

Richiamo

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

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

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v}'}{dt} = \vec{a}' \quad \left(\frac{du}{dt} = 0\right)$$

Lezione 3

DINAMICA

NOTA  $dt = dt'$  ← TEMPO ASSOLUTO: Intervallo di tempo indip. dall'osservatore

Si occupa del moto dei corpi a partire

FORZE applicate ad essi.

Per modificare lo stato di un moto (fermare,

mettere in movimento, accelerare, decelerare) bisogna

intervenire con una azione dall'esterno.

→ modificare  $\vec{v}$

nozione primordiale: - sforzo muscolare  
- vento, acque  
→ forze dell'esterno  
EFFETTI STAT/DIN.

⇒ 1° PRINCIPIO DELLA DINAMICA  
(Principio di inerzia)

Un corpo non soggetto ad interazione con l'esterno o soggetto ad interazioni che si annullano vicendevolmente conserva indefinitamente il proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme (non rotazionale)

QUIETE  $\equiv$  Velocità costante (combinamento di  $\vec{v}$ )

Non è intuitivo: A causa dell'attrito non ci sono moti che mostrino "naturalmente" queste caratteristiche

- Visione aristotelica: È necessaria un'azione esterna (FORZA) per mantenere un corpo in movimento (non aveva codificato l'attrito)

- Visione Newton-Galileo: Attrito = forza (opposta allo spostamento)

DOMANDA ARISTOTELE: COSA MANTIENE IN MOTO UN CORPO?  
DOMANDA COPERNICANA: COME FA FERMARE IL CORPO?

Principio di inerzia e identità di stati quiete e moto  
 rettilineo unif. legati all'inerzia dir. per oss. notozett.  
 (leggi di Galileo)

Validità del 1° principio

La scelta di un sistema di riferimento deve essere specificata:

1. Le ~~leggi~~ <sup>equazioni</sup> cinematiche sono definite rispetto ad un sistema di riferimento

[ Dunque  $\vec{v} = \text{cost}$  per un osservatore può non valere per un altro osservatore ]

MA TRASF. DI GALILEO:  $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u} \Rightarrow \frac{d\vec{u}}{dt} = 0 \text{ e } \vec{v} = \text{cost} \Rightarrow \vec{v}' = \text{cost}$

2. Non tutti gli osservatori riconoscono

le ce n'è uno  
 ce ne sono  
infiniti

il 1° principio - Si dicono INERTIALI

gli osservatori per i quali vale il principio di inerzia  $\Rightarrow \frac{d\vec{u}}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0$

Composizione velocità:  $\vec{v} = \vec{v}' + \vec{u}$

Es. Un osservatore su una giostra vede gli oggetti a terra, per non soggetti a forze (trascuriamo l'azione gravitazionale della terra e la reazione vincolare del suolo) percorrere traiettorie compatte -

L'osservatore sulla giostra non è inerziale poiché subisce l'azione (centripeta) che lo vincola al moto della giostra.

Nelle pratiche  
 FAI SEMPRE

Un osservatore inerziale è privo di interazioni con l'esterno.  $\rightarrow$  Stelle fisse buona approx.

## Secondo principio:

Cosa accade ad un oggetto non libero da interazioni con l'esterno? Come si muove?  
quali caratt. del moto può avere all'atomo

- x Caratteristiche dell'oggetto  $\rightarrow$  massa
- x Caratteristiche dell'ambiente  $\rightarrow$  Forza
- x Leggi che correlano le caratteristiche

L'azione dell'ambiente su un oggetto è descritta in termini di FORZA (grandezza fisica)

Una forza determina:

- Effetti dinamici  $\rightarrow$  variazioni del moto (accelerazione)
- Effetti statici  $\rightarrow$  deformazioni degli oggetti

Qs. effetti consentono di arrivare ad una definizione operativa della forza (grandezza misurabile), ma prima di procedere accettiamo un'idea qualitativa e studiamo le caratteristiche dell'effetto

## LA MASSA

- x Oggetti diversi sottoposti all'azione della stessa forza (e non altro) subiscono accelerazioni differenti -
- x Modificando l'intensità della forza (sperimentalmente) si osserva che il rapporto tra le accelerazioni subite da corpi diversi rispetto ad un corpo scelto come riferimento è indipendente della forza :  $\left[ \frac{a_0}{a_1} = \frac{a_0'}{a_1'} \right]$  per  $F$  e  $F'$  che agiscono su 1 e 0
- x Esiste dunque una proprietà dei corpi, che chiamiamo massa inerziale, che esprime l'inerzia dei corpi al movimento
- x Scegliendo come massa campione la massa  $m_0$  ~~1 kg~~ definita del campione di platino-iridio del museo di Sevres, possiamo definire la massa dei corpi tramite:

$$m_{\#} = m_0 \left( \frac{a_0}{a_{\#}} \right) \quad \text{DEF. OPERATIVA DI MASSA}$$

L'unità di misura nell' SI è 1 kg

Qs. rapporto è indip. dalla forza, dunque abbiamo

## LA FORZA

Avendo chiarito il concetto di massa e data una sua definizione operativa, possiamo sfruttare gli effetti dinamici delle forze per definire un'unità di misura ed un metodo di misura (definizione operativa di grandezza fisica) —

~~Scegliamo l'unità di misura della forza~~

Diciamo forza unitaria (1 N nel S.I.) quella che determina un'accelerazione di  $1 \text{ m/s}^2$  del corpo campione di massa  $1 \text{ kg}$

Cioè :

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$$

$$[F] = [M][L][T^{-2}]$$

La scala delle forze è ~~definita~~ definita dal misura delle accelerazioni che imprimono sul corpo campione.

La forza è predefinita vettoriale — con direzione e verso definiti rispettivamente da quelli dell'accelerazione che imprimono

## Enunciato del II principio della dinamica

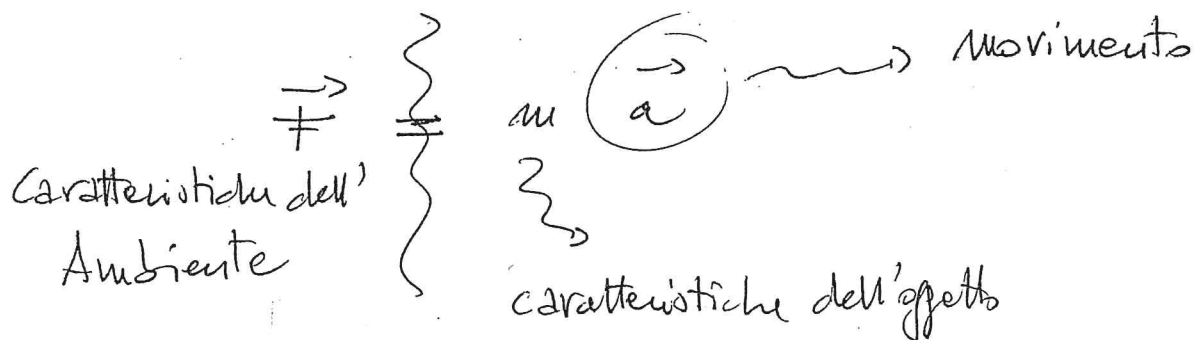
Sfruttando la definizione di massa di un corpo generico di massa  $m$

$$m = m_0 \frac{a_0}{a}$$

o la definizione di forza  $\vec{F} = m_0 \vec{a}_0$  e  
dall'osservazione sperimentale che la stessa forza  $\vec{F}$  determina un'accelerazione  $a$  su  $m$  compendiate nella definizione di massa, si deduce la relazione generale

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

Legge fondamentali della dinamica



> Più in generale

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

1) Perché la legge di Newton sia utile e necessario conoscere l'espressione della forza  
 $\vec{F} \rightarrow$  moto

2) PAY ATTENTION TO FORCE  $\rightarrow$  FIND IT  
Programma di lavoro: studiare i moti terre  
a conoscere le forze e caratterizzare l'ambiente  
e definire le leggi di Forza

Oss. Nello studio della cinematica abbiamo introdotto alcune osservabili per aiutarci a caratterizzare il moto. Ci siamo fermati all'accelerazione. Perché?  
L'interpretazione dinamica del moto (Il teorema di Newton) ci dice che l'acce. è la grandezza dinamicamente interessante  
 $\rightarrow$  rivela la forza  
 $\rightarrow$  rivela le proprietà dell'ambiente

Newton ha specificato alcune leggi di Forza (gravitazione) e cercato di caratterizzare le forze in generale, quando non se ne può conoscere di più, con ~~tal~~ il terzo principio.

## Leggi di forza

- 1) x Forza gravitazionale  
Caratt. ambiente : masse, distante
  - 2) x Forza elettromagnetica  
: carica, distante, moto
  - 3) x Forza debole
  - 4) x Forza forte
- } su scala subatomica  
resp. radioattività, coerenze nucleare

x Studio ~~meccanica~~ Fenomeni macroscopici 1) e 2). Gravitazione solo su larga scala

+ LEGGI EMPIRICHE (manifestazioni macroscopiche delle proprietà elettriche della materia atomica)

x Attrito (e forza viscosa)

x Forza elastica

x Forze di contatto (tensione / forza normale)

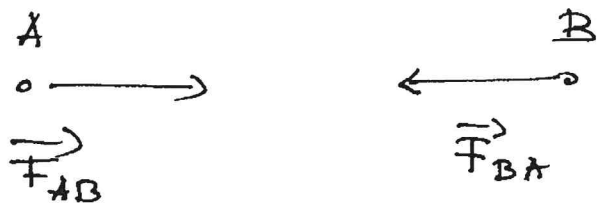
---

Problema diretto    moto  $\rightarrow$  Forza  
                          inverso    Forza  $\rightarrow$  moto



## Principio di azione e reazione III legge

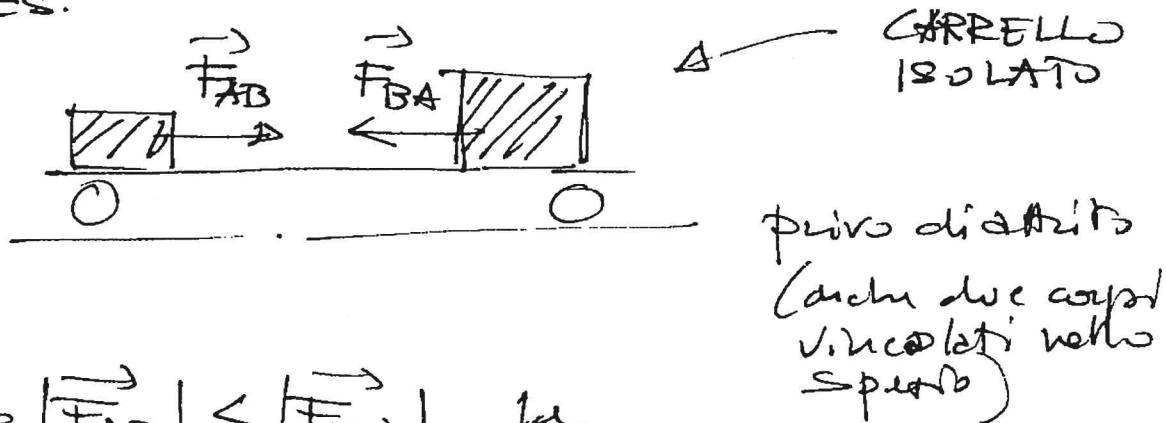
Consideriamo due corpi soggetti alla mutua interazione (A è "ambiente" di B e viceversa)



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

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

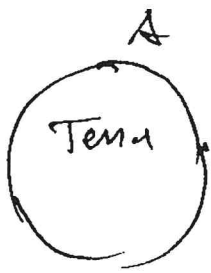
Es.



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

• Utile nell'analisi di alcuni problemi e nell'analisi cinematica di sistemi isolati (conservazione della quantità di moto)

Alcuni esempi :



B  
mela

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

Il moto della Terra e'  $\vec{F} = M_T \vec{a}_T$   
 e' 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

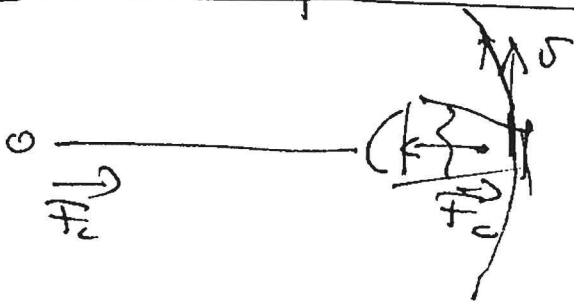
$$M_{Sole} \gg M_{Terra}$$

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

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

\* Sole e' un riferimento inerziale  
 migliore della Terra

Forza centripeta e centrifuga



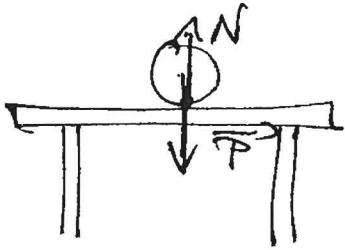
Forza centripeta sull'acqua  
 nel secchio, reazione  
 centrifuga alla mano

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

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

Es. 4 Azioni e reazioni a forza di contatto.  $\rightarrow$  Moto normale: immoto

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



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

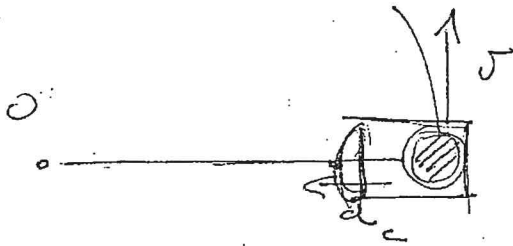
Infatti  $\vec{N}$  e  $\vec{P}$  agiscono sullo stesso corpo

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 <sup>date</sup> ~~legate~~ 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 compensare lo sfato.

## ESEMPIO NOTEVOLTE

in un secchio  
Palla trattenuta  
da una corda



$$F_c = m \vec{a}_c \quad \text{azione}$$

Sul vincolo (mano) agisce una  
forza centrifuga (reazione)

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

Non esiste una forza centrifuga sulla secchio e  
palla. Se si taglia il vincolo

~~la palla~~ scappano via tangenzialmente  
con moto rettilineo uniforme

serve per la sedimentazione

NOTA: UN OSSERVATORE SOLIDALE  
CON ~~LA PALLA~~ <sup>IL SECCHIO</sup> NON E' INERZIALE  
E VEDE UNA FORZA CENTRIFUGA  
APPARENTE AGIRE SULLA PALLA  
E TENERLA IN FONDO AL SECCHIO