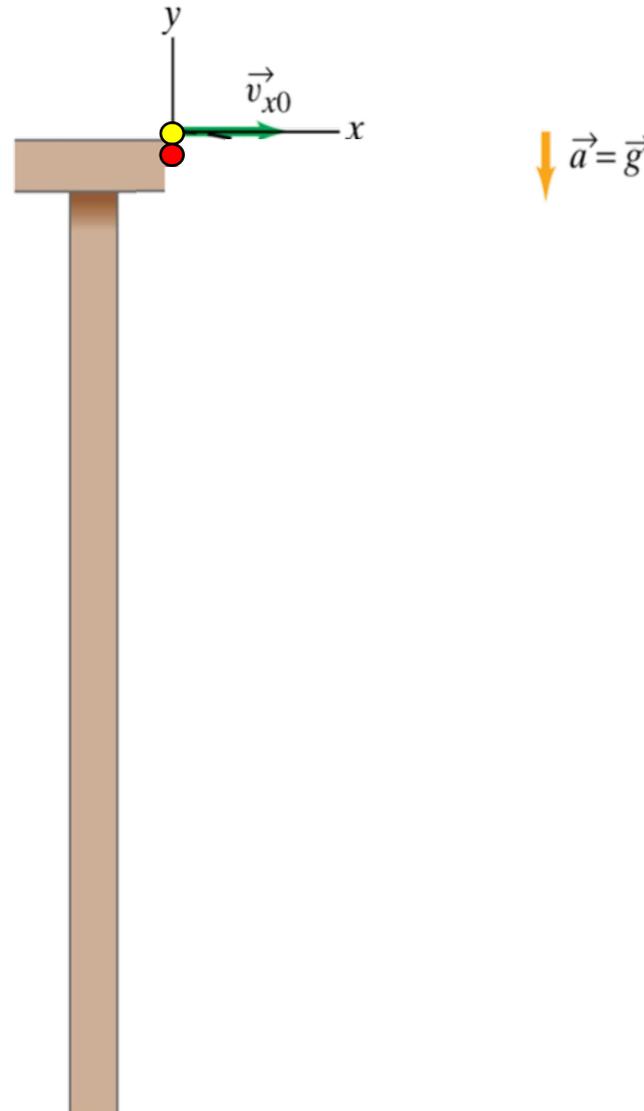
$$\begin{cases} v_x(t) = v_{x0} = \text{cost} & ; & x(t) = v_{x0}t \\ v_y(t) = -gt & ; & y(t) = -\frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

**Combinando i moti lungo i due assi si ottiene una traiettoria parabolica (in questo caso un arco di parabola)**

# Moto di un proiettile in due dimensioni: Esempio 1

## Quesito

Se contemporaneamente alla pallina gialla dell'esempio precedente **un'altra pallina rossa** viene lasciata cadere dal bordo del tavolo da ferma ( $v_{x0}=0$  e  $v_{y0}=0$ ), **quale delle due palline raggiungerà prima il suolo?**



# Moto di un proiettile in due dimensioni: Esempio 1

## Quesito

Se contemporaneamente alla pallina gialla dell'esempio precedente **un'altra pallina rossa** viene lasciata cadere dal bordo del tavolo da ferma ( $v_{x0}=0$  e  $v_{y0}=0$ ), **quale delle due palline raggiungerà prima il suolo?**

## Risposta

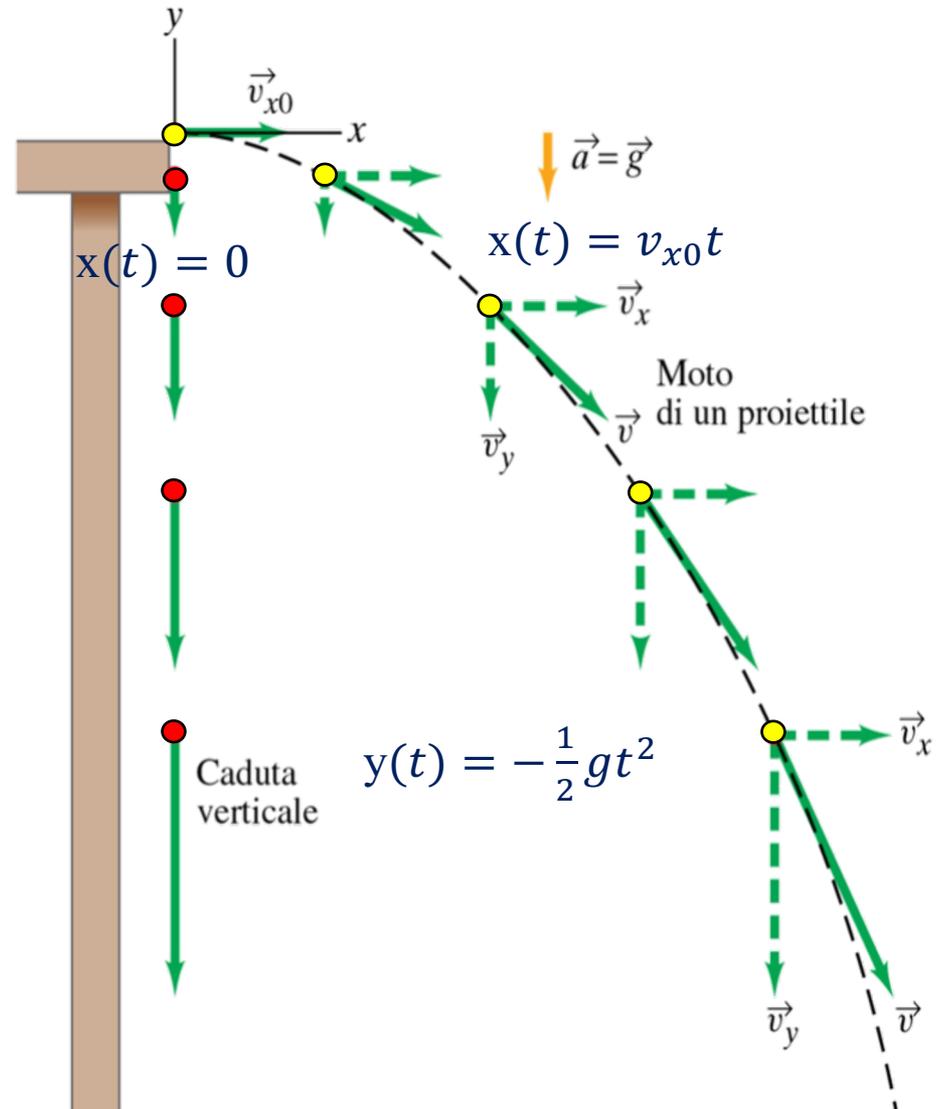
Le due palline raggiungono il suolo **contemporaneamente**, perchè il loro moto (unif.accelerato) lungo la direzione verticale è il **medesimo** (essendo la componente verticale della velocità  $v_{y0}=0$  in entrambi i casi). Il moto **differisce** invece lungo la componente orizzontale (moto uniforme), in quanto la velocità  $v_{x0}$  iniziale è differente nei due casi – diversa da zero per la pallina gialla, uguale a zero per la rossa .

pallina gialla

pallina rossa

$$\bullet \begin{cases} v_x(t) = v_{x0} \\ v_y(t) = -gt \end{cases}$$

$$\bullet \begin{cases} v_x(t) = 0 \\ v_y(t) = -gt \end{cases}$$



# Moto di un proiettile in due dimensioni: Esempio 1

## Quesito

Se contemporaneamente alla pallina gialla dell'esempio precedente **un'altra pallina rossa** viene lasciata cadere dal bordo del tavolo da ferma ( $v_{x0}=0$  e  $v_{y0}=0$ ), **quale delle due palline raggiungerà prima il suolo?**

## Risposta

Le due palline raggiungono il suolo **contemporaneamente**, perchè il loro moto (unif.accelerato) lungo la direzione verticale è il **medesimo** (essendo la componente verticale della velocità  $v_{y0}=0$  in entrambi i casi). Il moto **differisce** invece lungo la componente orizzontale (moto uniforme), in quanto la velocità  $v_{x0}$  iniziale è differente nei due casi – diversa da zero per la pallina gialla, uguale a zero per la rossa .

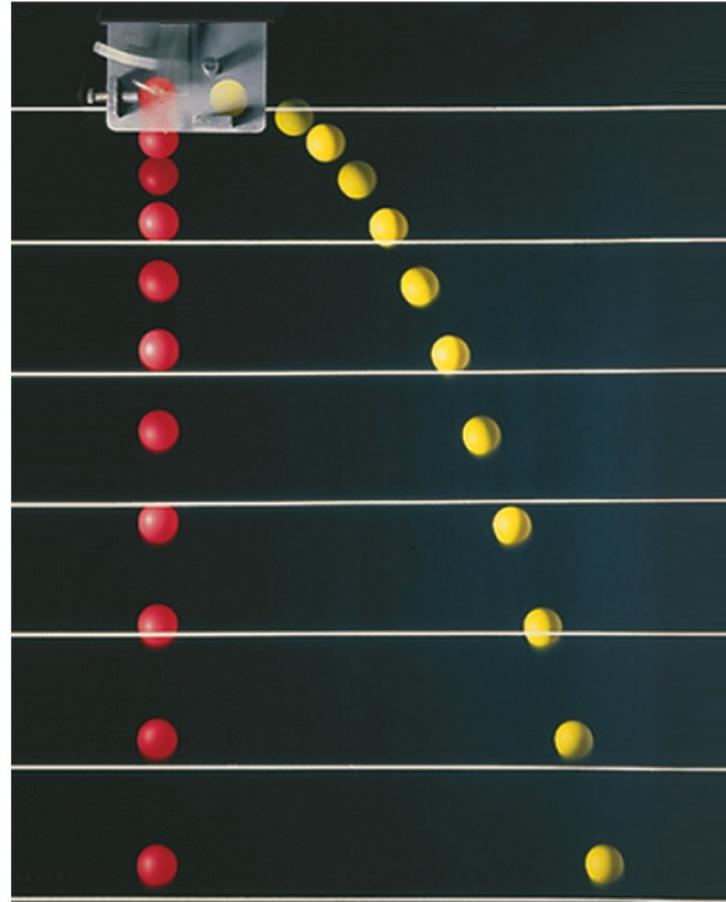
pallina gialla

$$\bullet \begin{cases} v_x(t) = v_{x0} \\ v_y(t) = -gt \end{cases}$$

pallina rossa

$$\bullet \begin{cases} v_x(t) = 0 \\ v_y(t) = -gt \end{cases}$$

Conferma sperimentale!



# **Il moto dei proiettili**