

FISICA GENERALE I

Docente: Prof. G. Carboni
giovanni.carboni@cern.ch

Esercitatore: Dott. R. Petrillo
roberto.petrillo@roma2.infn.it

Anno Accademico 2012 - 2013

Queste lezioni sono scaricabili in formato pdf
dalla pagina

<http://people.roma2.infn.it/carboni>

UTENTE: fis1_studenti
PW: disp_fis1

→ *Necessario Adobe Reader*

Trasformazioni di riferimento e moti relativi

Possiamo studiare un fenomeno in un sistema di riferimento qualsiasi

Ma la fisica ci appare sempre la stessa?

In particolare i 3 principi della dinamica sono osservati sempre?

Concentriamoci sul I principio (inerzia)

“in assenza di forze un corpo è fermo
o si muove di moto rettilineo uniforme”



Come lo spieghiamo?

va indietro



Come lo spieghiamo?

va avanti



Nelle due ultime foto diciamo che il ciondolo si muove perché l'auto accelera o frena. Ma il ciondolo non è soggetto a nuove forze.

Spiegazione

Il principio d'inerzia non vale perché non ci sono nuove forze sul corpo oltre

- al peso
- alla tensione del filo



Diciamo allora che il sistema di riferimento non è inerziale

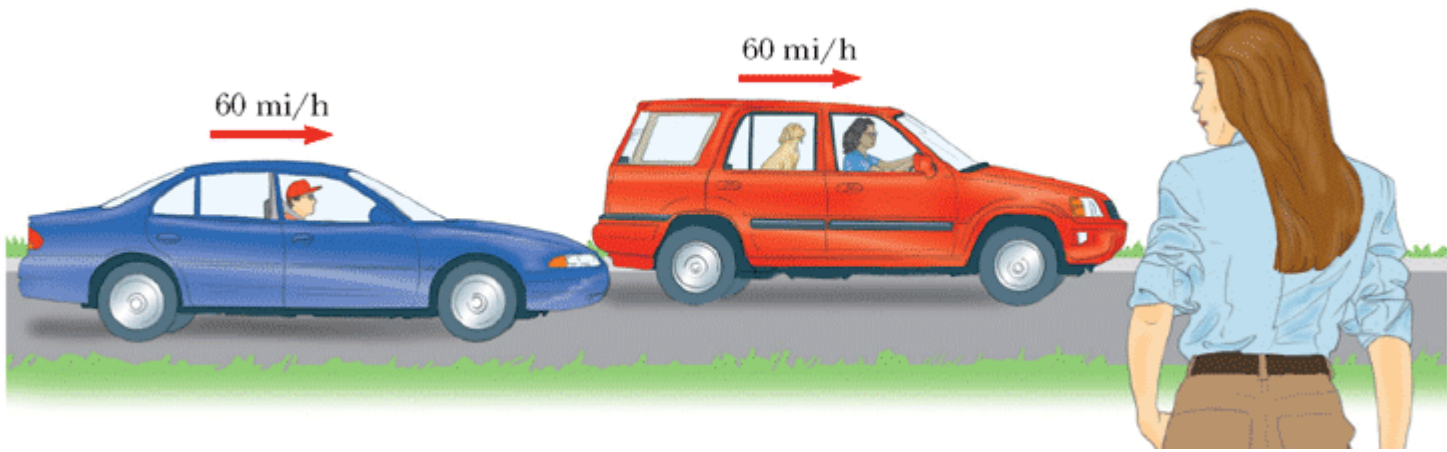
Sistemi inerziali: quelli in cui vale il principio d'inerzia

Secondo Newton esisteva un sistema di riferimento privilegiato, con uno spazio assoluto e un tempo assoluto.

In questo sistema valevano le leggi della meccanica, incluso il principio d'inerzia. Fuori da questo riferimento le leggi della meccanica potevano non essere valide.

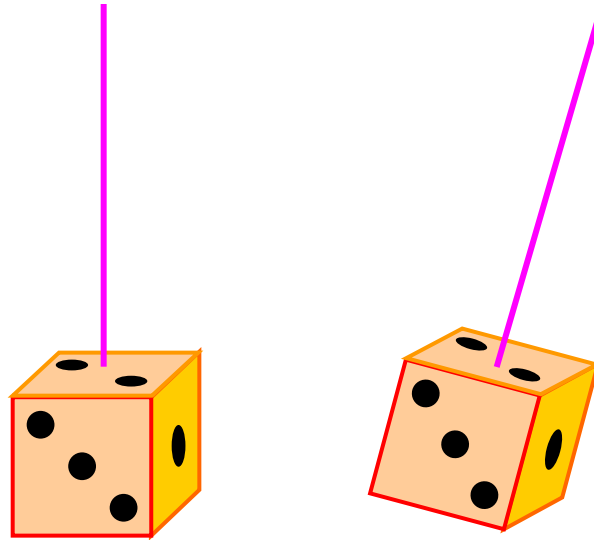
Oggi sappiamo che i sistemi inerziali sono infiniti. Non ha senso parlare di un sistema assoluto.

Qui abbiamo tre riferimenti. Se le auto vanno a velocità costante tutti e tre vedono il ciondolo (supposto nella rossa) verticale e in moto rettilineo uniforme

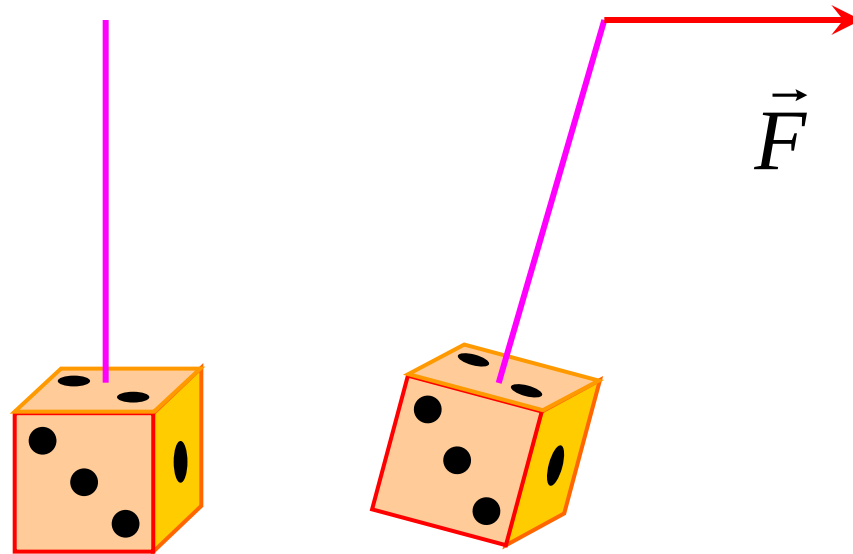


Sono tutti riferimenti inerziali

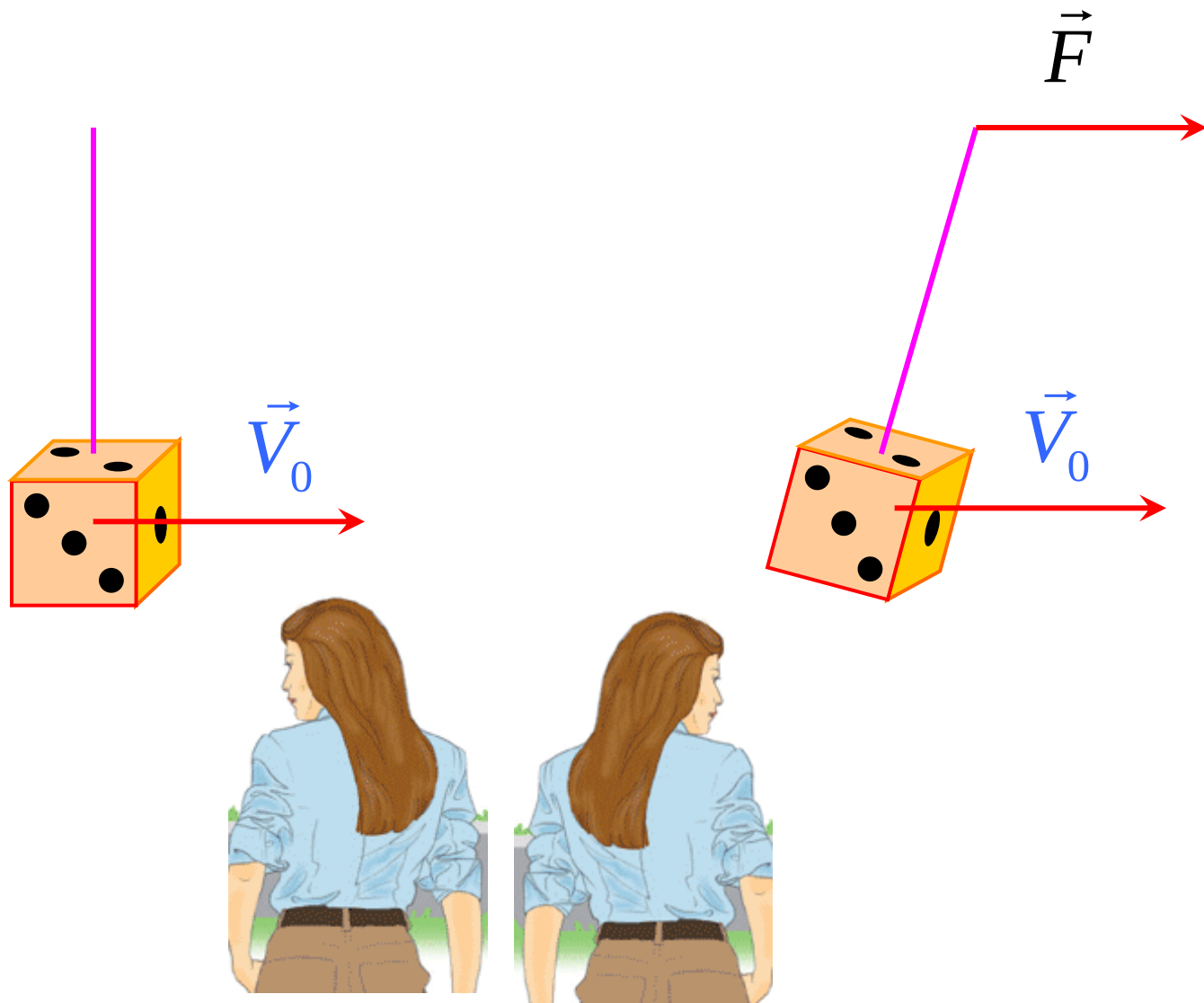
Se invece il conducente dell'auto rossa accelera lui solo vedrà il ciondolo andare all'indietro



In realtà il dado non va all'indietro, è il filo che è accelerato in avanti dall'auto cui è fissato

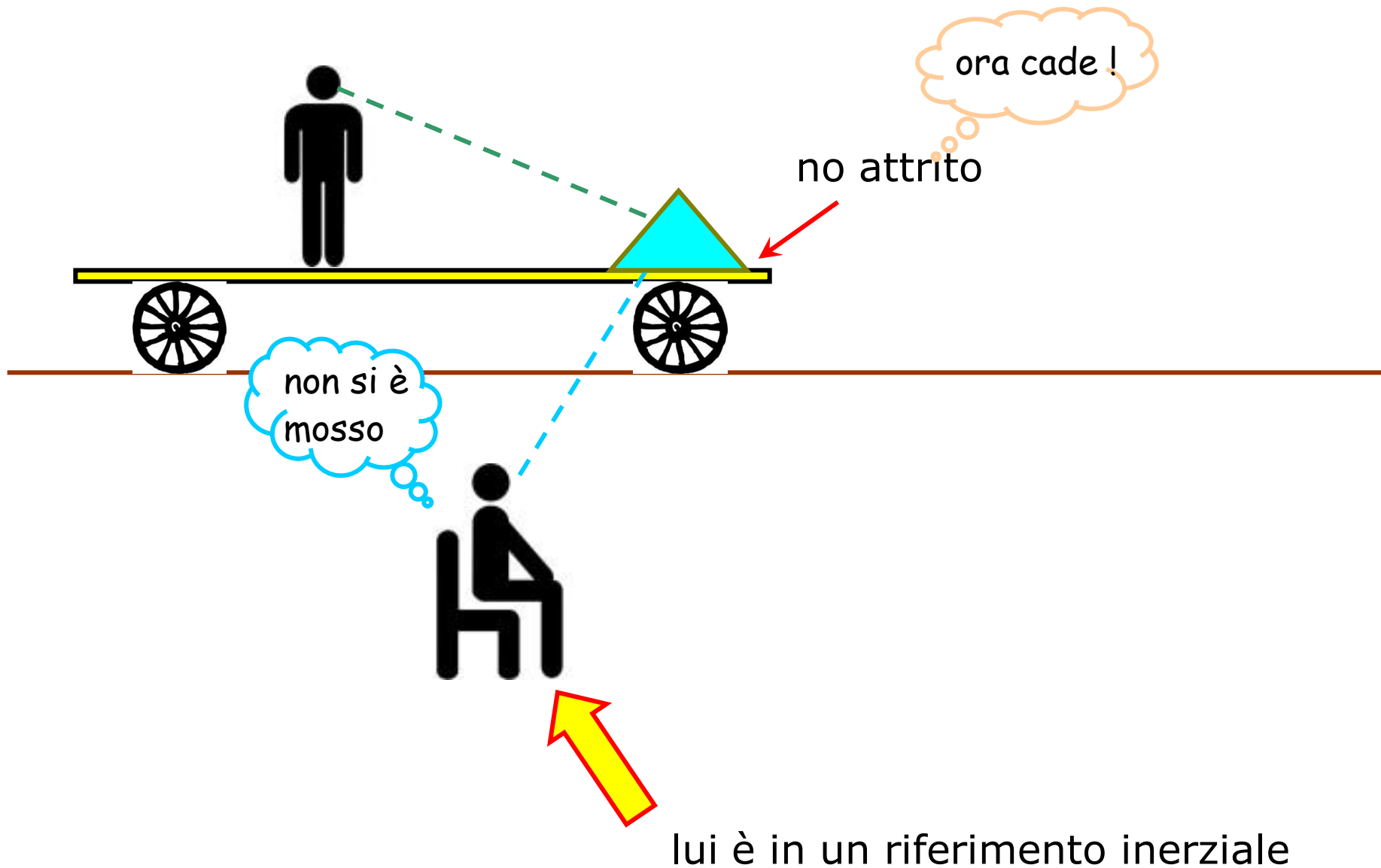


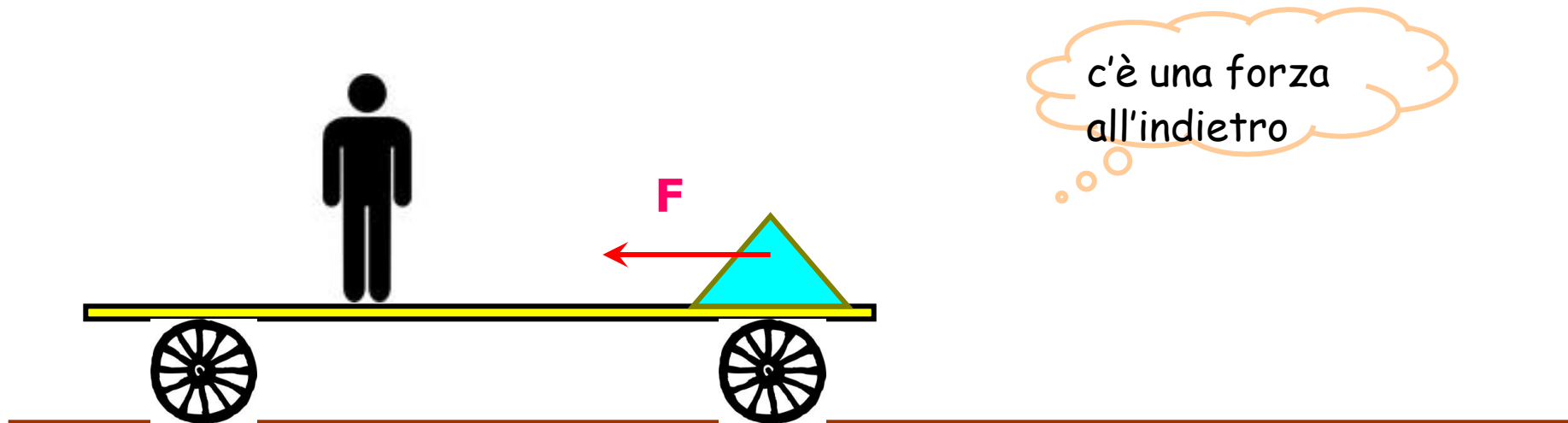
Gli altri due osservatori continueranno (per un breve tempo) a vedere il dado procedere alla stessa velocità che aveva prima che l'auto rossa iniziasse ad accelerare



Appena tornato a velocità costante
il conducente vedrà di nuovo il
ciondolo fermo

→ L'auto è ridiventata un sistema
inerziale





Naturalmente tutti gli osservatori sono portati ad applicare le leggi della meccanica nel proprio riferimento

Quindi si pensa subito a una nuova forza, invece di pensare di essere in un riferimento non inerziale.

Ma questa forza è solo apparente

Ma anche un riferimento rotante ha un'accelerazione rispetto a uno fisso

Chi sta sulla giostra nota che il principio d'inerzia non è valido.

Infatti un oggetto tende a sfuggirgli di mano

Il riferimento **non è inerziale**

I seggiolini sono proiettati verso l'esterno



$$F = m\omega^2 r$$

$$m\vec{g}$$

Per chi sta fermo a terra la spiegazione è chiara: i passeggeri della giostra devono avere una forza centripeta per poter girare in cerchio.



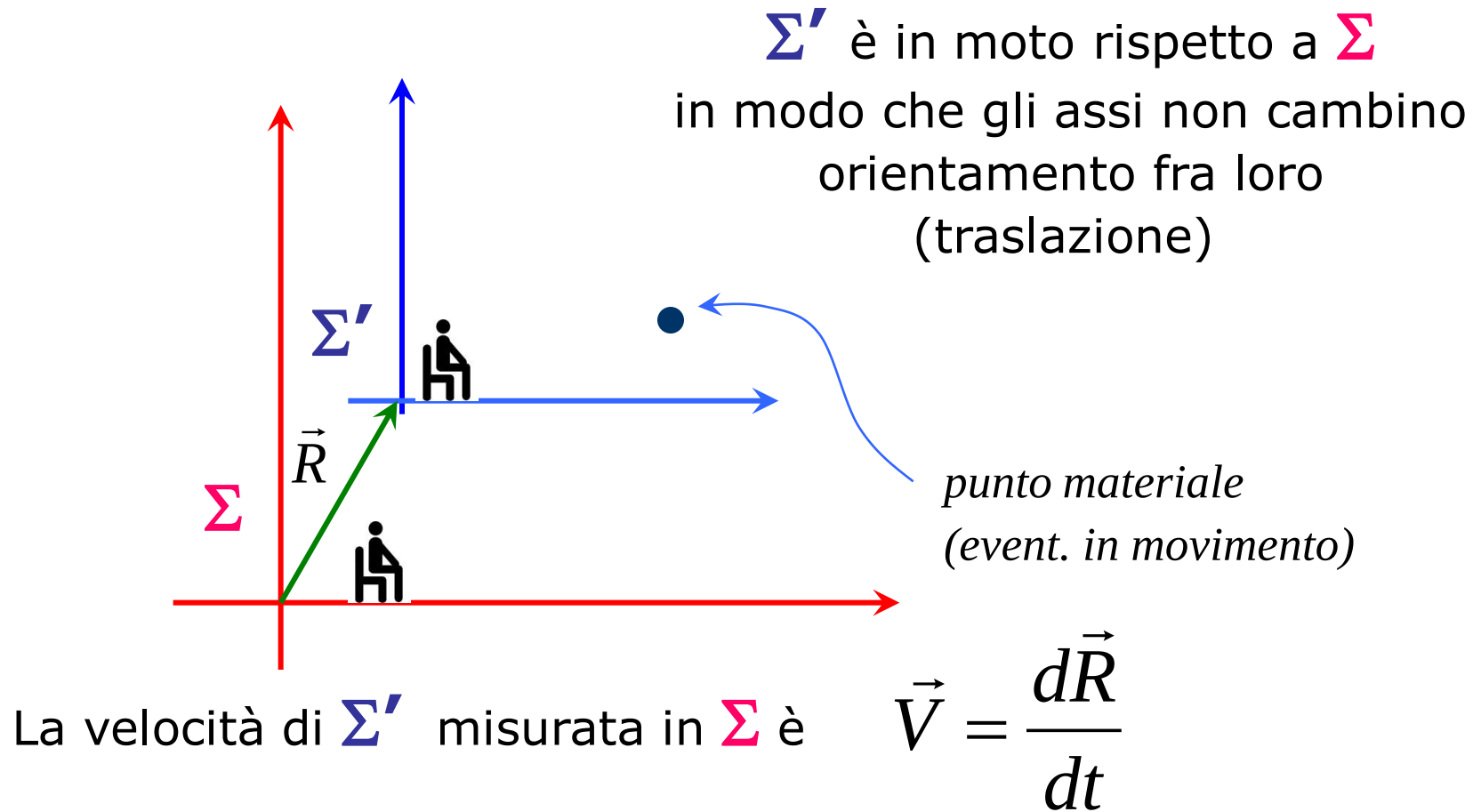
Invece chi sta sulla giostra attribuisce la spinta verso l'esterno a una forza centrifuga apparente che deve controbilanciare con una centripeta.

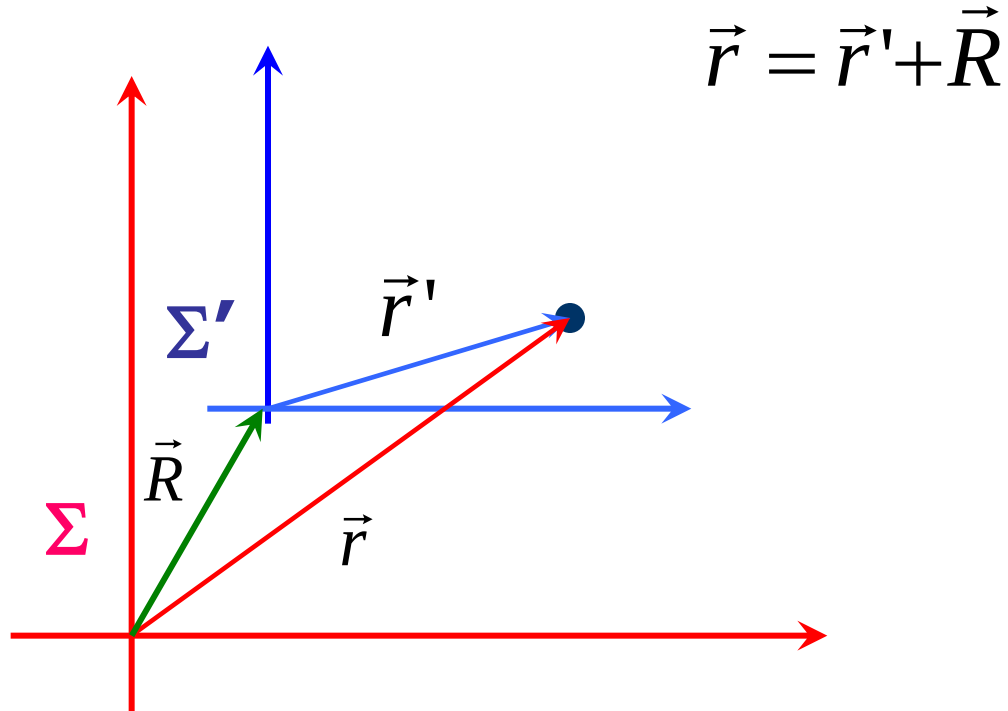
Forza centripeta e centrifuga sono la stessa cosa da due punti di vista diversi

Ricapitolando

- un riferimento inerziale è uno in cui è valido il principio d'inerzia
- un riferimento **accelerato** rispetto a uno inerziale **non è inerziale**
- se ci fa comodo considerarlo inerziale allora dobbiamo introdurre le **forze apparenti**

Trasformazione delle velocità fra riferimenti





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

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d\vec{r}'}{dt} + \frac{d\vec{R}}{dt} \quad \Rightarrow \quad \vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}$$

$$v_x = v_x' + V_x$$

$$v_y = v_y' + V_y$$

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{V}$$

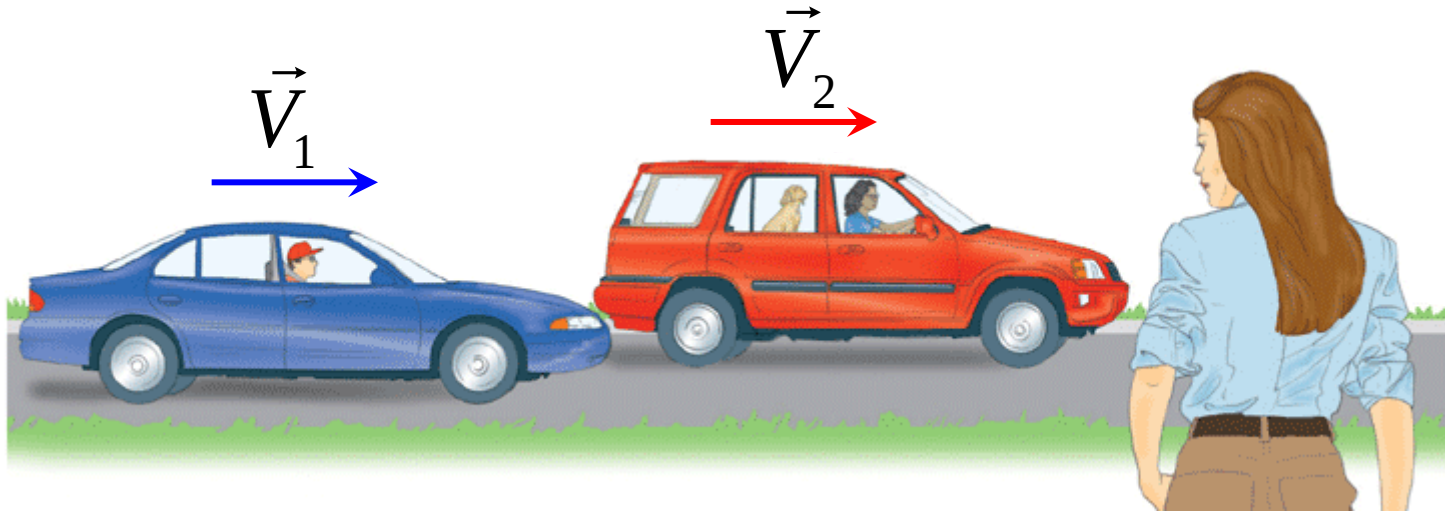
$\uparrow$ $\uparrow$

Σ Σ'

← velocità di Σ'
misurata in Σ

Legge di trasformazione delle velocità

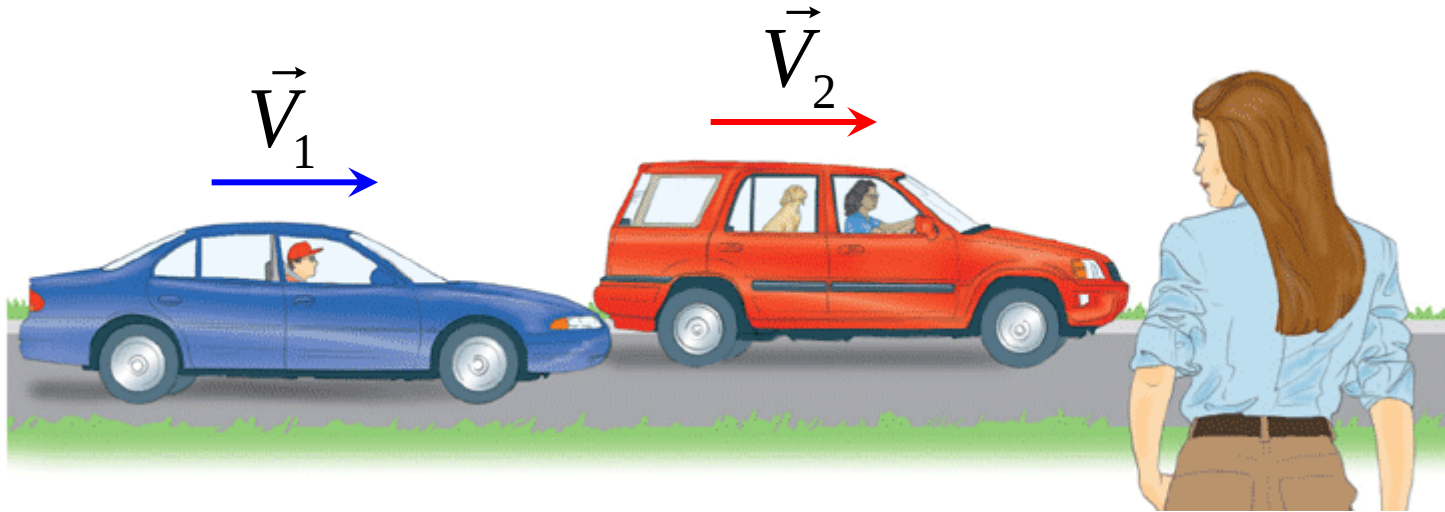
Vale anche se le velocità non sono costanti



A che velocità va il cane?

Per il guidatore dell'auto rossa $\vec{v}'_{\text{cane}} = 0$

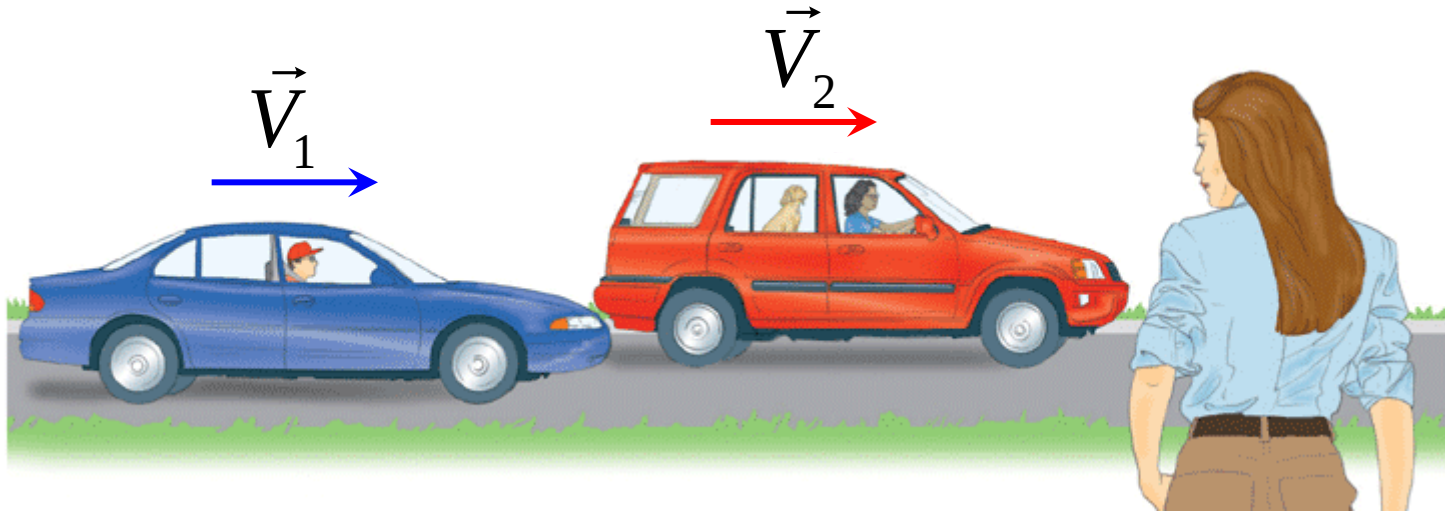
Per la ragazza $\vec{v}_{\text{cane}} = \vec{v}'_{\text{cane}} + \vec{V}_2 = \vec{V}_2$



A che velocità va la ragazza?

Per il guidatore dell'auto rossa $\vec{v}'_{\text{ragazza}} = \vec{v}_{\text{ragazza}} - \vec{V}_2 = -\vec{V}_2$

Per il guidatore dell'auto blu $\vec{v}''_{\text{ragazza}} = \vec{v}_{\text{ragazza}} - \vec{V}_1 = -\vec{V}_1$



A che velocità va l'auto blu
per il guidatore dell'auto rossa ?

$$V'_1 = V_1 - \vec{V}_2$$

velocità
relativa di
1 risp. a 2

A che velocità va l'auto rossa
rispetto alla blu ?

$$V'_2 = V_2 - \vec{V}_1$$

velocità
relativa di
1 risp. a 1

Dalla legge di trasformazione delle velocità abbiamo quindi dedotto che

- se due riferimenti traslano di moto rettilineo uniforme uno rispetto all'altro
 - allora un oggetto che si muove di moto rettilineo uniforme in un sistema ha lo stesso tipo di moto anche nell'altro
- ➔ ne segue che se il primo sistema è inerziale lo è anche il secondo
- ➔ ne segue che esistono infiniti sistemi inerziali. Basta che siano in moto rettilineo uniforme fra loro

Un sistema accelerato rispetto a uno inerziale invece non è inerziale

Infatti posso dimostrare allo stesso modo che

$$\vec{a} = \vec{a}' + \vec{A}$$

dove $\vec{A}$ è l'accelerazione del sistema Σ' rispetto a Σ

Un oggetto che in Σ (inerziale) ha accelerazione zero in Σ' appare avere l'accelerazione

$$\vec{a}' = -\vec{A}$$

anche se non è soggetto a forze

NB: la formula sopra vale nel caso delle traslazioni. Se ci sono anche rotazioni la trasformazione è più complicata

In definitiva, chi si trova in un riferimento accelerato sente la presenza di nuove forze che però sono solo apparenti

Se il riferimento ha un'accelerazione $\vec{A}$

i corpi saranno soggetti a un'accelerazione $\vec{a}' = -\vec{A}$

L'osservatore tenderà quindi ad attribuire questa accelerazione a una **forza apparente** che agisce su ogni corpo di massa m

$$\vec{F}_{\text{app}} = -m\vec{A}$$

Nei riferimenti in rotazione per esempio questa forza apparente è la **forza centrifuga**

Riflessione filosofica 1

Vuol dire che la fisica è la medesima in tutti i sistemi inerziali



In base alle leggi di Newton alla fonte di un'accelerazione c'è sempre una forza.

Trovare una nuova forza è una grande scoperta

Nella trasformazione delle velocità fra sistemi di riferimento **inerziali** non nascono nuove accelerazioni, quindi gli osservatori nei vari sistemi misurano sempre **le stesse forze**.

© Copyright California Institute of Technology. All rights reserved. Commercial use or modification of this material is prohibited.