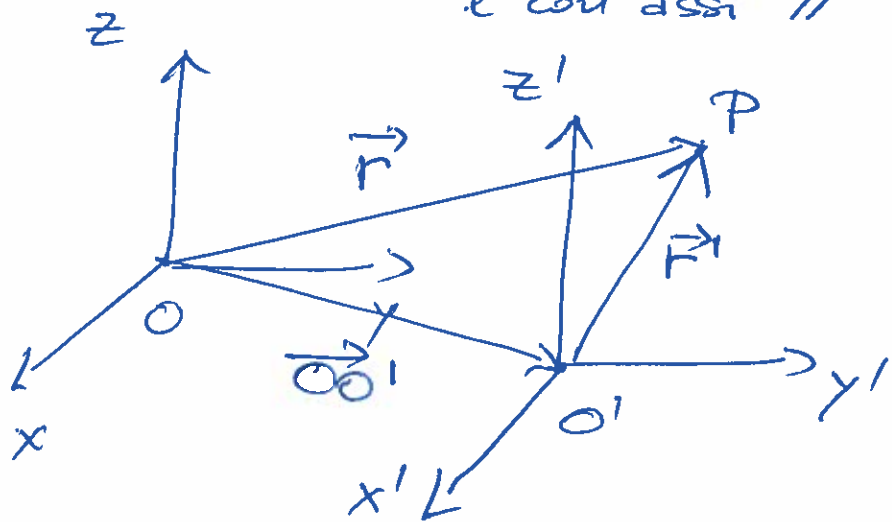


TRASFORMAZIONI DI GALILEO

IL PRINCIPIO DI RELATIVITÀ DI GALILEO

- Si è sottolineato che il moto ha significato relativo - La scelta del sistema di riferimento (SR) e dell'origine dei tempi è arbitraria -
- Nella soluzione o nell'analisi di problemi del moto si può sfruttare l'arbitrarietà per semplificare la situazione - La scelta del SR opportuno è necessaria. ^{in fase di soluzione} In molti problemi il SR non è indicato in modo esplicito -
- ~~La scelta~~ Talvolta è necessario cambiare SR -

Caso semplice : Riferimenti in posizioni relative fisse
e con assi // -



Somma vettoriale :

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{OO'}$$

legge le coordinate di P in O e in O'

$$\begin{cases} x = x' + x_{O'} \\ y = y' + y_{O'} \\ z = z' + z_{O'} \end{cases}$$

Nella descrizione del moto: traiettoria

→ spostamento $\Delta \vec{r} = \Delta \vec{r}'$

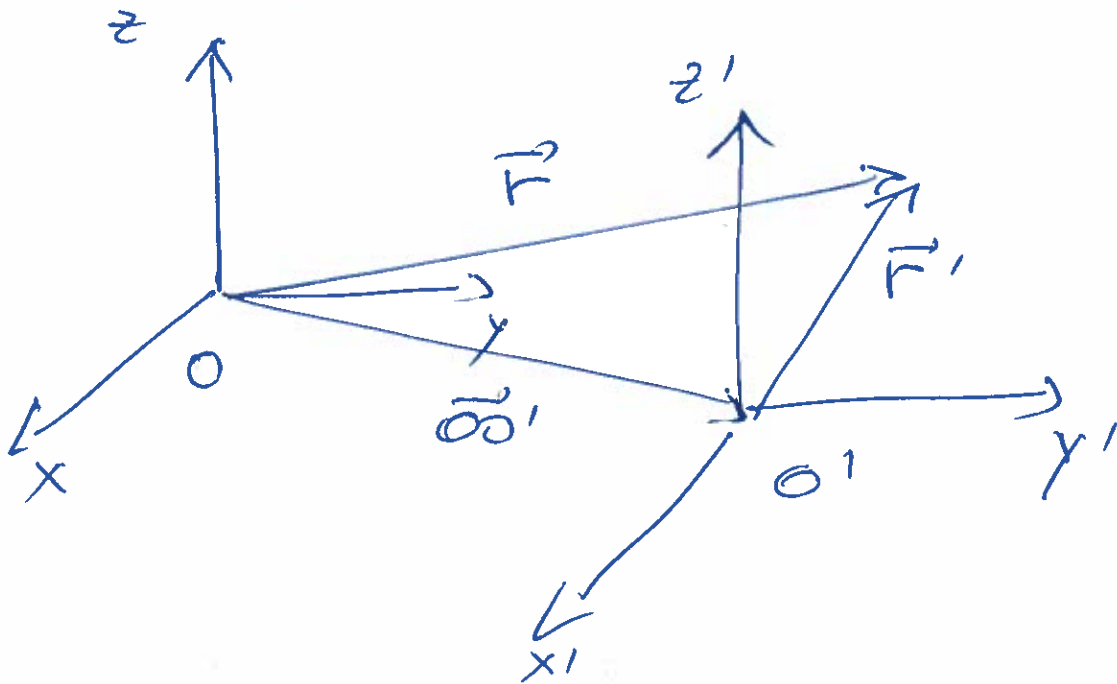
infatti
$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 = (\vec{r}_2' + \vec{OO}') - (\vec{r}_1' + \vec{OO}') \\ = \vec{r}_2' - \vec{r}_1' = \Delta \vec{r}'$$

⇒ lo spostamento e la traiettoria sono identici
per due riferimenti $\S$ in posizione relativa
fissa - (Si ammette che O e O' possano
condividere la definizione di misura di
lunghezza e tempo: metri allo stesso modo)
→ SPAZIO ASSOLUTO

La situazione è più complicata se i SR sono in
moto relativo. $\mathbb{R}$

Esempio 1 - Neve in caduta con velocità
costante v_y (riferimento implicito
osservatore fermo al suolo) - Auto in moto orizzontale
con velocità v_x (rif. implicito osservatore al
suolo) - Domande: velocità e direzione
della neve rispetto all'osservatore dell'auto

Analisi generale del problema: $\vec{v}_{00'} \neq 0$



$$\vec{v}_{00'} = \frac{d\vec{OO'}}{dt}$$

$\vec{v}_{00'}$ è la velocità di O' nel riferimento di O — ~~Per reciprocità del moto~~ dalla definizione di velocità

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d}{dt}(\vec{r'} + \vec{OO'})$$

$$\vec{v} = \underbrace{\frac{d\vec{r'}}{dt}} + \vec{v}_{00'}$$

Possiamo identificare $\frac{d\vec{r'}}{dt} = \frac{d\vec{r'}}{dt'} = \vec{v'}$ sotto

l'ipotesi che $dt = dt'$ cioè che la misura degli intervalli di tempo sia condivisa dagli osservatori e sia indep. dallo stato di moto

→ TEMPO ASSOLUTO

Sotto l'ipotesi di SPAZIO e TEMPO assoluti :

$$\boxed{\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_{O O'}}$$

LEGGI DI COMPOSIZIONE
DELLE V. SECONDO GALILEO

Per un pto fisso in O' (e.g. origine), $\vec{v}' = 0$
e $\vec{v} = \vec{v}_{O O'}$. In modo analogo, per ogni
punto fisso in O , $\vec{v} = 0$ e $\vec{v}' = -\vec{v}_{O O'}$

→ Il cambio di segno esprime la RECIPROCA
DEL MOTO visto da O e O' — ~~La~~

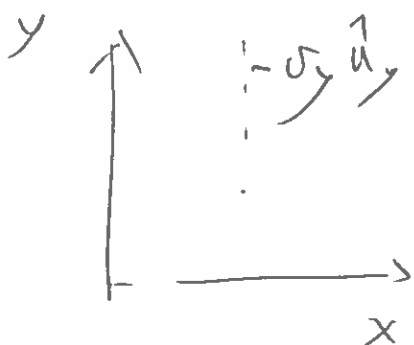
In generale : $\boxed{\vec{v}' = \vec{v} - \vec{v}_{O O'}}$

— Soluzioni dell'esempio proposto —

Sia O = osservatore a terra

O' = osservatore sull'auto

Allora $\vec{v} = -v_y \hat{y}$ velocità della nave in O



$$\vec{v}_{O O'} = v_x \hat{x}$$

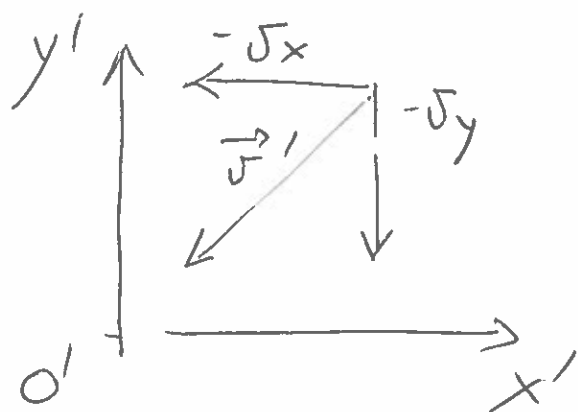


← velocità dell'auto in O

Dalla composizione delle velocità :

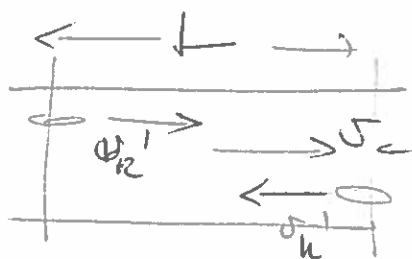
$$\begin{aligned}\vec{v}' &= \vec{v} - \vec{v}_{00} \\ &= -v_y \hat{u}_y - v_x \hat{u}_x\end{aligned}$$

Traiettoria in O' : moto rettilineo uniforme lungo $\vec{v}'$



— La nave cade "inclinata" all'indietro, vista dall'auto che procede in avanti (rispetto a O)

Esercizio 2



Kayak nel fiume, impiega rispetto all'orizzontale a riva ("fiume") Δt_1 per percorrere L nel verso della corrente e Δt_2 per tornare indietro (contro corrente) —

Trovare v_c = velocità della corrente (implicito : rispetto a riva)

v_k' = velocità del kayak rispetto alla corrente

Nota: L'esercizio assume che la propulsione del kayak esprima una velocità costante relativa alla ~~concente~~ ~~(stessa situazione all'acqua~~
(situazione comune anche a navi, zerei, ...)

O - orlatore a riva } $\vec{v}_{O0'} = \vec{v}_c \hat{u}_x$
 O' - acqua

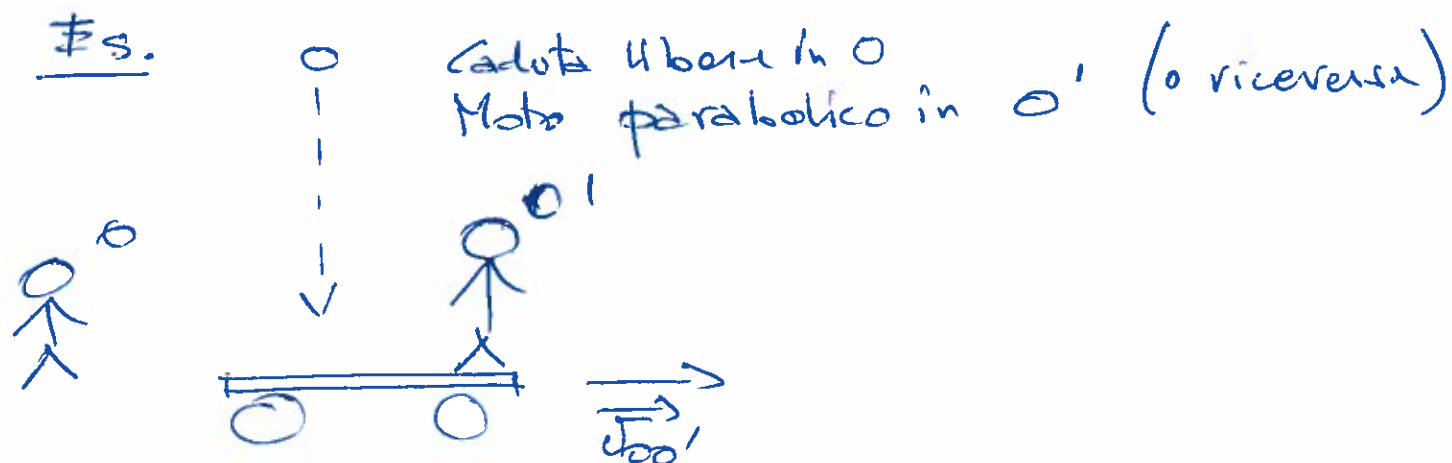
$\vec{v}_k'$ ~~costante~~ costante in modulo, ma con verso opposto nel viaggio di andata e ritorno - Direzione +

$$\vec{v}_k = \vec{v}_k' + \vec{v}_{O0'}$$

$$\begin{array}{l} \text{Andata} \\ \text{Ritorno} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \frac{L}{\Delta t_1} = v_c + v_k' \\ \frac{L}{\Delta t_2} = v_c - v_k' \end{array} \right.$$

Due equazioni e due incognite - Possiamo risolvere per v_c e v_k' e trovare la soluzione al problema -

* Situazioni generali più complicate - Non ci sono solo moti rettilinei, che si compongono in moti rettilinei, o cerchi con $\vec{v}$ differenti -
 Possono cambiare le forme delle traiettorie



Vi sono caratteristiche comuni (invarianti) per osservatori in moto rettilineo uniforme (relativo)

- entrambi gli osservatori vedono una caduta rettilinea con accelerazione costante -
- Di più, se $\vec{v}_{O'O}$ è cost l'accelerazione è identica.

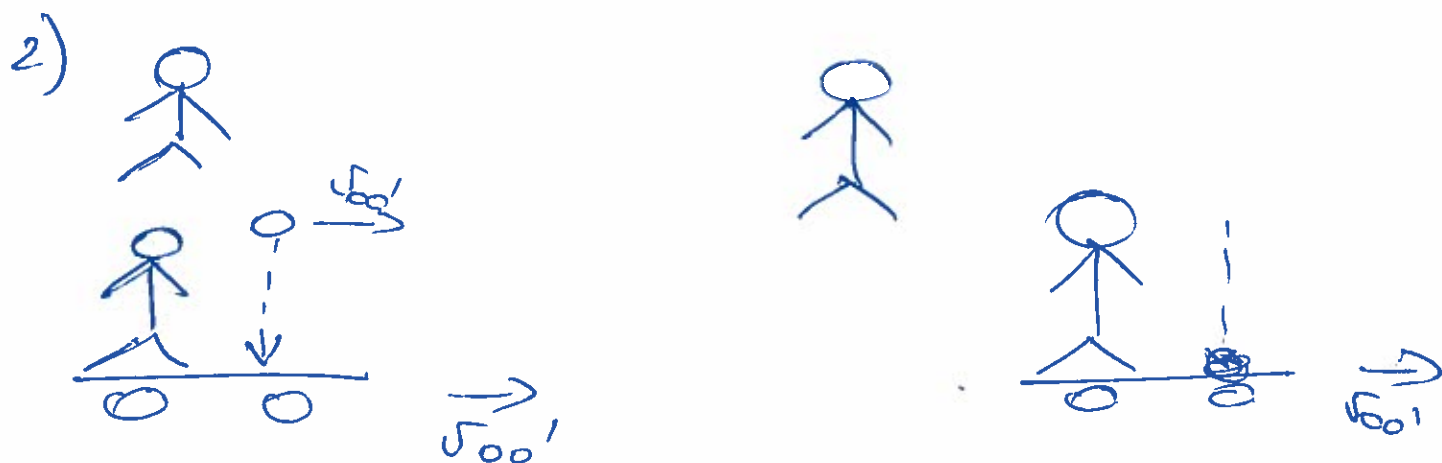
$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt} (\vec{v}' + \vec{v}_{O'O}) = \vec{a}' + \frac{d\vec{v}_{O'O}}{dt}$$

nulla per $\vec{v}_{O'O}$ cost

1) Esperimento di caduta libera solidale con O



caduta libera in O , moto parabolico in O'



caduta libera in O' , moto parabolico in O

Le descrizioni di O e O' del medesimo esperimento, condotto all'interno di un sistema solidale con l'osservatore, coincide

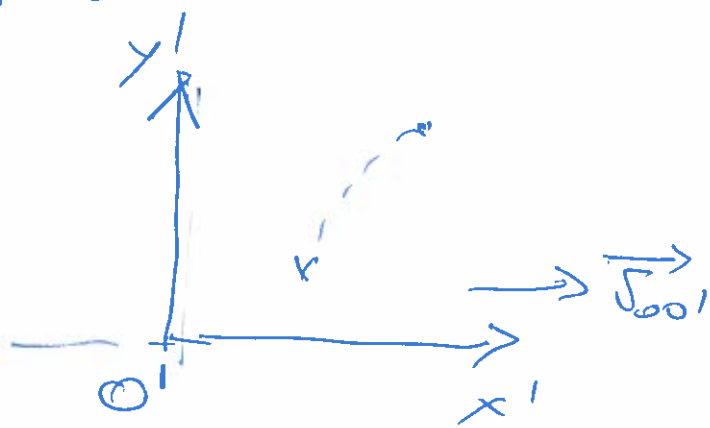
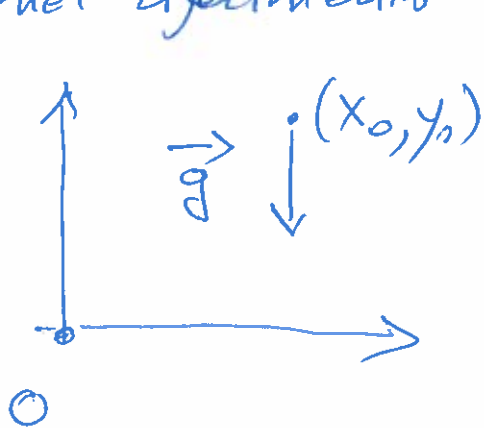
$\Rightarrow$ Gli osservatori in moto ^{relativo} rettilineo uniforme sono equivalenti

$\rightarrow$ E non sono in grado di stabilire se sono fermi o in moto in base a qsi. esperimenti

In modo esplicito -

- Punto materiale (corpo) in caduta verticale
(cioè moto unif. accelerato verso il basso
con acc. g) nel referimento di O

- Osservatore O' in moto lungo x
con $\vec{v}_{O'O} = v_{O'O} \hat{x}$ (velocità di O'
nel referimento di O)



Comp. Velocità' $\vec{v} = \vec{v}_{O'O} + \vec{v}' \Rightarrow \vec{v}' = \vec{v} - \vec{v}_{O'O}$

$$\vec{v} = \begin{cases} v_x = 0 \\ v_y = -gt \end{cases}$$

caduta verticale

$$\vec{v}' = \begin{cases} v_x' = -v_{O'O} \\ v_y' = -gt \end{cases}$$

moto parabolico

In modo reciproco : caduta verticale in O'
 $\Rightarrow$ moto parabolico in O -

PRINCIPIO DI RELATIVITÀ (di GALILEO)

~~Le leggi fisiche da descrivono~~

Fenomeni fisici osservati da SR in moto relativo rettilineo uniforme sono regolati dalle stesse leggi

Se $a, b, c, \dots$ sono grandezze fisiche misurate in O -

$$\varphi(a, b, c, \dots) = 0 \quad \text{Legge fisica per } O$$

In O' non sono misurate le stesse grandezze (~~ad esempio abbiamo visto che $\vec{v} \neq \vec{v}'$~~), ma non necessariamente con gli stessi valori (al esempio abbiamo visto $\vec{v} \neq \vec{v}'$) - ~~che~~ saranno collegate da

$$\varphi'(a', b', c', \dots) = 0$$

Per il principio di relatività:

$$\varphi = \varphi'$$

* Le leggi della fisica sono invarianti in forma per tutti i SR in moto rettilineo uniforme l'uno rispetto all'altro *

*ESERCIZI SUL MOTO RELATIVO TRATTI DA
M. VILLA, A. UGUZZONI - ESERCIZI DI FISICA
Casa Editrice Ambrosiana*

Esercizio 4-19

La neve sta cadendo verticalmente a una velocità costante di 1,4 m/s. A quale angolo rispetto alla verticale sembrano cadere i fiocchi di neve per un automobilista che viaggia a 20 km/h?

Esercizio 4-20

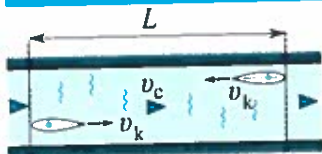


Figura 4-8

Un kayak percorre un tratto orizzontale e rettilineo di un fiume lungo $L = 3$ km una volta controcorrente, impiegando $T_1 = 55$ min, e una volta in favore di corrente impiegando $T_2 = 40$ min. Calcolare la velocità della corrente v_c rispetto alla riva e la velocità del kayak v_k rispetto alla corrente. Si supponga che tali velocità siano costanti e di modulo indipendente dal tipo di percorso.

Esercizio 4-21

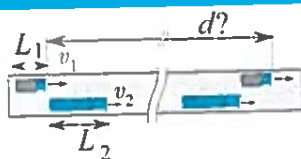


Figura 4-9

Un camion di lunghezza $L_1 = 9,5$ m si muove di moto rettilineo uniforme alla velocità $v_1 = 95$ km/h e sorpassa un autotreno che si muove nella stessa direzione con velocità $v_2 = 90$ km/h. Se l'autotreno è lungo $L_2 = 18,5$ m, quanto dura il sorpasso? (Cioè quanto tempo occorre perché si passi dalla situazione in cui il fronte del camion è allineato con la coda dell'autotreno, alla situazione in cui la coda del camion è allineata con il fronte dell'autotreno?) Qual è la distanza d percorsa dal camion durante il sorpasso?

Esercizio 4-22

Dalla torre di controllo di un aeroporto si rileva che un aereo sta volando in direzione nord-est con una velocità rispetto a terra di 4 km/min. Si nota inoltre che un vento costante soffia verso sud alla velocità di 52 km/h. Qual è la velocità dell'aereo rispetto all'aria?