

1

● Dinamica

Si occupa del moto dei corpi a partire dalle **FORZE** applicate ad essi

Ass. speriment.: Le caratteristiche del moto sono le medesime per tutti gli osservatori in moto relativo rettilineo uniforme - $\vec{v}_{00'} = \text{cost}$

● Galileo

$$\begin{aligned}\vec{x} &= \vec{x}' + \vec{00'} \\ \vec{v} &= \vec{v}' + \vec{v}_{00'} \\ \vec{a} &= \vec{a}'\end{aligned}$$

Comp. velocità per del $\vec{v}_{00'} = \text{cost}$

* Lo stato di quiete e di moto rettilineo uniforme non sono differenti, ma dipendono dall'osservatore -

* Lo stato di moto rettilineo uniforme e di moto accelerato sono differenti e la caratteristica - $v = \text{cost}$ o $a = \text{cost}$ è indipendente dall'osservatore (per osservatori in moto relativo rettilineo unif.)

* Per un definito osservatore per modificare lo stato del moto (fermare o mettere in movimento: decelerare o accelerare) bisogna intervenire con una **AZIONE ESTERNA**

→ 1° PRINCIPIO DINAMICA - Un corpo privo di interazioni con l'esterno (o soggetto a interazioni che si annullano) mantiene indefinitamente il proprio stato di quiete e di moto rettilineo uniforme -

2

Non è intuitivo! A causa degli attriti (interazioni con l'esterno) non ci sono moti che mostrino "naturalmente" queste caratteristiche

— Aristotele: azione esterna per mutare il moto; quiete stato naturale

— Galileo: quiete e moto rettilineo uniforme equivalenti; azione esterna $\rightarrow$ accelerazione

(Attrito ferma il moto o contribuisce a mantener fermo un corpo in quiete)

VALIDITA' 1° PRINCIPIO

1. In quale riferimento? Le grandezze cinematiche sono definite rispetto a un riferimento (moto ha significato relativo)
 $\rightarrow$ serve specificare il rif. in cui vale il principio di inerzia

2. Non tutti gli osservatori riconoscono il principio di inerzia

$\rightarrow$ Es. Osservatore su pianeta (in generale osservatore rispetto a interazioni che determinano $a \neq 0$)

Si dicono **INERZIALI** gli os. che riconoscono il principio di inerzia — Se ne esiste uno o ne esistono infiniti per il principio di relatività di Galileo

3

● Secondo principio :

Cosa accade a un corpo soggetto a interazioni con l'esterno? Quali caratteristiche ha il suo moto.

L'osservazione sperimentale dimostra che il moto dipende da : ESEMPI ELEMENTARI

- caratteristiche dell'oggetto - massa
- caratteristiche dell'ambiente e della relazione tra corpo e ambiente - FORZA
- leggi che correlano q.s. grandezze

Chiamiamo FORZA l'azione dell'ambiente su un oggetto

- Effetti dinamici (modificano il moto)
- Effetti statici (deformazioni)
Le esistono anche altre forze

Qs. manifestazioni di F. permettono di specificare il significato di F. in termini operativi, cioè dando una definizione del procedimento di misura -

Primo di procedere, accettiamo l'idea qualitativa di forza e procediamo alla definizione delle caratteristiche dell'oggetto -

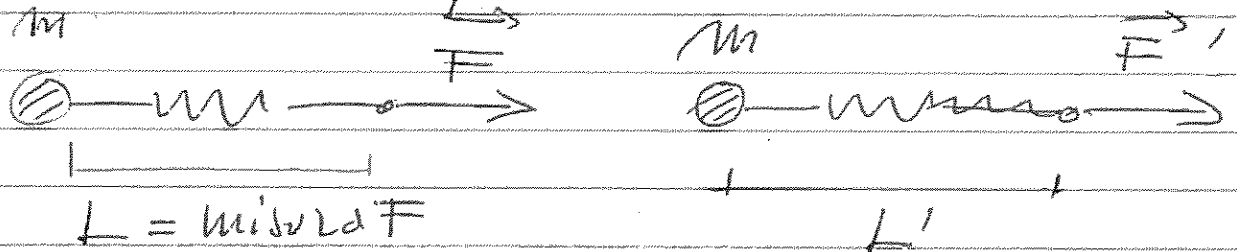
Accettiamo che la def. di una molla di una ~~certa~~ ^{determinata} lunghezza sia associata ad una determinata intensità della forza, anche se per ora non ne abbiamo l'idea

④

MASSA:

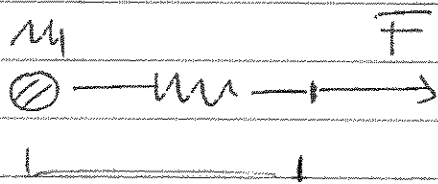
→ questi
differente tra
di loro diverse

Usiamo l'idea di forza e la definizione empirica di forze uguali = deformazioni uguali per compiere gli esperimenti

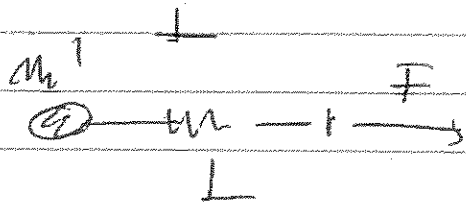


Per $L \neq L'$ $a \neq a'$ sono steso corpi

x Per corpi differenti m e m'



Per $L = L'$ (case' $F \cdot \cos t$)



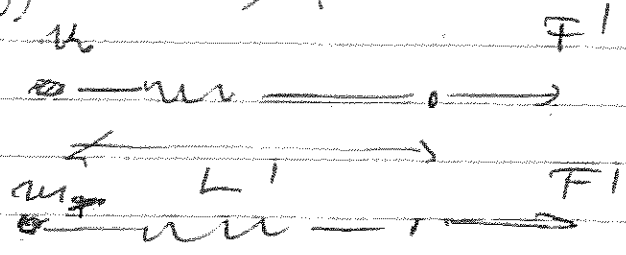
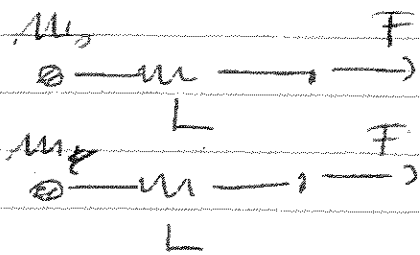
~~a~~ $\neq a'$

Esiste una caratteristica dell'oggetto (che non è il suo volume etc.) che determina un diverso effetto dinamico per forze di medesima intensità se questa caratteristica cambia -

~~Defin~~ Chiamiamo massa la proprietà

5

Modificando F (la lunghetta L della molla si trovano acc. differenti), però:



Si ottiene che $\frac{a_0}{a_m} = \frac{a_0'}{a_m'}$ per qualunque valore di F' (ovvero per qualunque allungamento di L').

La proprietà dei corpi è dunque riproducibile e unica, indip. dall'intensità della forza e ~~dall'accelerazione~~.

Sfruttiamo q.s. prop. per definire la massa

CAMPIONE $m_0 = 1 \text{ kg} \Rightarrow \text{museo}$

Massa $m = \left(\frac{a_0}{a_m} \right) m_0$

Rapporto tra l'accelerazione di m_0 e di m sotto l'azione di F qualunque

m è definita in modo operativo tramite un'operazione di misura DIRETTA

⑥

FORZA: Def. operativa $\rightarrow$ 1) scelta del campione di Forza 2) indicazione del proc. di misura

- Campione: $\vec{F}_c = m_0 \vec{a}_c$ con $m_0 = 1 \text{ Kg}$
 $a_c = 1 \text{ m/s}^2$

La forza campione (unità di forza) è quella che determina sul campione di massa una accelerazione $a_c = 1 \text{ m/s}^2$

Introduciamo $1 \text{ N} = 1 \text{ Kg m/s}^2$ (SI)

- Metodo di misura:

L'intensità di una forza qualunque $\vec{F}$ è misurata in rif. al campione tramite l'acc. che $\vec{F}$ determina sulla medesima campione:

$$\vec{F} = m_0 \vec{a}_0 \quad \text{acc. della massa}$$

$\rightarrow$ Per definizione F doppia campione quando a_0 è doppia etc. F è lineare con a_0

Dalla def. di massa sappiamo che per def. per qualsiasi $\vec{F}$, $m = m_0 \frac{a_p}{a_c}$ ossia $m a = m_0 a_c$ con a acc. subita da m

Dunque in virtù delle osservazioni e delle definizioni di m e F :

$$\boxed{\vec{F} = m \vec{a}} \quad \text{2° principio della dinamica}$$

7

• Più in generale $\sum_i \vec{F}_i = m \vec{a}$

dove $\sum_i \vec{F}_i$ è una somma vettoriale
(ti dimostra più via empirica che le forze si
compongono vettorialmente)

→ INDIPENDENZA DELLE
AZIONI SIMULTANEE

Note: - non è una identità matematica
è una relazione dinamica
(Legge fond. della dinamica)

$\vec{F}$ } caratt. dell'into-
razioni con
l'ambiente
 $m(\vec{a})$ } proprietà
dell'oggetto
→ C'è una info su
esistenza dell'oggetto
effetto dinamico

• - Se $\vec{F}$ nota (indip. da $\vec{a}$)
possiamo prevedere il moto

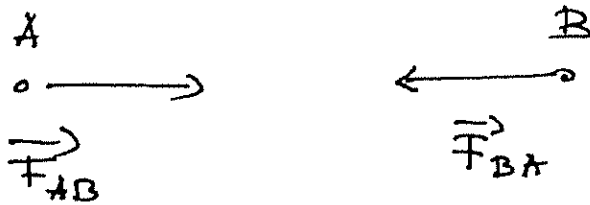
• - Se $\vec{a} \neq 0$ allora c'è una forza e
possiamo sfruttare l'osservazione dinamica
per caratterizzare $\vec{F}$ in modo indep
da $\vec{a}$

Feynman: "PAY ATTENTION TO THE FORCE → FIND IT"
⇒ LEGGI DI FORZA

• → Se $\vec{a}$ viene la forza, per questo
in cinematica ci siamo limitati a
dedurre lo spostamento fino ad $\vec{a}$
→ $\vec{a}$ è la grandezza dinamicamente libera

→ dice qualcosa delle forze, ma ~~non~~ le grandezze ^{conservano} principio di azione e reazione III legge ^{la legge di Newton}

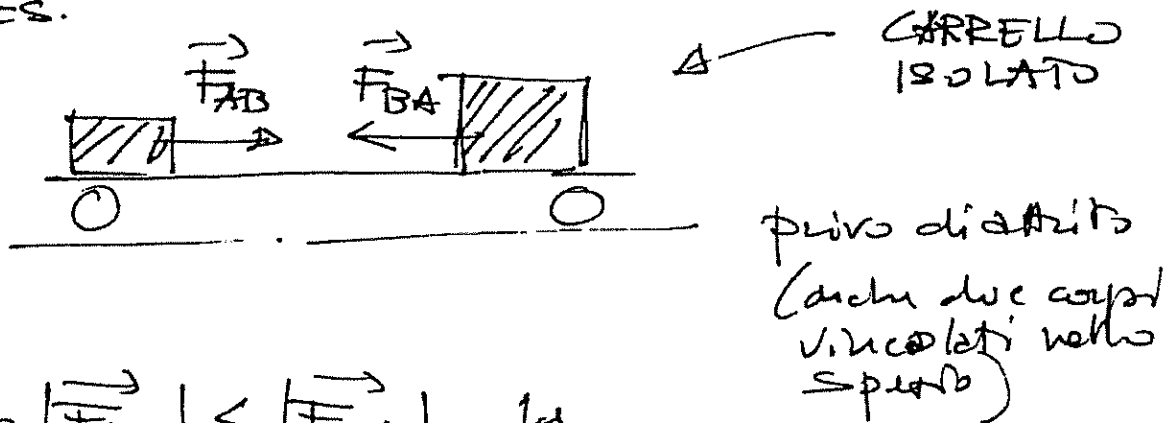
consideriamo due corpi soggetti alla mutua interazione (A è "ambiente" di B e viceversa)



Principio Az. Reaz: $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$

se non fosse vero si osserverebbero fenomeni contrari all'esperienza comune

Es.



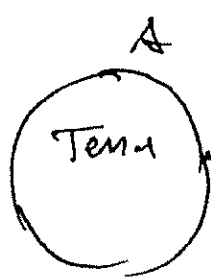
Se $|\vec{F}_{AB}| \leq |\vec{F}_{BA}|$ la risultante delle azioni reciproche sarebbe non nulla. $\Sigma \vec{F}_{\text{sist.}} \neq 0$: il carrello si potrebbe muovere di moto univ. accelerato pur se isolato

Necessario

Utile nell'analisi di alcuni problemi e nell'analisi cinematica di sistemi isolati (conservazione della quantità di moto) ^{con più punti}

⑨ Alcuni esempi :

Azione
a distanza



B
mela

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

identica

Il moto della Terra e' $\vec{F} = m_T \vec{a}_T$
" mela e' $\vec{F} = m_m \vec{a}_m$

$$\vec{a}_T = \frac{m_m}{m_T} \vec{a}_m$$

$m_m \ll m_T \Rightarrow$ accelerazione della Terra
non si nota

Caso analogo: sistema Terra - Sole
 $m_{Sole} \gg m_{Terra}$

Disputa: moto ~~relativo~~ ha significato relativo
 $\rightarrow$ Copernico o Tolomeo?

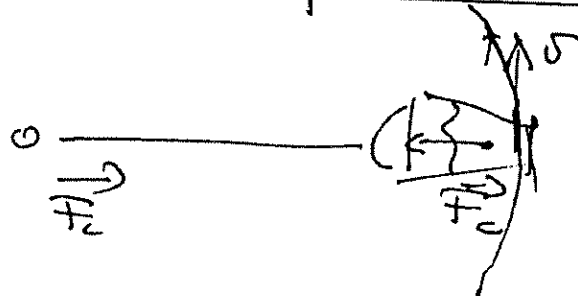
R: $a_{Sole} \ll a_{Terra}$

* Sole e' un riferimento inerziale

migliore della Terra ma non
dei due sistemi e' libero da interazioni

Forza centripeta e centrifuga

Forza di contatto
(F_{filo}) reale



Forza centripeta sull'acqua
nel secchio, reazione
centrifuga sulla mano

L'oss. solidale con il secchio vede una forza
centrifuga apparente che schiaccia l'acqua in fondo
al secchio

Leggi di Forza

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

non e' utile se non conosco una Legge di forza che specifica la forza in dipendenza da parametri che descrivono l'interazione tra il corpo di massa m e l'ambiente (o sistema) circostante

- Se nota $\vec{F} \implies$ Eq. del moto e soluzione
- Se osservo $\vec{a} \implies$ Posso trovare la forma di $\vec{F}$ per via empirica

Leggi di Forza:

1) Fondamentali: riconducibili a proprietà iniducibili della materia

- * Gravita'
- * F. elettrica
- * F. debole
- * F. Forte

2) Empiriche: riconducibili a forze fondamentali, ma in configurazioni troppo complesse per essere specificate a partire da esse in modo analitico

(2)

le leggi empiriche sono comunque espresse in forma analitica, ricavata per via empirica, in dipendenza da parametri detti che descrivono l'interazione corpo - ambiente - Esempi:

- Attrito
- F elastica

(in ultimi analisi dipendono da forze elettriche)

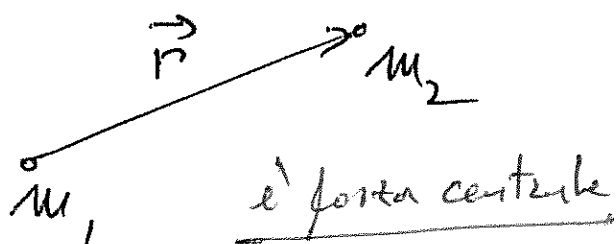
3) Forze di contatto
Reazioni vincolari: non specificano la forza in modo completo, ma non possono essere ignorate poiché influenzano le condizioni dinamiche e statiche di un corpo - Esempi

- Forza Normale
- ~~Forza~~ Tensione dei fili
-

Esempio di Forza Fondamentale : Gravitazione

(3)

$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$



Espressione ricavata a partire dall'osservazione dei moti (accelerazioni) dei pianeti -

Sulla superficie terrestre : Forza peso ^{→ osservazioni dopo salire di punto!} (empirica)

- Osservazione (empirica) : tutti i corpi cadono (verso il basso) lungo la direzione "verticale" con la medesima accelerazione $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
- Da $\vec{F} = m\vec{a}$ inferita l'espressione empirica per la forza peso :

$$\vec{F}_p = -mg \frac{1}{\cancel{x}}$$

$\frac{1}{\cancel{x}} = \text{direzione verticale}$

Nota: la direzione "verticale" è definita dalla direzione della forza peso (= direzione del filo a Pb)

La verticale non è una direzione fissa, ma dipende dal punto in cui ci si trova sul globo
* tenetene

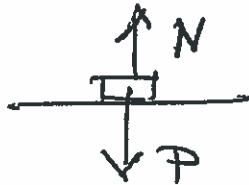
Reazioni vincolari (esempi)

4

1) Forza normale

* Forza di contatto esercitata da una superficie piana (o più in generale da un vincolo) QUIDA che impedisce il moto in una direzione -

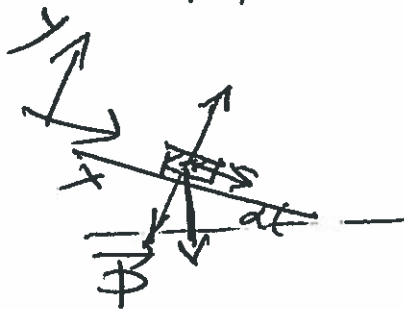
Es. 1



$$\vec{N} = -\vec{P}$$

per un piano orizzontale

Es. 2



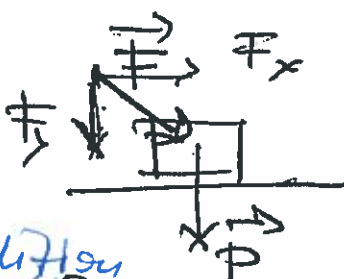
$$\vec{N} = P \cos \alpha \hat{u}_y$$

$$P \sin \alpha = m a_x$$

Il vincolo impedisce il moto $\perp$ al piano, ma non il moto tangente al piano (o vice del piano, se ci poniamo fuori)

$\Rightarrow$ L'intensità di $\vec{N}$ dipende dalla configurazione

Es. 3



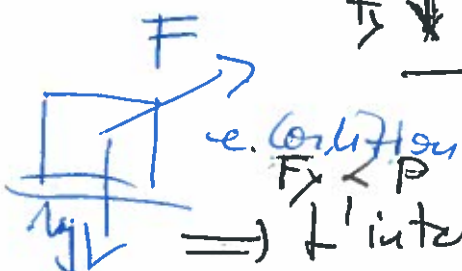
$$N = F_y + P > P$$

$$F_x = m a_x$$

Es. 4



Aggiungi
in caso
dinamico
F



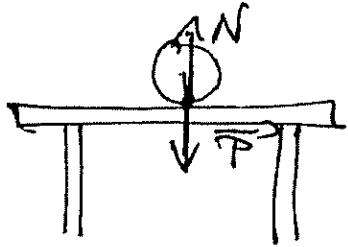
$\Rightarrow$ L'intensità dipende da F e P e da $F < m_y$ dalla RISULTANTE delle FORTE NORMALI

Es. 5
Es. 6

10)
La forza normale è una forza di contatto
che il piano esercita sulla ~~testa~~ biglia

Es. 4 Azione e reazione e forza di
contatto. $\rightarrow$ Moto notevoli: immoto

$$\vec{P} = -\vec{N}$$



Biglia ferma, ma $\vec{N}$ non
è una forza di reazione, $\vec{P}$

In effetti $\vec{N}$ e $\vec{P}$ agiscono sullo stesso corpo

La reazione a $\vec{P}$ è la forza che la palla esercita
sulla terra, la reazione a $\vec{N}$ è una forza di
contatto che la palla esercita sul tavolo

Le forze di contatto sono ~~legate~~ ^{collegate} alle forze
di coesione elettrica tra gli atomi. Aumentando
il peso della palla, aumenta la forza normale
per bilanciare la spinta, fino al limite statico
ove il tavolo si rompe, non potendo compen-
sare lo sfondo

Dop

GUIDA ORIZZ. $\vec{N} = m \vec{a}_c = -m\omega^2 R \hat{u}_r$



GUIDA VERT. $\vec{N} + \vec{P}_N = -m\omega^2 R \hat{u}_r$

$\vec{P}_T = m \vec{a}_T$



* Se la dipia rimane attaccata alla guida $\rightarrow N \geq 0$ (Altrimenti si stacca, vedi caso precedente in piano)

TOP: $N = 0$ just $\Rightarrow m_f = m\omega^2 R$

$\omega^2 = \frac{R}{g} \rightarrow \frac{v^2}{R} = g \quad v_{top} = \sqrt{Rg}$

BOTTOM: $v_b^2 = v_t^2 + 2g\Delta h$

$v_b^2 = v_t^2 + 4gR$

(relazione per moto vert. unif. accelerato)

Si capisce con conservazione dell'energia