

# Definizione statica delle forze e altri problemi

Determinate staticamente le forze se ne possono studiare gli effetti dinamici, sintetizzabili in  $\vec{F} = m\vec{a}$  (legge di Newton)

esempio: la forza peso che agisce su una pallina deformando la molla a cui è appesa è la stessa che ne deflette la traiettoria nel moto balistico

Tuttavia, se staticamente stabilisco la presenza di un **campo di forze** (per esempio la **gravità**), devo assumere che il campo sia presente indipendentemente dalle forze che lo bilanciano

Ma chi garantisce che la causa delle deformazioni e delle accelerazioni sia indipendente dallo stato di moto? p.es. si pensi all'effetto della resistenza del mezzo

(**insostenibilità microscopica**)

Inoltre il primo e il secondo principio sono validi nei **sistemi di riferimento inerziali**. Per verificarli dobbiamo definire ed identificare tali sistemi.

Il primo principio richiede inoltre che il corpo (**punto materiale**) sia **isolato**, ma sulla terra siamo immersi nella gravità.

# Interazioni fondamentali (FMUV 4.18)

Tutte le forze note della natura si possono ricondurre a quattro **interazioni fondamentali** tra oggetti materiali:

- **interazione gravitazionale**
- **interazione elettromagnetica**
- **interazione nucleare forte**
- **interazione nucleare debole**

esempi di interazione gravitazionale

la massa gravitazionale è la sorgente dell'interazione gravitazionale

esempi di interazione elettromagnetica

la carica elettrica è la sorgente dell'interazione elettromagnetica

entrambe queste interazioni sono inversamente proporzionali al quadrato della distanza:

$$F_G \propto \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad F_C \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Cosa sono le altre due e perché non ci sono altrettanto familiari?

il raggio di azione delle due forze nucleari è piccolo (scala delle dimensioni del nucleo,  $10^{-15}$  m), trascurabile già sulla scala delle dimensioni dell'atomo

Tutte le interazioni fondamentali quindi diminuiscono rapidamente al crescere della distanza e offrono così un criterio semplice per valutare l'isolamento di un corpo.

Cosa sono tutte le altre forze (funi, ganci, molle, reazioni vincolari, attrito etc.)?

# Riformulazione del principio di inerzia (FMUV 4.7)

Se tutte le interazioni tra oggetti materiali diminuiscono al crescere della distanza è sempre possibile (almeno in linea di principio) rendere un corpo materiale non soggetto a forze (“libero” o “isolato”), allontanandolo da tutti gli altri corpi.

In pratica, si può semplicemente annullare la presenza di una forza con un'altra uguale e contraria, solitamente una reazione vincolare.

Un sistema di riferimento  $S$  è inerziale se qualunque punto materiale isolato (non soggetto a forze) che si trovi in quiete in esso, rimane in quiete.

- Tutti i sistemi  $S'$  in moto rettilineo uniforme rispetto ad un sistema inerziale  $S$  sono inerziali (altrimenti sarebbero distinguibili da esso sulla base di questa proprietà, violando la relatività galileiana)
- Poiché un punto libero, fermo in  $S$ , si muove di moto rettilineo uniforme in  $S'$  (e viceversa), in un riferimento inerziale un punto libero si muove con velocità costante

Principio di relatività galileiana + definizione di sistemi inerziali

→ principio di inerzia (I principio della dinamica)

Notiamo che nella formulazione di Galileo non si fa riferimento a corpi isolati, anzi negli esempi delle osservazioni che possono essere fatte è esplicitamente citato un effetto della gravità (gocce che cadono)

# Riferimenti inerziali

esistono sistemi di riferimento inerziali?

la terra è un riferimento inerziale?

sembrerebbe di no, visto che un corpo libero fermo cade! ma in realtà ciò è dovuto alla forza peso

appoggiando il corpo su un piano (vincolo) la forza peso si cancella (il vincolo è in realtà una schematizzazione della reazione elastica dovuta alla deformazione del piano)

ma se si bilancia la forza peso con la reazione vincolare, l'attrito con la superficie del piano rallenta il moto uniforme

se si elimina anche l'attrito (ghiaccio, cuscino d'aria), al limite finalmente sembra di si.

in realtà no, visto che la terra gira su se stessa.

# Un sistema di riferimento inerziale

La Terra **non è un sistema di riferimento inerziale**, poiché ruota su se stessa e intorno al Sole.

Neanche il Sole tuttavia si può considerare l'origine di un sistema di riferimento inerziale, perché sappiamo che partecipa al moto collettivo della nostra Galassia. Anche l'idea delle “**stelle fisse**” non è quindi molto consistente, anzi sappiamo oggi che **l'intero Universo è in espansione**.

Tuttavia sappiamo anche, attraverso l'analisi dell'isotropia della radiazione cosmica di fondo, che **l'Universo “visibile” è omogeneo e isotropo** su larga scala e può essere considerato un riferimento perfettamente inerziale.

Rispetto a questo riferimento il Sole si muove (rotando insieme alla Galassia) con una velocità di circa 370 km/s (oltre un milione di chilometri all'ora!)

Per il principio di relatività galileiana, un sistema di riferimento in moto rettilineo uniforme rispetto a questo è anch'esso un sistema di riferimento inerziale.

Tuttavia tutti questi riferimenti, approssimabili a livello più o meno spinto con riferimenti inerziali, sono permeati dalla gravità.

Come vedremo, esistono in realtà molti **riferimenti “localmente inerziali”** nei quali si possono verificare sperimentalmente i principi della dinamica