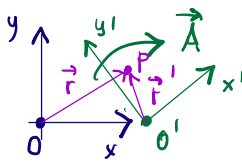


## FORZE APPARENTI - NON INERZIALI

Ci si interessa allo studio della dinamica (effetti di forze) su sistemi materiali quando ci si trova in riferimenti NON inerziali.

Ci si aspetta che il I principio debba assicurare che, in un sistema di riferimento non inerziale, un punto materiale LIBERO non mantenga lo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme inizialmente posseduto.

Scrittura dell'equazione del moto vista in un riferimento accelerato (non galileiano):



$O'x'y'$  è accelerato rispetto  $Oxy$  con accelerazione  $\vec{A}$

$$\Rightarrow \begin{aligned} \vec{r}' &= \vec{r} - \vec{OO'} \\ \vec{v}' &= \vec{v} - \vec{V} \\ \vec{a}' &= \vec{a} - \vec{A} \end{aligned}$$

Le accelerazioni del punto P in  $Oxy$  sono ottenute per azione della forza  $\vec{F}$  agente su P (con massa inerziale  $m$ ):

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Supponendo che  $m$  non cambi passando nel riferimento  $O'x'y'$  si ha che

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

che si scrive anche

$$\vec{F}' = \vec{F} + \vec{F}_A$$

nel riferimento accelerato  $O'x'y'$  la forza responsabile della variazione di moto del punto,  $\vec{F}' = m\vec{a}'$ , è DIFFERENTE dalla forza responsabile dell'accelerazione del punto, vista in  $Oxy$ ,  $\vec{F} = m\vec{a}$ .

Le forze differiscono di una forza detta «apparente» o «non inerziale» o anche fittizia data da

$$\vec{F}_A = -m\vec{A}$$

Le forze non inerziali sono reali negli effetti prodotti in riferimenti accelerati ma non sono imputabili a interazioni «sostanziali» (vincoli, gravitazione, elettromagnetismo, attriti, etc.).

## • → FORZE NON INERZIALI : TRASLAZIONE

Esempio di forza apparente in un riferimento accelerato uniformemente in moto rettilineo: le forze sul guidatore di un'automobile



Si utilizzano due sistemi di riferimento:  $Oxy$  solidale alla strada (inerziale) e  $O'x'y'$  solidale all'automobile (e al guidatore), dunque accelerato con accelerazione  $\vec{A}$  costante pari all'accelerazione dell'automobile.  $O'x'y'$  è NON inerziale.

Sul guidatore secondo  $Oxy$  agisce la forza  $\vec{F} = m\vec{A}$  (provocata per esempio dall'interazione con il sedile) che accelera la massa  $m$  con accelerazione  $\vec{A}$ .

Secondo  $O'x'y'$  la situazione è di EQUILIBRIO perché in questo riferimento il guidatore non è accelerato e, lasciato fermo, rimane in quiete. Dunque secondo  $O'x'y'$

$$\vec{a}' = 0 \quad \text{perché} \quad \vec{F}' = 0$$

questa relazione è compatibile con la trasformazione

$$\vec{F}' = \vec{F} + \vec{F}_A = 0 \quad \text{perché} \quad \vec{F}_A = -\vec{F}$$

che è infatti corretta perché  $\vec{F} = m\vec{A}$  e  $\vec{F}_A = -m\vec{A}$ . Dunque per  $O'x'y'$  il guidatore è in equilibrio ma soggetto a due forze, quella « attiva »  $\vec{F}$  (spinta del sedile) e quella « apparente »,  $-m\vec{A}$ , in direzione opposta al moto, che la bilancia.

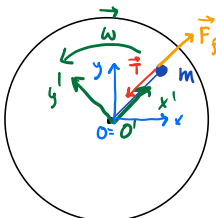
## • → FORZE NON INERZIALI : ROTAZIONE

Analogo al caso delle traslazioni, si utilizza la trasformazione per le rotazioni,

$$\vec{a}' = \vec{a} - [2\vec{\omega} \times \vec{v}' + \vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) + \vec{\alpha} \times \vec{r}]$$

$$\text{quindi} \quad \vec{F}_A = -m\vec{A} = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}' - m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) - m\vec{\alpha} \times \vec{r}$$

forza di Coriolis
forza centrifuga  $\vec{F}_f$ 
forza « contro-tangenziale »



Massa  $m$  in rotazione con velocità angolare costante  $\vec{\omega}$  trattenuta da una fune in tensione  $\vec{T}$ : secondo  $Oxy$  (fisso) la tensione  $\vec{T}$  genera accelerazione centripeta  $mv^2/r = m\omega^2 r$ .

Secondo  $O'x'y'$  (in rotazione solidale con  $m$ ) la massa è in equilibrio soggetta a  $\vec{T}$  e alla forza (apparente) centrifuga  $-m\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{r}) = \vec{F}_f$