

Dinamica

Obiettivo: prevedere il moto dei corpi una volta note le condizioni iniziali e le interazioni con l'ambiente

Tratteremo la **Dinamica Classica**, valida solo per corpi

per i quali $|\underline{v}| \ll c$ ($= 3 \cdot 10^8$ m/s)

Fenomeni naturali: moto di un corpo è conseguenza della interazione con altri corpi (ambiente):

- interazione diminuisce all'aumentare della distanza
- si considereranno solo i corpi più vicini: approssimazione da confrontare con precisione di misura (ex. Interazione con la Terra senza considerare quella con il Sole)

FORZE

Interazione con ambiente quantificata attraverso l'introduzione delle "Forze"

Forze \leftrightarrow Leggi del moto

Caratteristiche delle Forze

- a) si presentano in **coppie** (azione \leftrightarrow reazione)
- b) caratterizzate da **intensità, direzione orientata e regione di applicazione**
- c) possono produrre **variazioni nello stato di moto** dei corpi sui quali agiscono
- d) possono **deformare** i corpi su cui agiscono
- e) si possono **compensare** assicurando l'**equilibrio** dei corpi soggetti a molteplici interazioni con altri corpi
(ex: corpo poggiato su tavolo
reazione vincolare da parte del tavolo
vincolo liscio --> solo componente normale a superficie di contatto
vincolo scabro -> anche componente tangenziale, attrito)

Esistono due tipologie di forze:

- a) **a contatto** (associate macroscopicamente ad un contatto tra i corpi che interagiscono)
- b) **a distanza** (si manifestano anche se i corpi non sono in contatto)

Primo Principio della Dinamica

“Quando un punto materiale non è soggetto a forze ha velocità costante (eventualmente nulla)”
(Principio di inerzia, sperimentale, Galileo)

Ma

- moto rettilineo uniforme in un dato SdR può apparire curvo e accelerato in altro SdR (Principio di inerzia valido solo in uno dei due SdR)
- sulla Terra: corpo “libero” (non sottoposto a forze) percorre una traiettoria curvilinea

Quindi

- necessità di individuare un SdR “inerziale”:
“sistema delle stelle fisse” S_s con origine nel Sole
(in realtà non perfettamente inerziale, sostituito di recente dal sistema nel quale la radiazione cosmica di fondo è omogenea; rispetto ad esso S_s si muove con
 $|\underline{v}| = (370 \pm 10) \text{ km/s}$ e $|\underline{a}| \approx 10^{-10} \text{ m/s}^2$)

Primo Principio della Dinamica

“Esistono infiniti sistemi di riferimento, detti inerziali, rispetto ai quali ogni punto materiale libero ha velocità costante”

Sistema terrestre: $|\underline{a}| \leq \omega_T^2 * R_T = (7.3 \cdot 10^{-5} \text{ rad/s})^2 * 6.4 \cdot 10^6 \text{ m}$
 $\approx 3.4 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2$

$|\underline{a}| \ll |g|$ accelerazione gravitazionale (9.8 m/s^2)

e quindi Sistema terrestre \approx inerziale

Secondo Principio della Dinamica

Le forze determinano un cambiamento
del moto dei corpi $\rightarrow \Delta \underline{v} \rightarrow \underline{a} \neq 0$

Ricerca della relazione funzionale tra forza e accelerazione

Esperienze in cui sono presenti forze costanti

- 1) **Piano inclinato**: forza costante lungo il piano modifica il modulo della velocità del punto materiale
- 2) **Moto circolare uniforme**: vincolo (filo con molla) applica forza costante che modifica direzione della velocità lasciandone invariato il modulo
- 3) **Due forze agenti su un punto materiale**, aventi direzioni diverse tra loro: accelerazione $\underline{a} = \underline{a}_1 + \underline{a}_2$ con \underline{a}_1 e \underline{a}_2 accelerazioni che avrebbe il punto materiale se su di esso avesse agito solo la forza \underline{f}_1 oppure \underline{f}_2 (principio di sovrapposizione valido anche in condizioni dinamiche)

In tutti i casi $\rightarrow \underline{f} = m \underline{a}$

Tale risultato vale, sperimentalmente e istante per istante, anche in presenza di forze variabili con il tempo e quindi potremo scrivere

$$\sum_i \underline{f}_i(t) = m \underline{a}(t) \quad \text{con } m \text{ massa inerziale}$$

“In un sistema di riferimento inerziale, ogni volta che un corpo ha un moto accelerato esiste (almeno) una forza responsabile di tale accelerazione; tra forza risultante e accelerazione esiste in ogni istante la relazione $\underline{f}(t) = m \underline{a}(t)$ ” (Newton)

Secondo Principio della Dinamica

Dalla relazione $\underline{f}(t) = m \underline{a}(t)$ è possibile determinare, nota $\underline{f}(t)$ e note le condizioni iniziali, l'equazione vettoriale del moto.

Nell'ambito della Meccanica classica le masse inerziali sono additive e costanti durante il moto (proprietà non valide nella Relatività)

Prima applicazione:

il peso di un corpo posizionato nelle vicinanze della superficie terrestre può essere espresso come

$$\underline{w} = m \underline{g}$$

con \underline{g} che varia da luogo a luogo * mentre la massa inerziale del corpo in esame rimane invariata (e per questo è stata scelta come grandezza fondamentale della Meccanica)

$$* g(\phi, h) = 9.80612$$

$$- 0.025865 \cos(2\phi) \quad (\text{schiacciamento Terra})$$

$$+ 0.58 * 10^{-4} \cos^2(2\phi) \quad (\text{rotazione Terra})$$

$$- 0.3086 * 10^{-5} * h \quad \text{m / s}^2$$

con

ϕ latitudine geografica

(0° equatore, 90° polo nord, -90° polo sud)

h altezza sul livello del mare espressa in metri.

Principio di azione e reazione

E' evidenza sperimentale che ogni volta che un corpo subisce l'azione di una forza \underline{f}_1 da parte di un secondo corpo, anche quest'ultimo è soggetto a una forza \underline{f}_2 per effetto del primo.

Newton arrivò alla conclusione che

$$\underline{f}_1 = - \underline{f}_2 \quad (1)$$

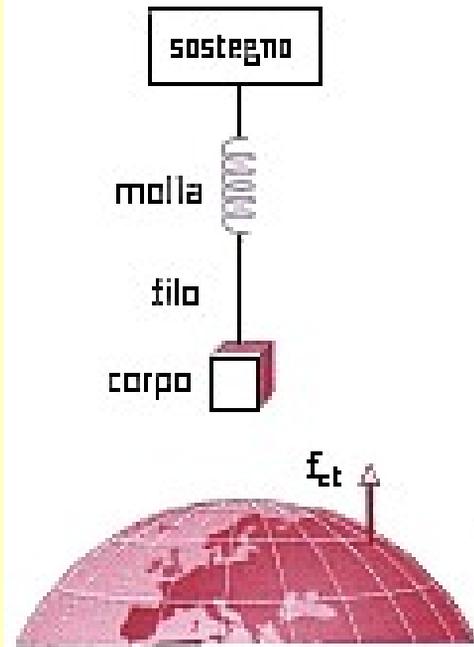
Attenzione!!!! \underline{f}_1 e \underline{f}_2 agiscono su due corpi diversi!!!!

Nota: il fatto che la (1) valga istante per istante implica --> propagazione istantanea delle interazioni (Principio di azione a distanza). Ma tale propagazione non può avvenire a velocità superiore di quella della luce nel vuoto e quindi il Principio vale solo nell'approssimazione della Meccanica classica.

Principio di azione e reazione

Applicazione

Corpo appeso a supporto fisso tramite filo e molla
Esaminiamo le forze agenti sui singoli sistemi



1) corpo di massa m

Peso \underline{w} -->

--> reazione applicata alla Terra

Trazione dal filo \underline{f}_{FC} -->

--> reazione applicata al filo

Per equilibrio --> $\underline{f}_{FC} = -\underline{w}$

2) filo di massa trascurabile rispetto a m

Trazione dal corpo \underline{f}_{CF} --> $\underline{f}_{CF} = -\underline{f}_{FC} = \underline{w}$

Trazione da molla \underline{f}_{MF} --> reazione applicata alla molla

Per equilibrio --> $\underline{f}_{MF} = -\underline{f}_{CF} = -\underline{w}$

3) molla di massa trascurabile rispetto a m

Trazione dal filo \underline{f}_{FM} --> $\underline{f}_{FM} = -\underline{f}_{MF} = \underline{w}$

Trazione da supporto \underline{f}_{SM} --> reazione applicata al supporto

Per equilibrio --> $\underline{f}_{SM} = -\underline{f}_{FM} = -\underline{w}$

4) supporto

Trazione dalla molla \underline{f}_{MS} --> $\underline{f}_{MS} = -\underline{f}_{SM} = \underline{w}$

Concludendo

- sul supporto agisce forza pari al peso del corpo
- agli estremi della molla agiscono forze opposte di modulo w (dette "tensione della molla")
- agli estremi del filo agiscono forze opposte di modulo w (dette "tensione del filo")