

# Meccanica dei solidi

**3 distinte sezioni:**

- **Cinematica**
- **Statica**
- **Dinamica**

[www.fisiokinesiterapia.biz](http://www.fisiokinesiterapia.biz)

# Cinematica: la geometria del movimento

- Descrive il movimento che un corpo può compiere **indipendentemente dalle cause che determinano il movimento stesso**. Non prende cioè in considerazione le forze che determinano il movimento dell'oggetto
- Studia il tipo di movimento in termini di **tempo, spazio, velocità, accelerazione**.

# Cinematica: suddivisione in capitoli

concetti di spostamento e traiettoria, velocità ed accelerazione e si studiano i **vari tipi di moto**:

- *rettilinei, curvilinei, piani, sferici* a seconda che la traiettoria appartenga ad una retta, ad una curva, ad un piano, ad una superficie sferica
- *uniformi* se la velocità è costante
- *uniformemente vari* se è costante l'accelerazione
- *armonici* se la relazione tra spazio e tempo è di tipo sinusoidale ( pendolo)

# Cinematica

- **Moto rettilineo**
- **Moto curvilineo od angolare**
- **Movimento a pendolo**

Il movimento può svolgersi in linea retta (**cinematica lineare**) o attorno ad un punto fisso (**cinematica angolare**).

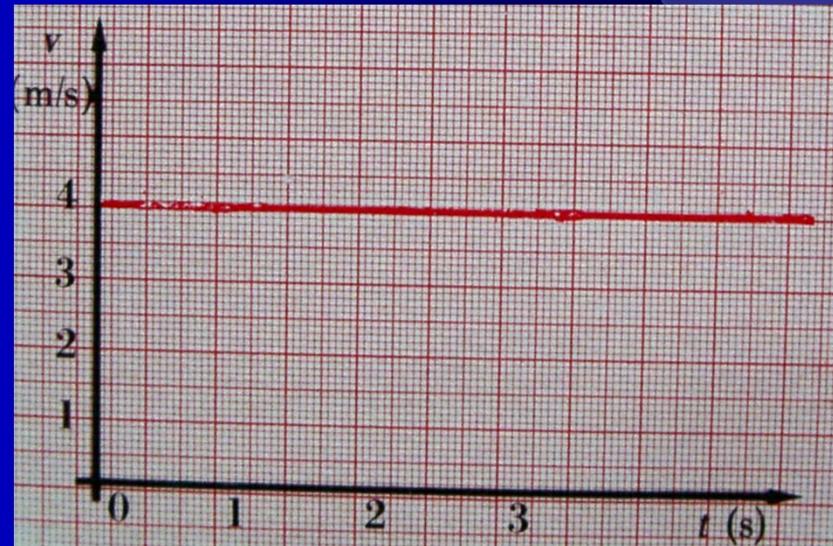
# Moto rettilineo

- **Uniforme:** quando un corpo in movimento compie spazi uguali in tempi uguali.  
la velocità è costante
- **Vario:** quando un corpo in movimento percorre spazi disuguali in tempi uguali.  
la velocità varia continuamente. (*moto della realtà. Esigenza di  $v$  media*)

# Moto uniforme

- Quando un punto si muove lungo una traiettoria senza che la sua velocità si modifichi
- Quando la velocità è costante
- Il modulo della velocità media è sempre uguale a quello della velocità istantanea

**Modulo:** valore numerico della velocità



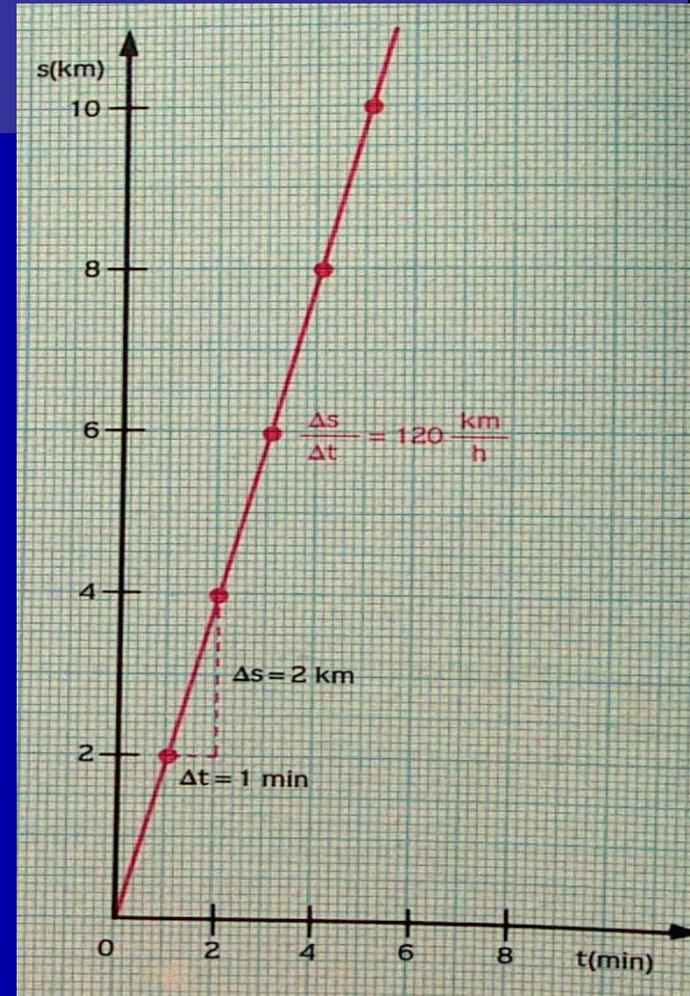
## Moto uniforme

- Quando un punto si muove lungo una traiettoria senza che la sua velocità si modifichi

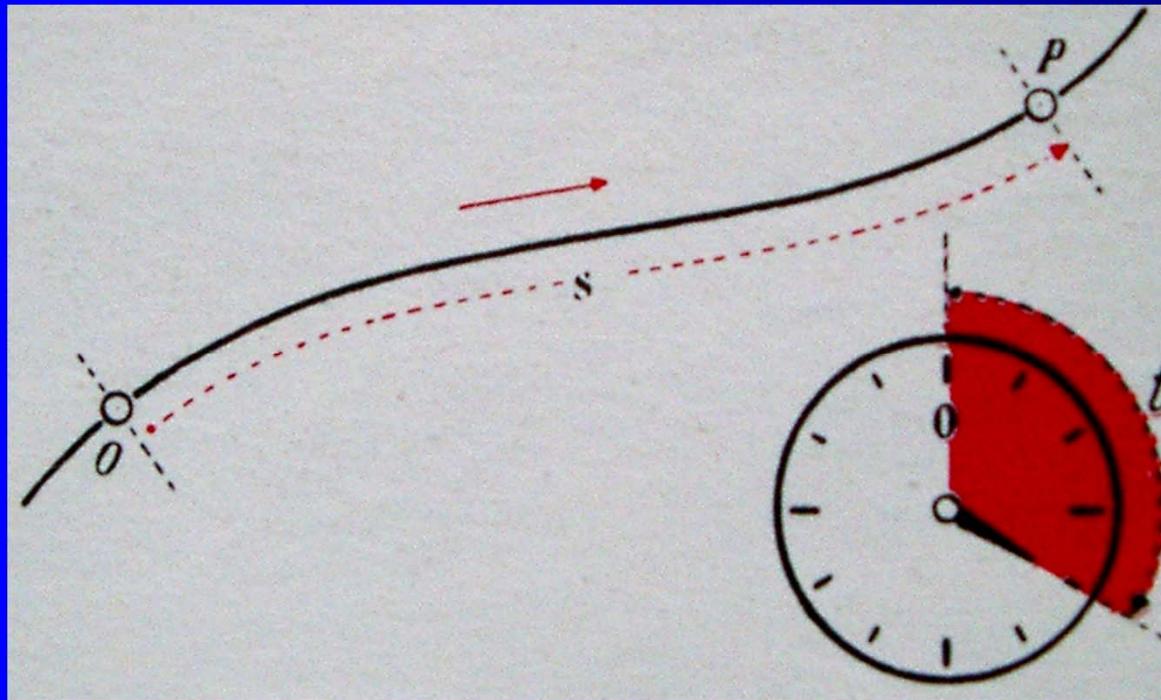
*Moto teorico: luce, suono, movimento delle stelle*

Il rapporto tra spazio percorso ed il tempo impiegato a percorrerlo è costante  
 $s / t = \text{costante} = v$  del moto rettilineo  
uniforme

Moto rettilineo  
uniforme



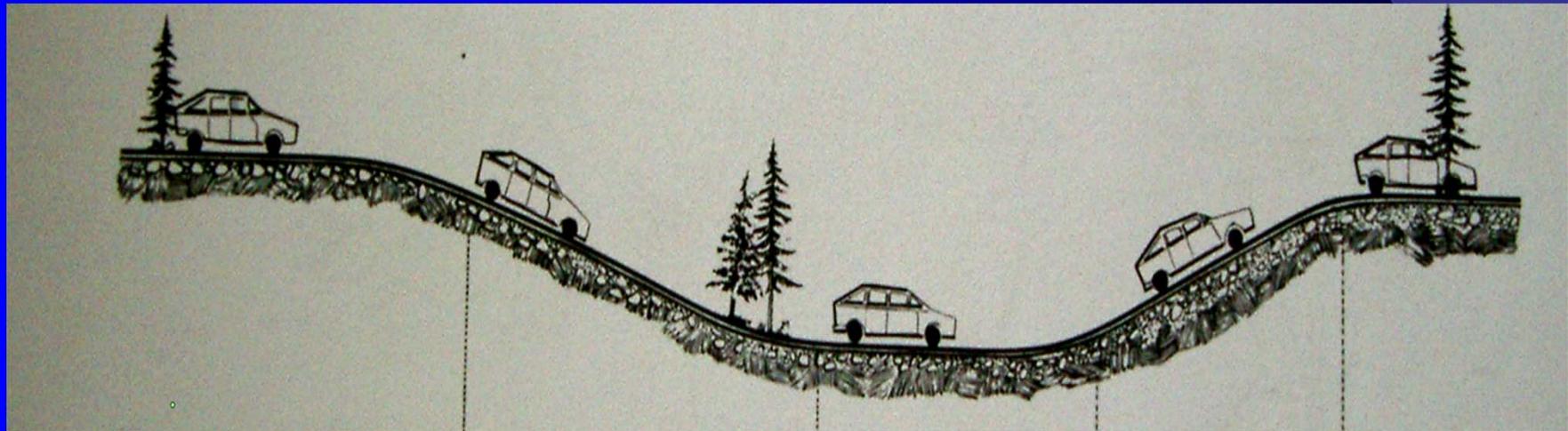
- In fisica la velocità media esprime la distanza percorsa nell'unità di tempo
- Unità di misura della velocità sono il metro al secondo (sistema MKSA)



$$V_m = s / t$$

# Velocità istantanea

- **Velocità che un corpo in moto ha in ogni istante**
- **La velocità istantanea di un'auto è quella indicata dal tachimetro**
- **Grandezza vettoriale in funzione del tempo.**

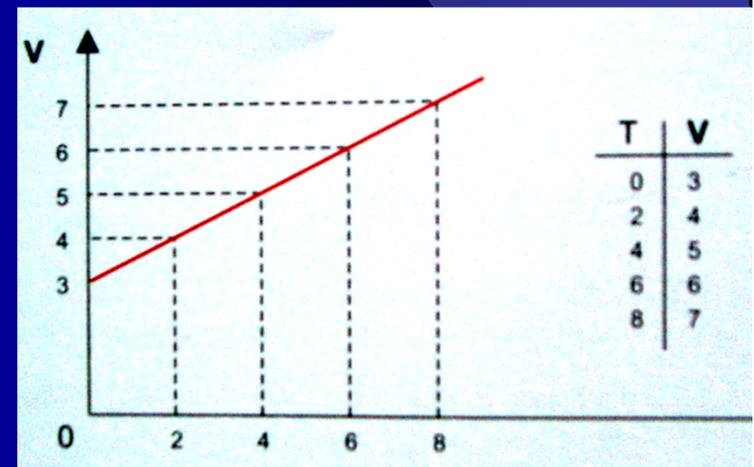
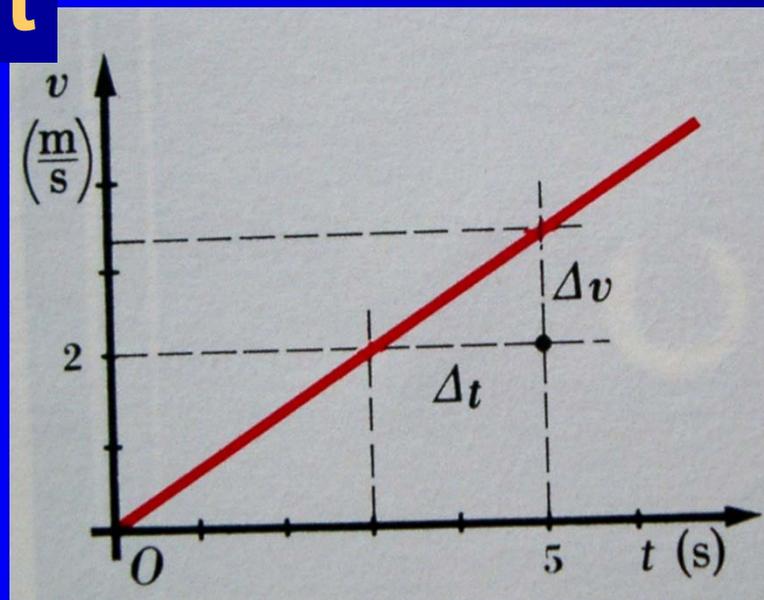


- La variazione di **velocità** è una grandezza denominata **accelerazione**.

$$v = a \cdot t$$

$$v = v_0 + at \quad (v_0: \text{velocità iniziale})$$

$$a = v / t$$



- **L'accelerazione può essere diretta**
  - \* **nello stesso senso del movimento :  
velocità crescente**
  - \* **nel senso contrario: velocità decrescente**

# Moto rettilineo uniformemente vario

- Quello nel quale l'accelerazione è costante
- Le variazioni di velocità che avvengono nelle successive unità di tempo sono uguali
- **Uniformemente accelerato**: se la velocità aumenta
- **Uniformemente ritardato**: se la velocità diminuisce

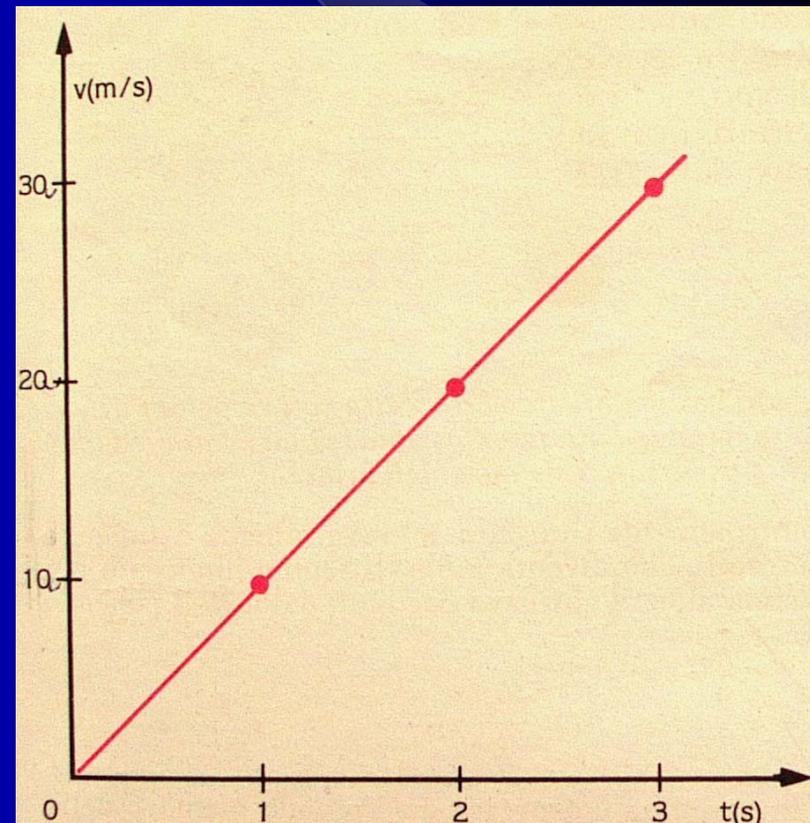
- Quel movimento che esprime la **caduta di un corpo qualsiasi nel vuoto**.

Tenendo presente che l'aumento della velocità in ogni secondo è espresso dal numero  $a$  che misura l'*accelerazione* del punto si ha che: dopo 1 secondo dall'inizio del moto la velocità è  $a$ , dopo 2 s. è  $2a$ , dopo 3 s è  $3a$ , dopo un numero  $t$  s. è  $a \cdot t$

$v = a t$        $a$  la costante che misura l'accelerazione

$t$  misura il tempo trascorso dall'inizio del moto

## Moto naturalmente accelerato



# Moto curvilineo

- **Circolare**
- **Ellittico**
- **Iperbolico**
- **Elicoidale**

Esempio più  
caratteristico: moto  
**circolare uniforme:**  
velocità costante

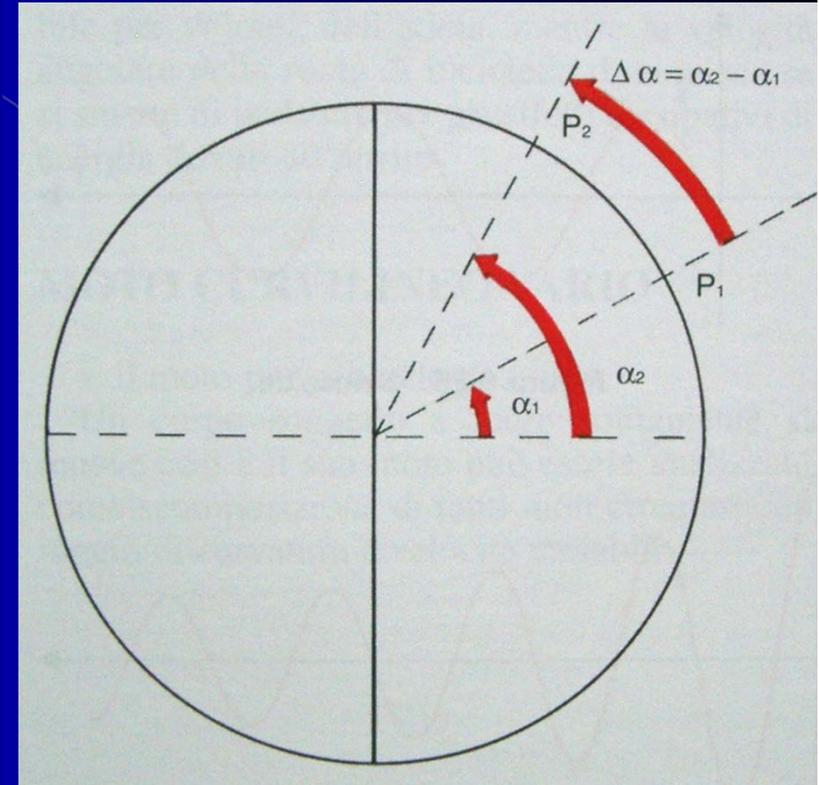
Quando un corpo  
puntiforme si sposta  
lungo una circonferenza

Un corpo in movimento  
percorre in tempi uguali  
archi di circonferenza  
uguali.

$$v = s / t .$$

$$v = 2 \pi r / t .$$

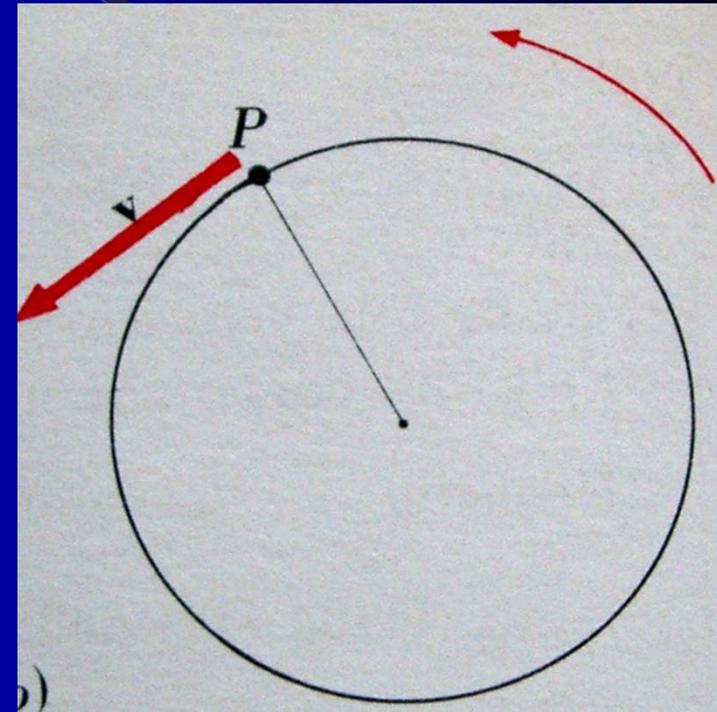
## Moto curvilineo



Il corpo compie  
un giro intero in  
1 sec



- **Periodo  $T$  del moto circolare uniforme: il tempo impiegato del punto mobile per compiere un intero giro**
- **Frequenza: numero di giri compiuti nell'unità di tempo**
- **L'unità di misura per la frequenza è lo hertz (1 Hz è la frequenza di un giro / secondo**

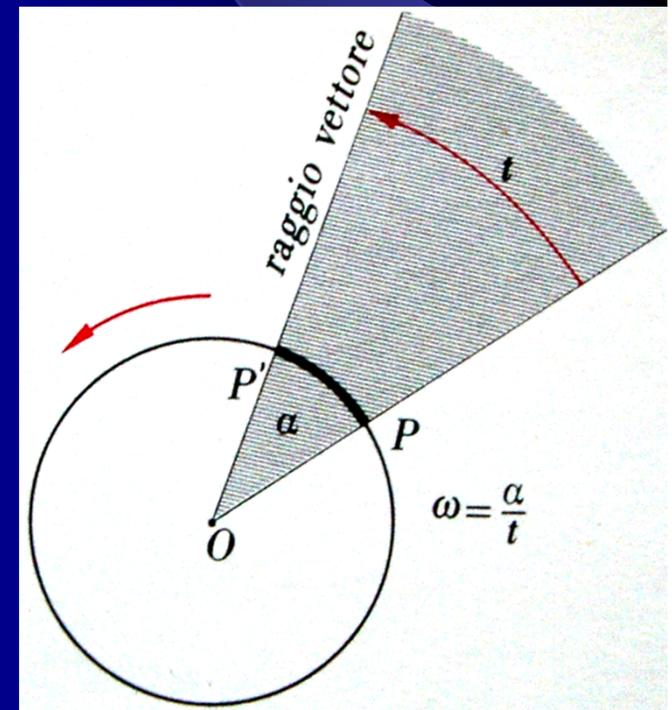
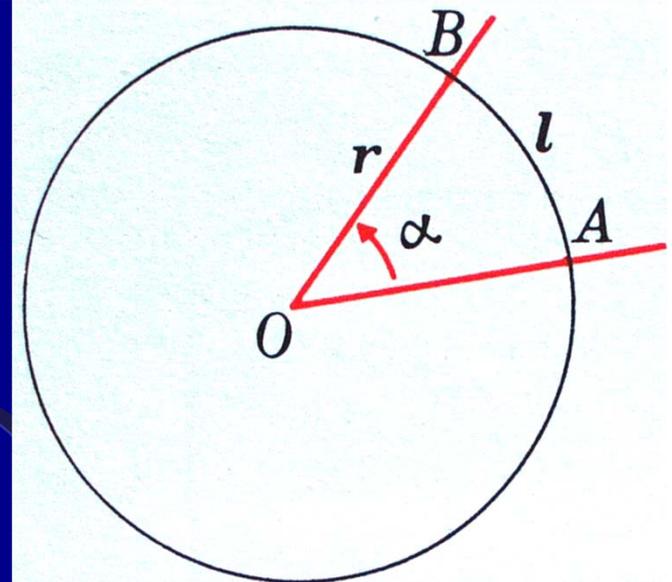


$$V = s / t ;$$

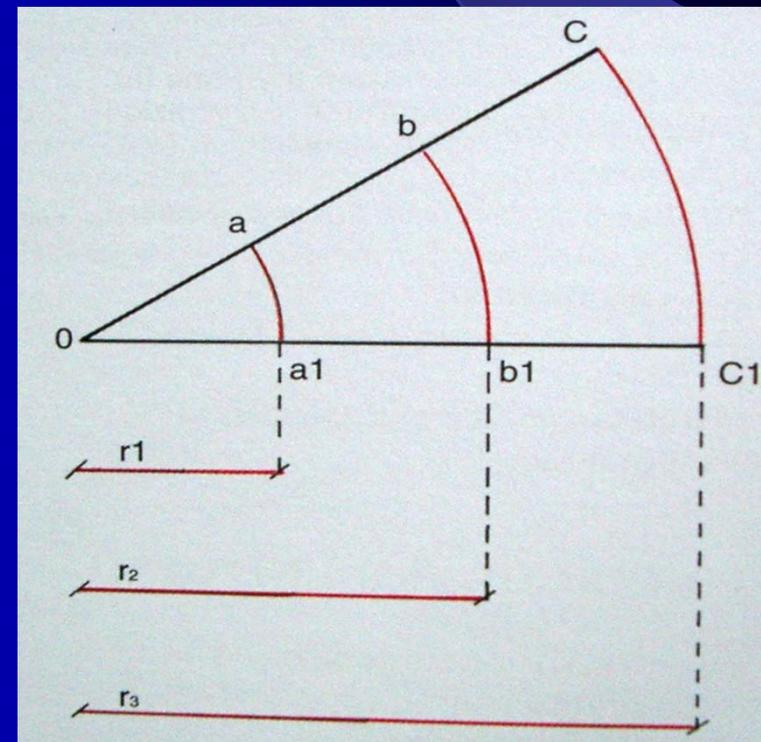
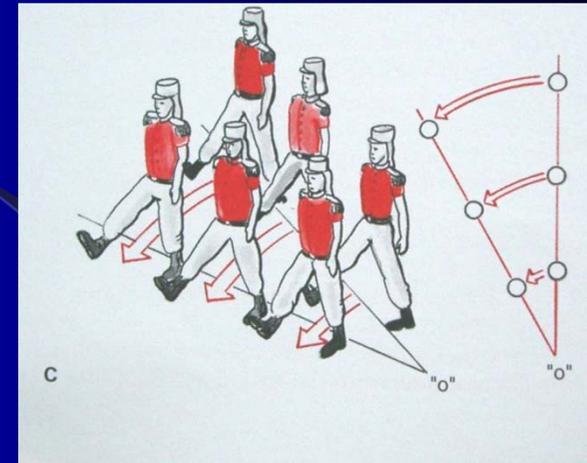
$V =$  arco di circonferenza  
percorso / tempo impiegato a  
percorrerlo

$V$  angolare = angolo al centro  
descritto dal raggio della  
circonferenza / tempo  
impiegato

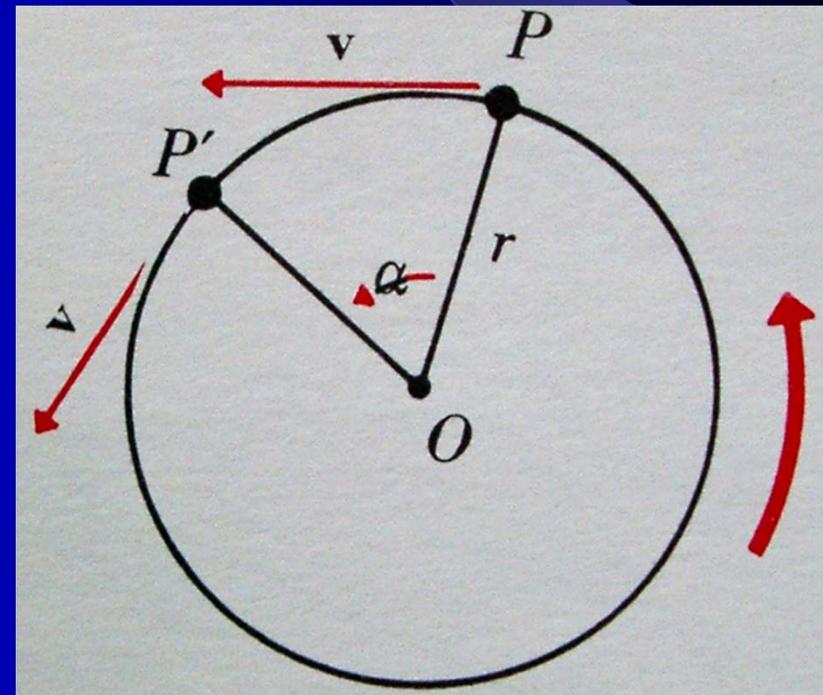
$V$  periferica = velocità angolare  
 $\times$  raggio della circonferenza



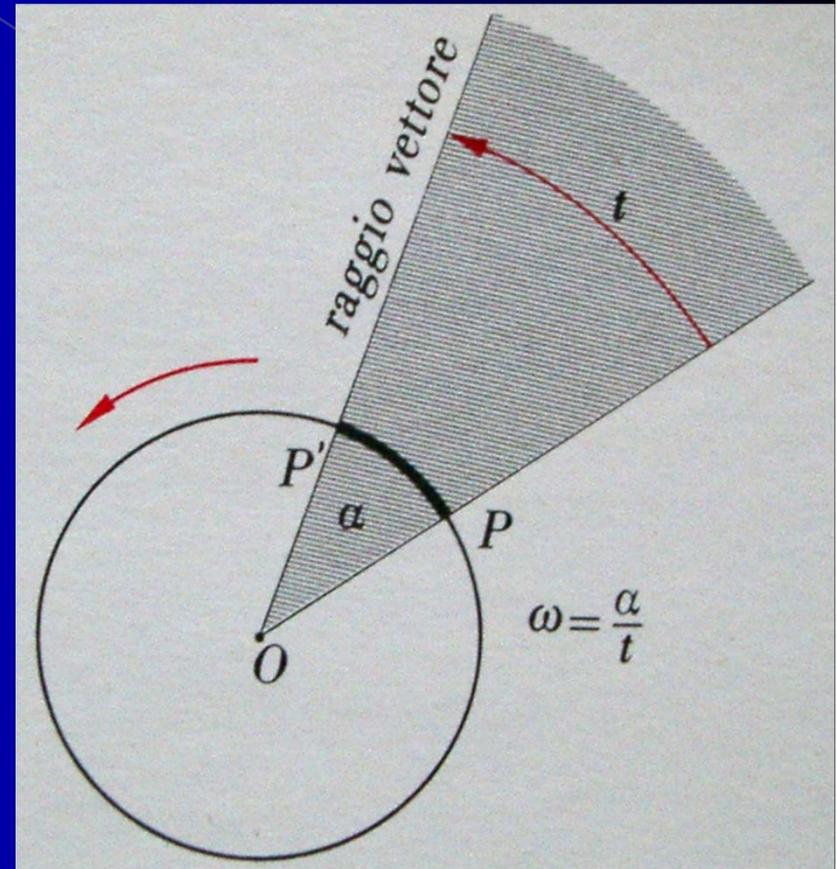
- **Velocità periferica:**  
velocità del corpo in movimento in rapporto all'arco di circonferenza percorso
- **Velocità angolare:**  
velocità del corpo in movimento in rapporto all'angolo al centro corrispondente



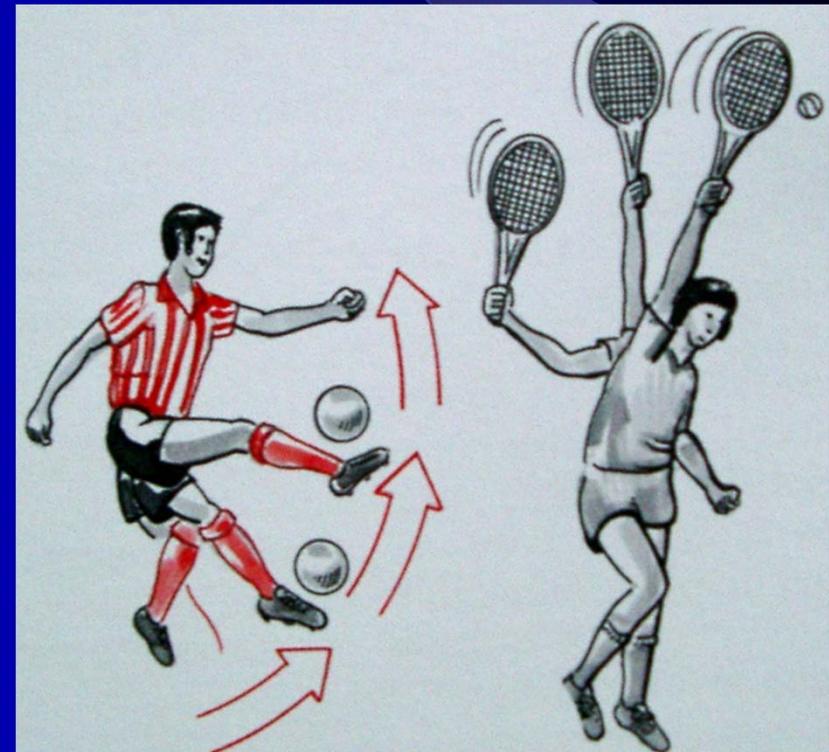
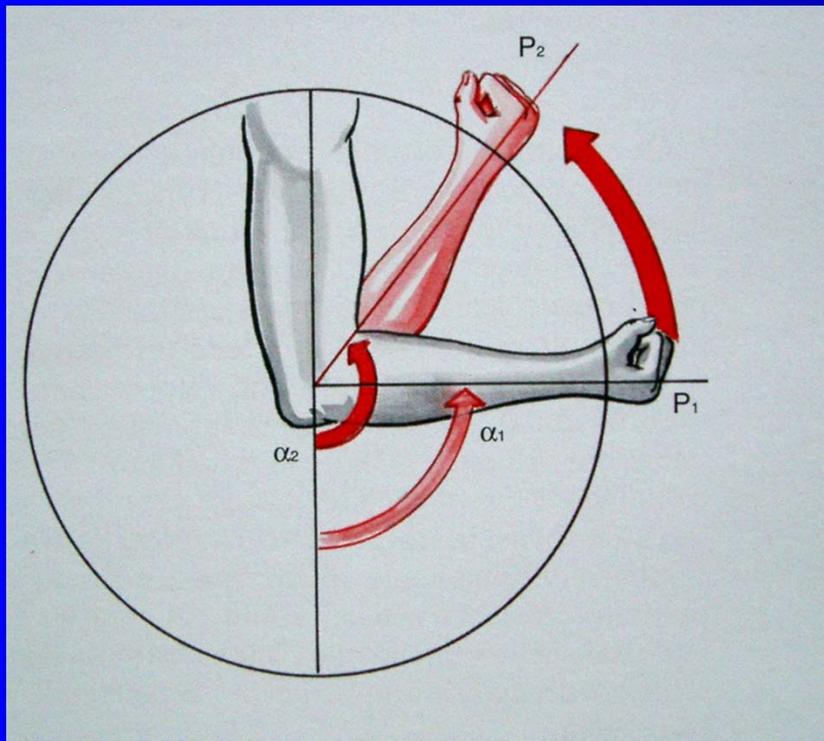
- Nei moti non rettilinei, anche se avvengono su traiettorie che giacciono su un unico piano, lo spazio e lo spostamento non coincidono più
- Quando il mobile si sposta su una traiettoria curvilinea il vettore velocità istantanea ha in ogni istante la direzione della tangente alla traiettoria nel punto occupato in quel momento : **velocità tangenziale**



- Lo spostamento del punto sulla traiettoria si può misurare dall'angolo al centro formato dai 2 raggi che congiungono al centro i 2 punti di partenza e di arrivo.
- L'angolo rappresenta lo spostamento angolare del punto. Viene misurato in radianti
- Radiante (rad): angolo al centro che sottende un arco di lunghezza uguale al raggio

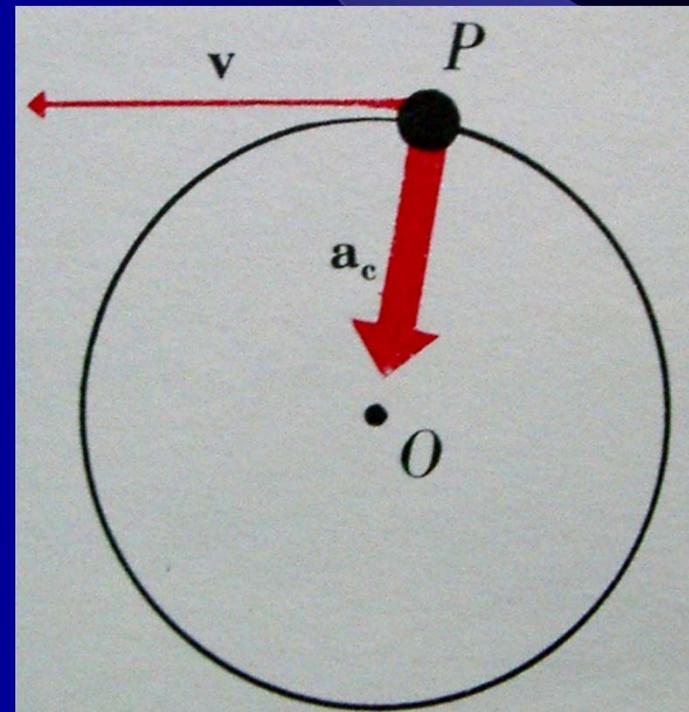


- **Nel corpo umano la velocità del movimento di un segmento scheletrico su un determinato piano è proporzionale alla ampiezza della escursione articolare ed alla lunghezza del segmento stesso**

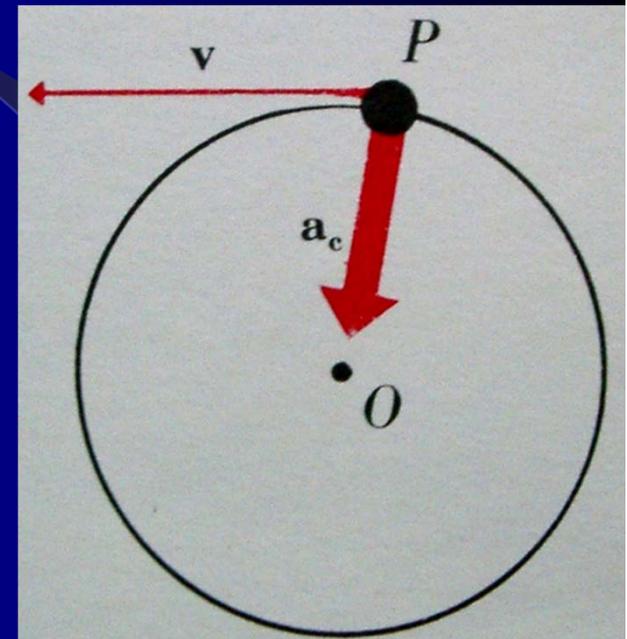


- La velocità di un punto nel moto circolare è una grandezza vettoriale caratterizzata dal modulo, direzione e verso.
- Nel moto circolare uniforme la direzione della  $v$  in un punto  $P$  della traiettoria è quella perpendicolare al raggio della circonferenza passante per  $P$  mentre il verso è dato dal verso del moto.
- Mentre la misura della  $v$  rimane sempre la stessa la direzione ed il verso variano da punto a punto: quindi vi è una variazione di  $v$  (vettoriale).

## Accelerazione centripeta nel moto circolare uniforme

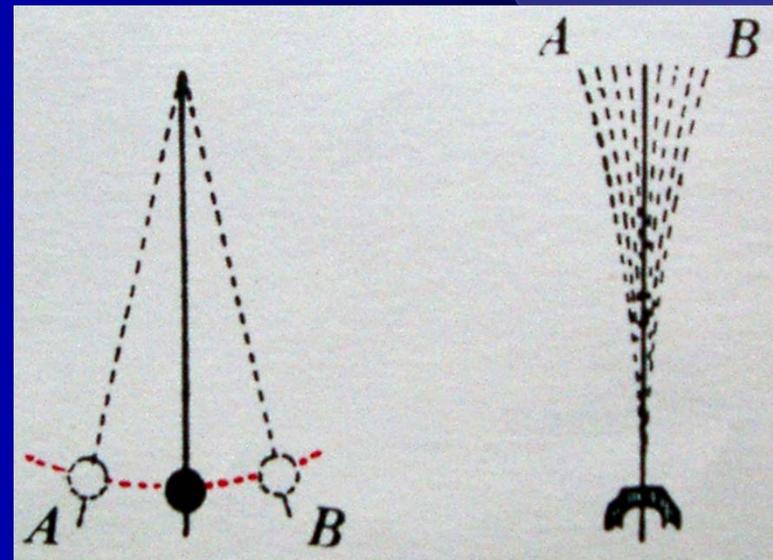


- Se esiste una variazione della velocità nel tempo esiste una accelerazione
- Nel moto circolare uniforme si ha una accelerazione dovuta unicamente alla variazione del verso e della direzione della velocità
- Si è dimostrato che l'accelerazione del moto circolare uniforme ha lo stesso modulo in ogni punto  $P$  della traiettoria, che essa ha la direzione del raggio passante per  $P$ , che il suo verso è quello che va verso il centro della circonferenza



## Moto oscillatorio

- **Moto oscillatorio: un punto che percorre successivamente nei due versi un segmento, oscillando intorno al centro di questo.**



# Moto armonico

- **I moti oscillatori importanti in natura:  
suono generato da corpi vibranti; atomi  
vibrano intono a punti fissi**

- Il caso più semplice di moto oscillatorio è il moto armonico: proiezione su un diametro di un moto circolare uniforme
- il grafico è una senoide

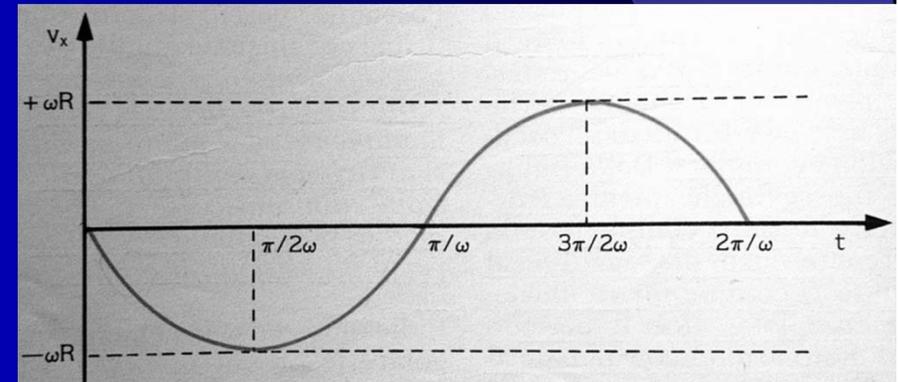
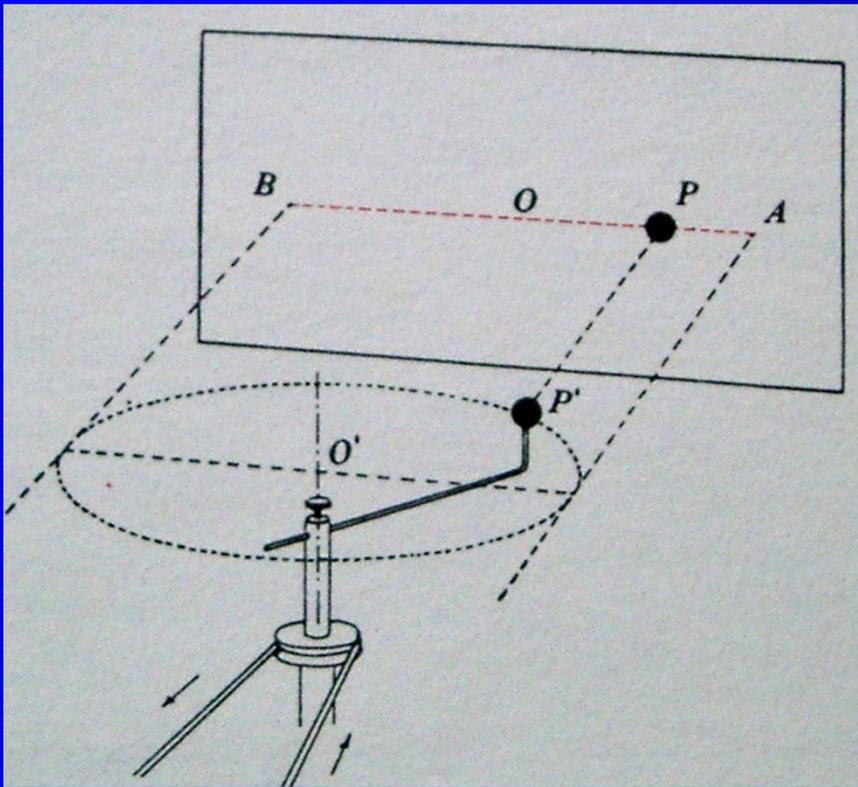
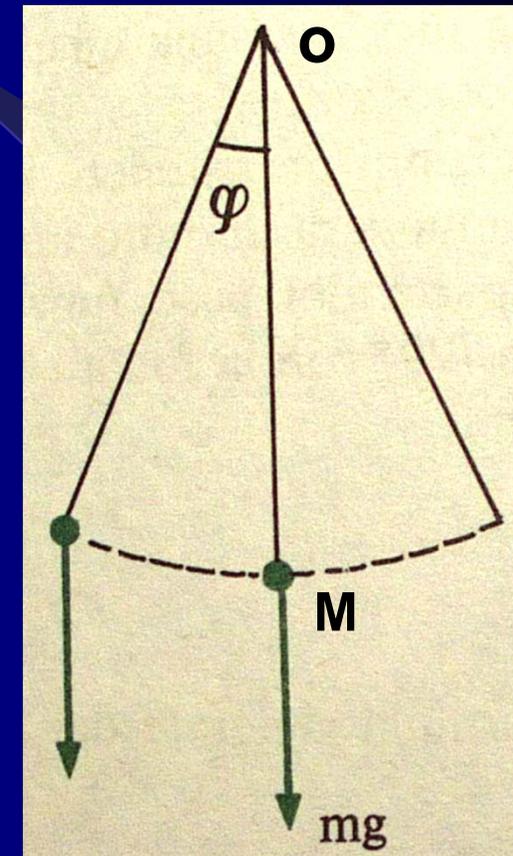


Fig. 40 - Diagramma velocità-tempo di un moto armonico.

# Movimento a pendolo

- **Centro di sospensione o vincolo: O**
  - **Lunghezza del pendolo: OM**
- E' in equilibrio quando la forza di gravità passa per il centro di sospensione**

**Posizione di equilibrio: il centro di sospensione o vincolo annulla la forza di gravità (punto M)**

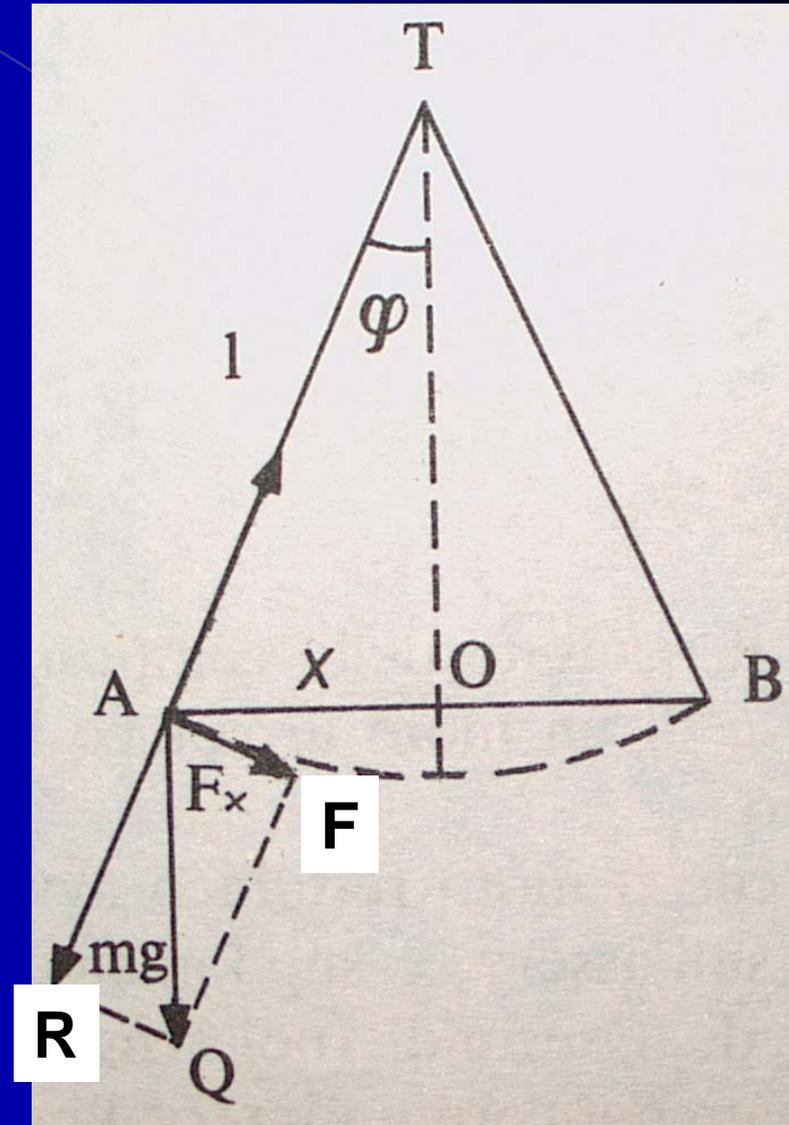


# Movimento del pendolo

- In ogni altra posizione la forza peso  $AQ$  si scompone in 2 componenti:

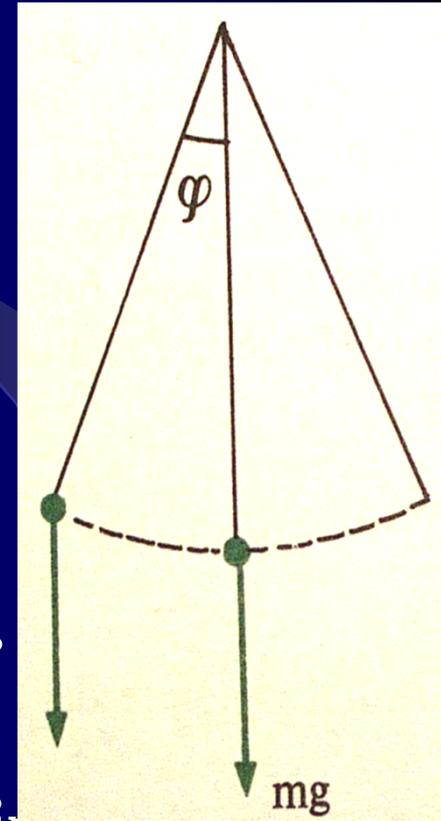
**AR** annullata dal vincolo

**AF** che esprime il moto oscillatorio



# Movimento a pendolo

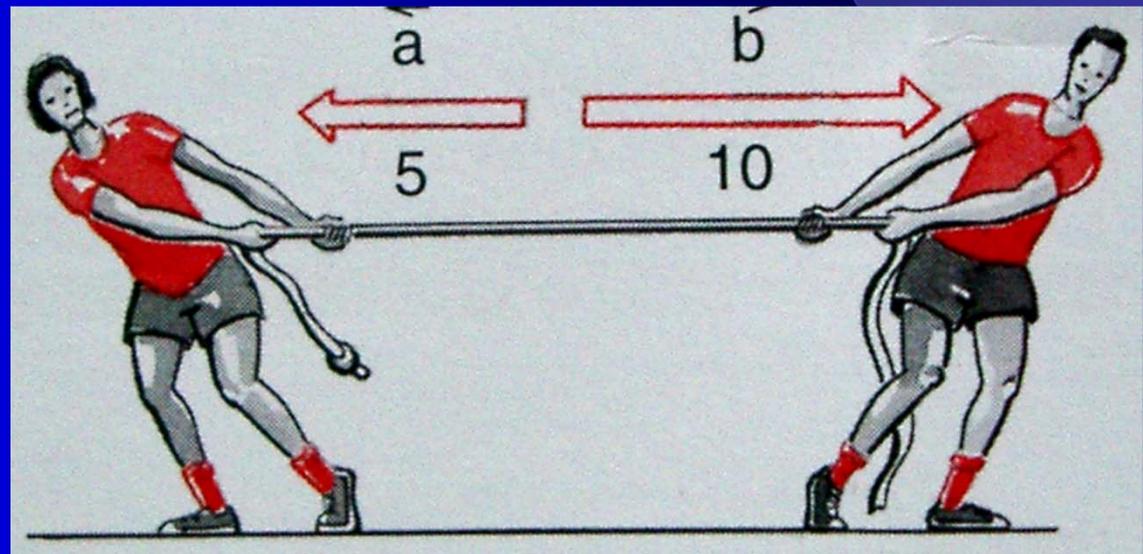
- **Oscillazione completa:** andata e ritorno al punto di partenza
- **Periodo di oscillazione:** tempo impiegato a percorrere una oscillazione completa.
- **Ampiezza della oscillazione:** arco di circonferenza descritto dal pendolo. Corrisponde all'angolo
- **Frequenza:** numero di oscillazioni in un determinato tempo. Se riferita al secondo l'unità di frequenza è lo hertz



# Statica

Parte della meccanica che studia

- le condizioni di equilibrio dei corpi
- le forze che su di questi agiscono
- le forze capaci di mantenere tale equilibrio

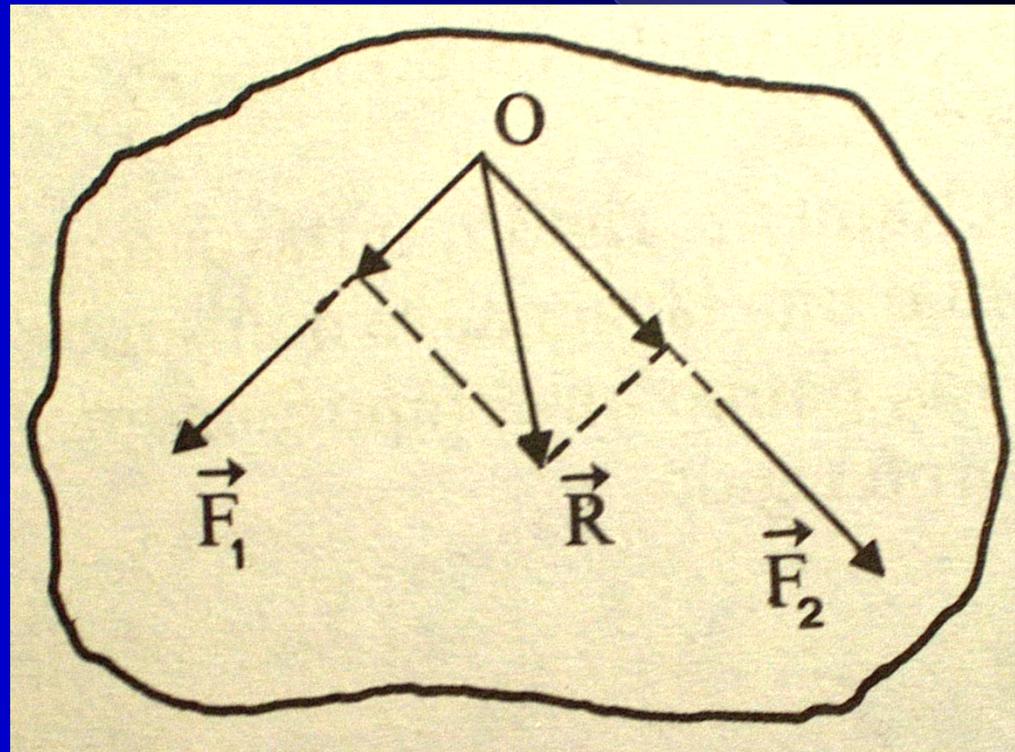


## **Corpo rigido**

- **Un corpo che sottoposto all'azione di più forze non subisce deformazioni tale cioè che la distanza tra 2 suoi punti qualsiasi rimane costante**
- **Nella realtà non esistono corpi perfettamente rigidi ma vengono considerati tali quelli che subiscono deformazioni inapprezzabili**
- **Può muoversi con moto traslatorio o con moto rotatorio o rototraslatorio**

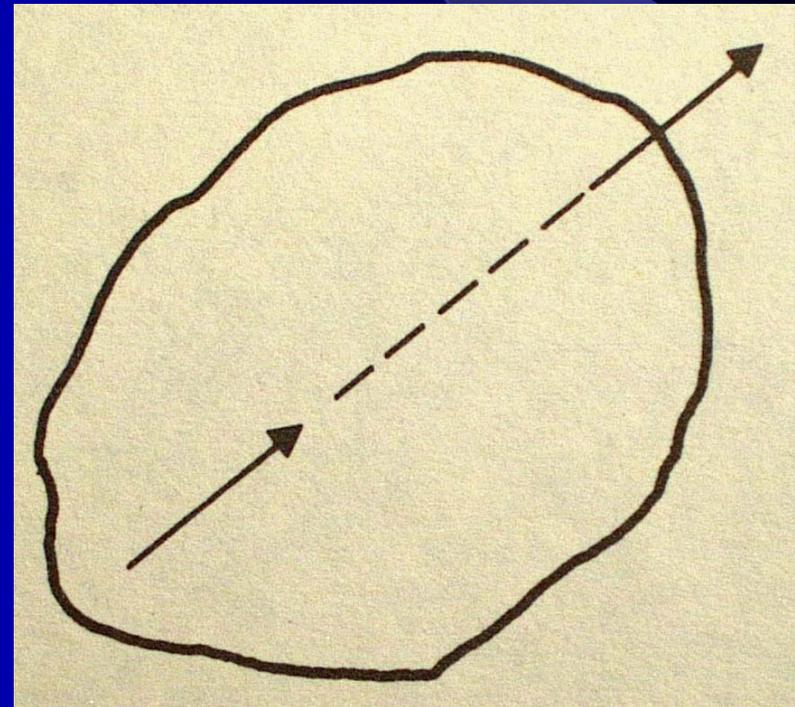
## Corpo rigido: proprietà 1°

- L'azione di 2 forze applicate nello stesso punto è equivalente alla azione della loro risultante



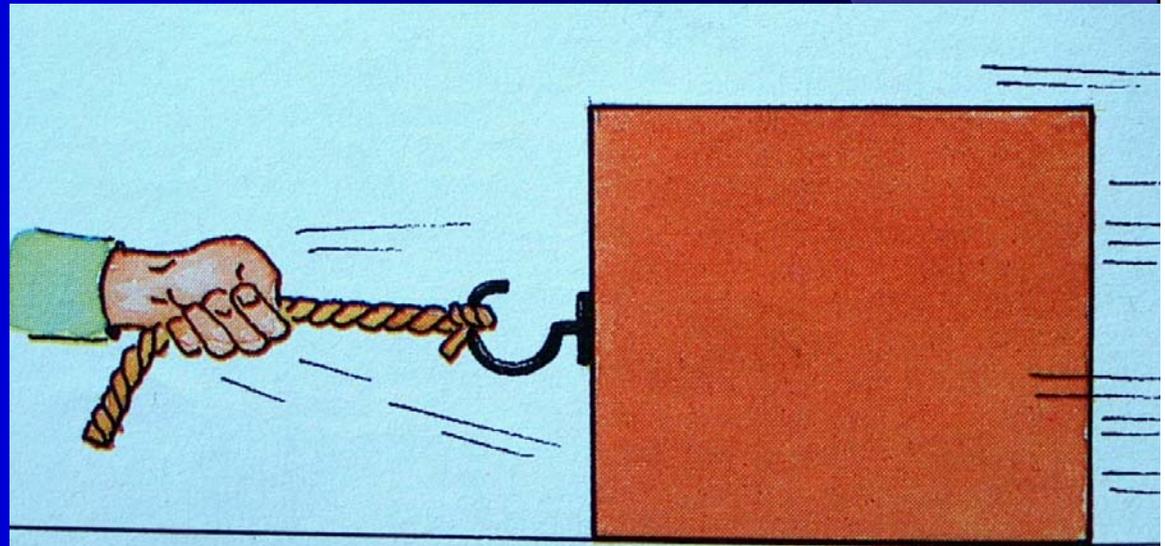
## Corpo rigido: proprietà 2°

- L'effetto di una forza su un corpo rigido non muta se la forza viene spostata in un altro punto che si trovi lungo la sua retta di applicazione



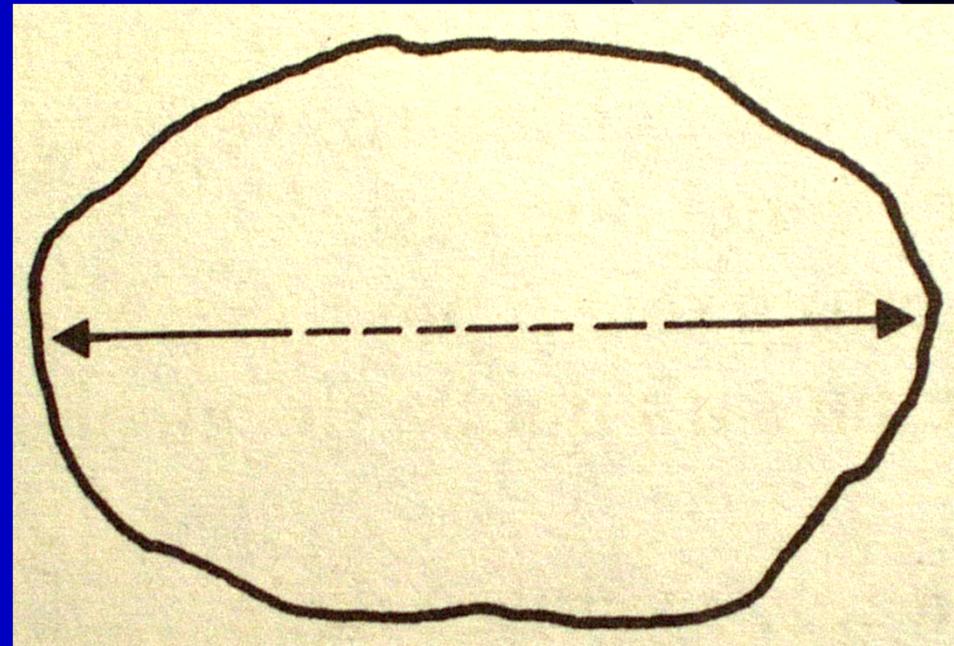
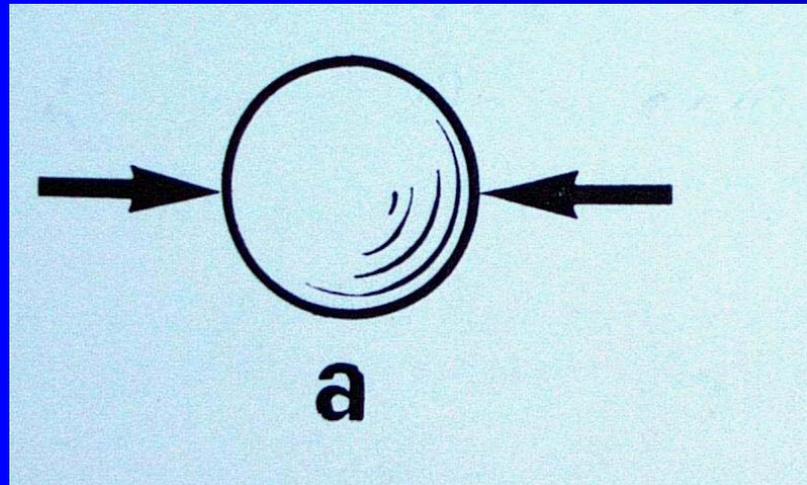
- **Gli effetti di una forza applicata ad un corpo esteso non variano se il punto di applicazione viene spostato lungo la sua retta d'azione.**

*Il moto di un carretto non si modifica sia che venga spinto che trainato purchè risultino uguali la direzione, il verso, e l'intensità della forza applicata*



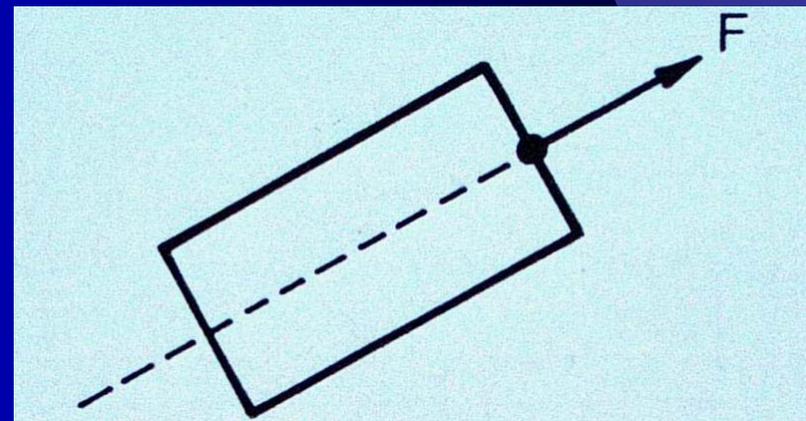
## Corpo rigido: proprietà 3°

- L'applicazione su un corpo rigido di 2 forze di pari intensità ed opposte, aventi la stessa retta di applicazione, produce un effetto nullo: **equilibrio statico**



## Moto traslatorio

- Quando il corpo nel suo complesso si sposta dal punto di riferimento ed ogni parte del corpo quindi esegue lo stesso spostamento.  
(piccole ossa del carpo, del tarso, sesamoidi)
- Si può anche dire: quando tutti i punti del corpo in movimento subiscono spostamenti uguali in grandezza, direzione, verso descrivendo traiettorie parallele tra di loro



# esempi

## *Moto traslatorio rettilineo*

- Caduta di un grave senza resistenze
- Discesa in sci su un pendio perfettamente levigato e senza curve

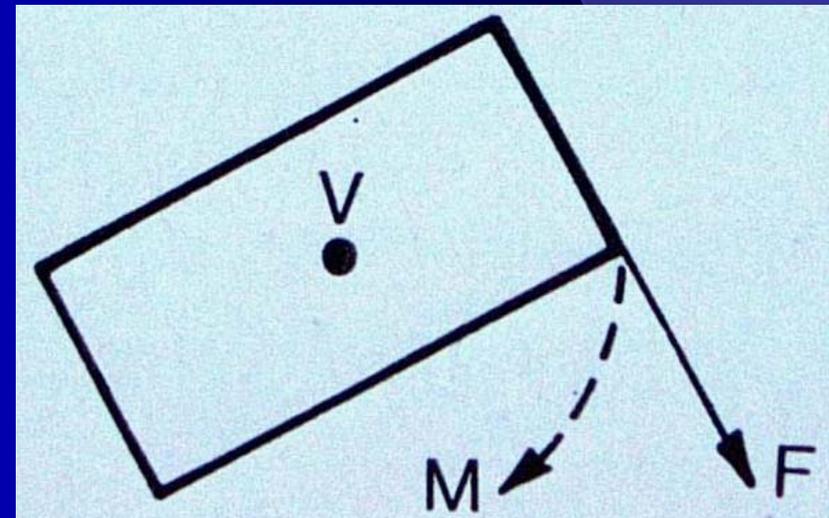
## *Moto traslatorio curvilineo*

- Parabola di un proiettile
- Salto con gli sci

I movimento realmente traslatori nell'uomo sono rari se non è trasportati da un veicolo

# Moto rotatorio od angolare

- Tutti i punti del corpo descrivono circonferenze aventi il centro sopra una stessa retta ( retta di rotazione)



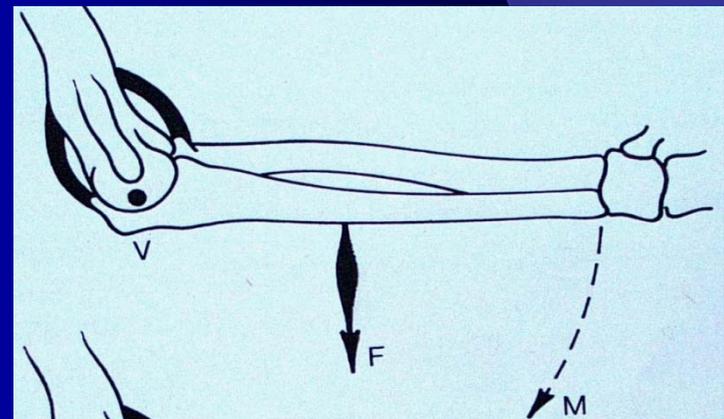
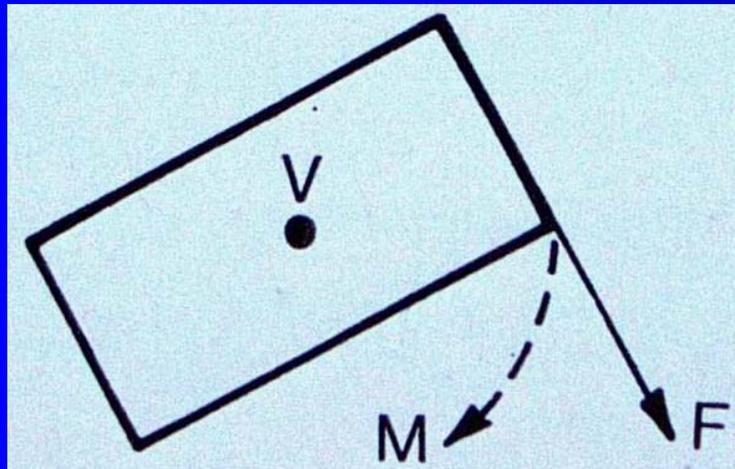
## **Il senso della rotazione viene definito:**

- **orario: se è uguale a quello delle lancette dell'orologio**
- **Antiorario: l'altro**

[www.fisiokinesiterapia.biz](http://www.fisiokinesiterapia.biz)

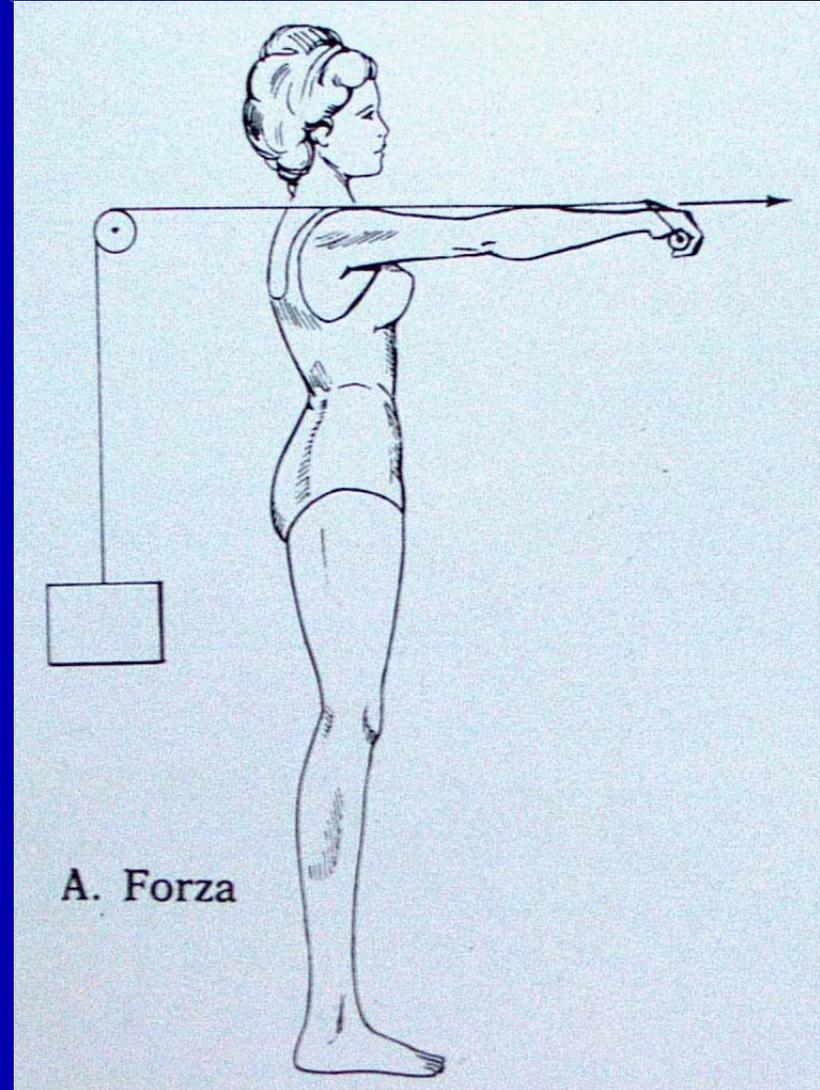
## Moto angolare

- nel corpo umano in movimento i vari segmenti scheletrici ruotano attorno al fulcro articolare e le varie parti del corpo non eseguono la stessa ampiezza di spostamento.



# Forza

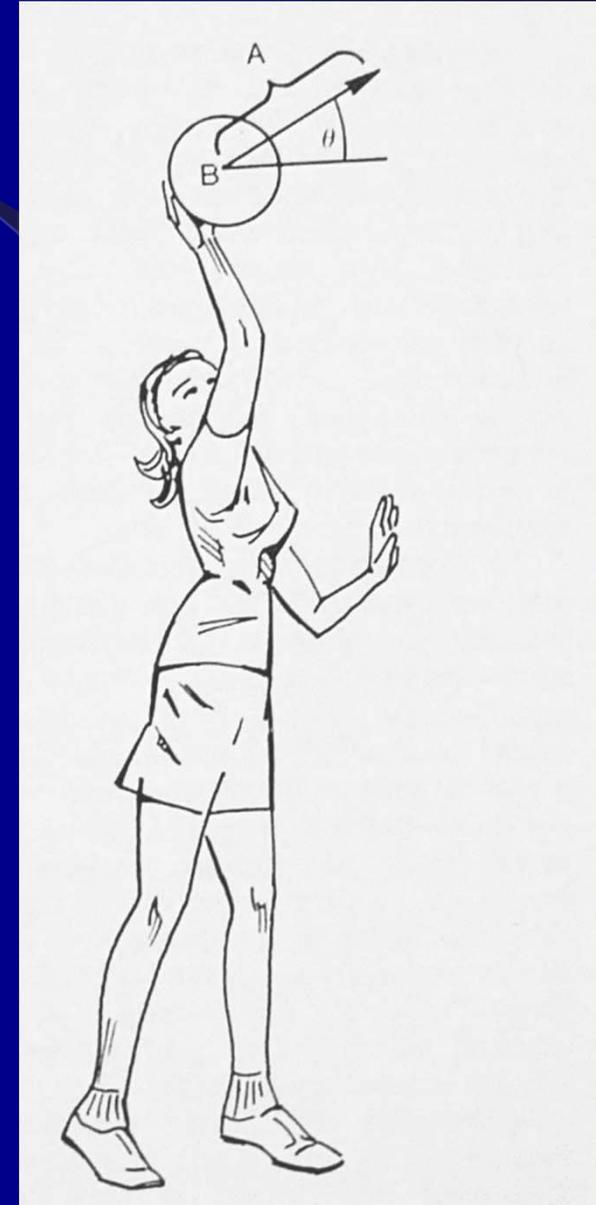
- **Qualsiasi causa che provoca un mutamento dello stato di quiete o di moto di un corpo o una sua deformazione**



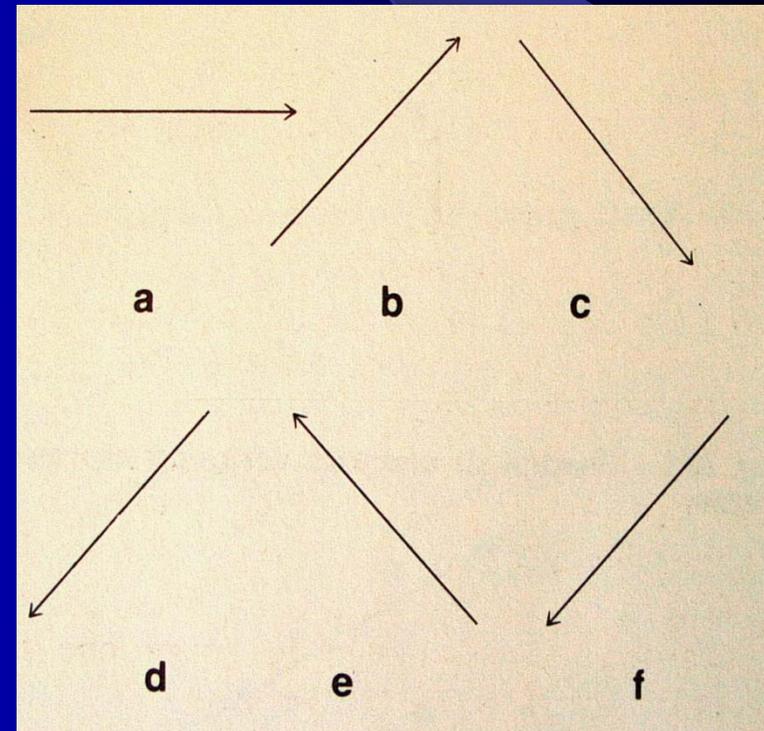
# Forza

Viene rappresentata da un **vettore** (segmento di retta)

- **lunghezza** è proporzionale alla intensità della forza (modulo)
- **direzione** è la retta su cui si muove (orientamento)
- **verso** (indicato dalla freccia): dx.;sn.;up.;down.
- **punto di applicazione**



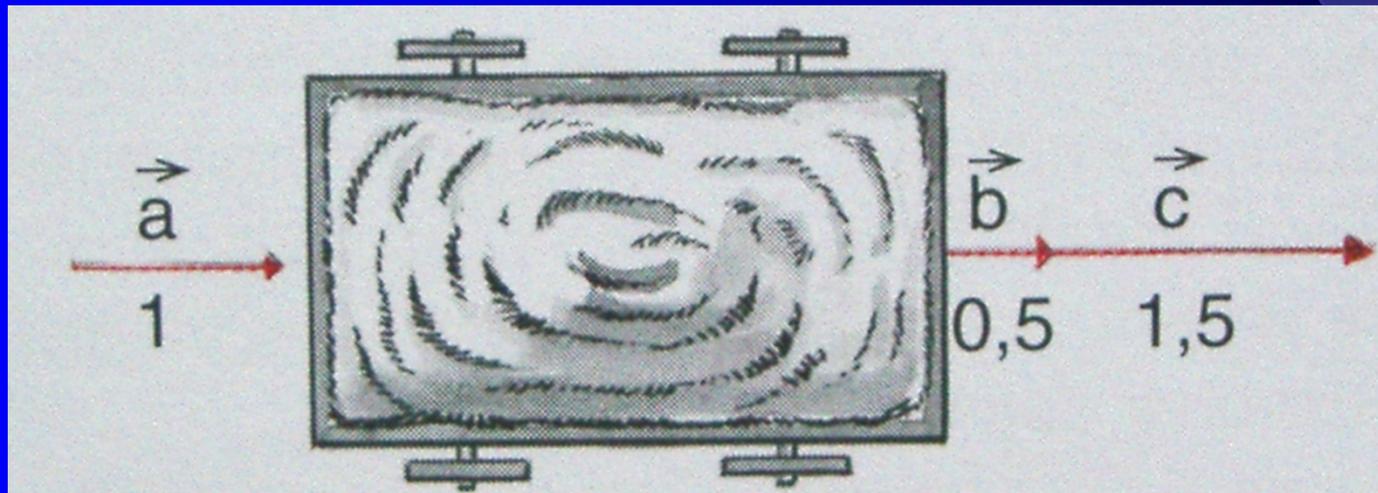
- La forza viene rappresentata da un vettore di **lunghezza** proporzionata alla forza stessa di **direzione** data dalla retta su cui è inserito e **verso** dato dalla freccia posta all'estremità del segmento Per l'azione di più forze che variamente si combinano creando sistemi di forze.



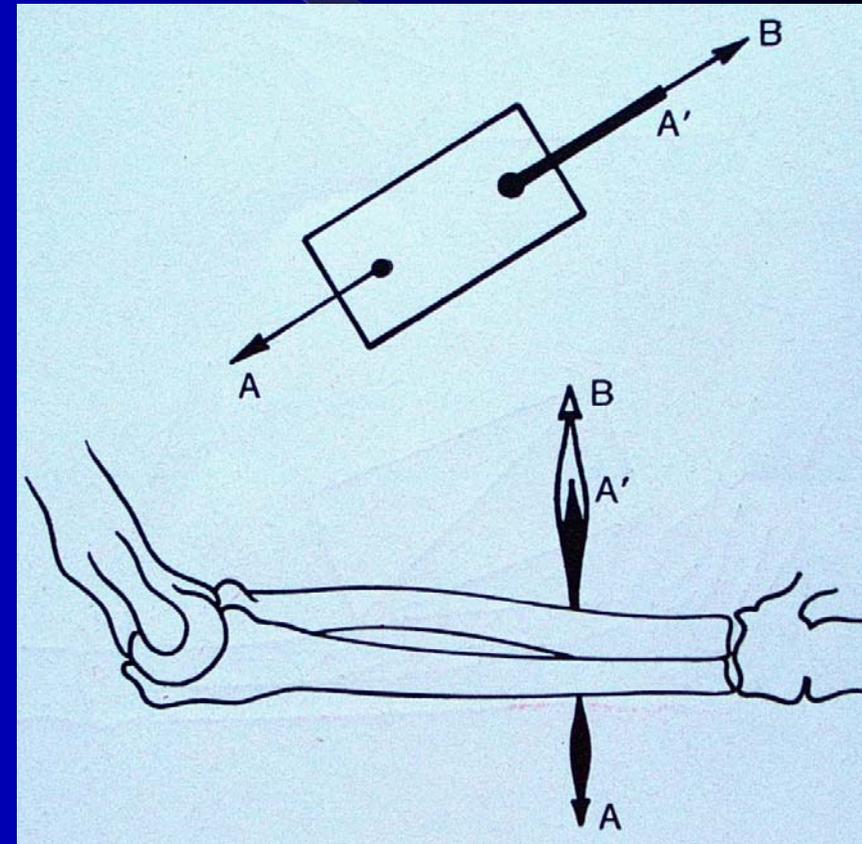
# Composizione di forze

- E' possibile verificare l'effetto di più forze agenti sullo stesso corpo cioè calcolare la risultante
- **Forze lineari:** quando le forze applicate hanno una unica retta d'azione

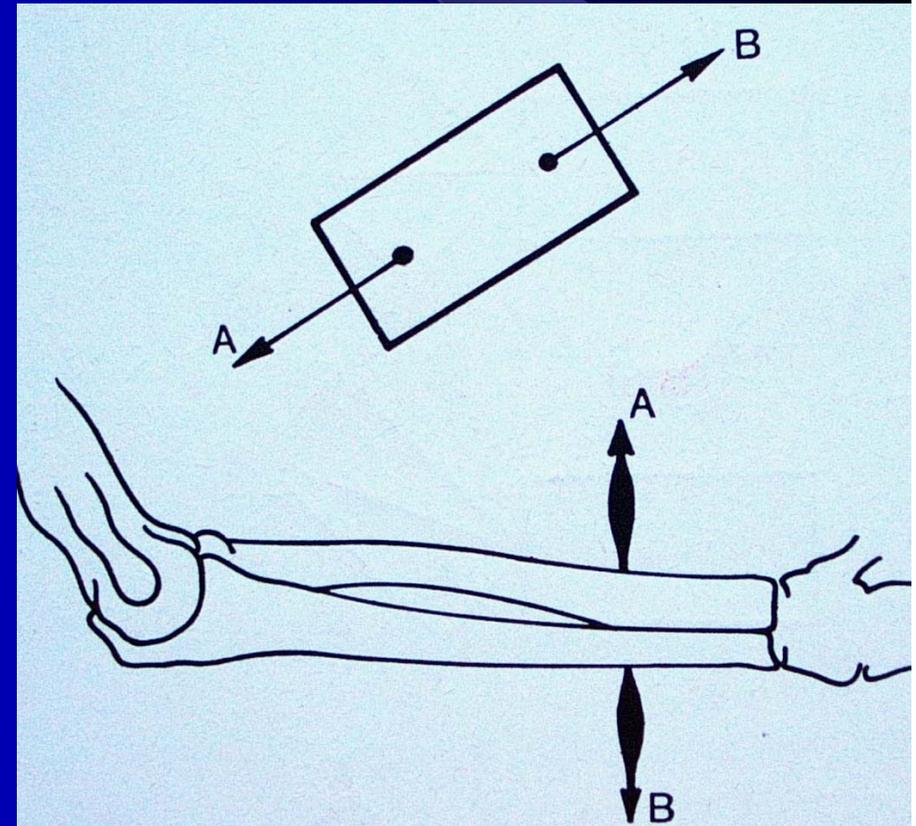
- **Forze lineari di verso uguale:** risultante ha direzione e verso uguale a quello delle forze componenti, grandezza pari alla somma della loro grandezza



- **Forze lineari di verso opposto.** Se un corpo è soggetto all'azione di 2 forze, di direzione uguale ma di verso opposto: la risultante ha : la stessa direzione delle forze componenti, verso uguale a quella della maggiore e modulo uguale alla differenza dei moduli

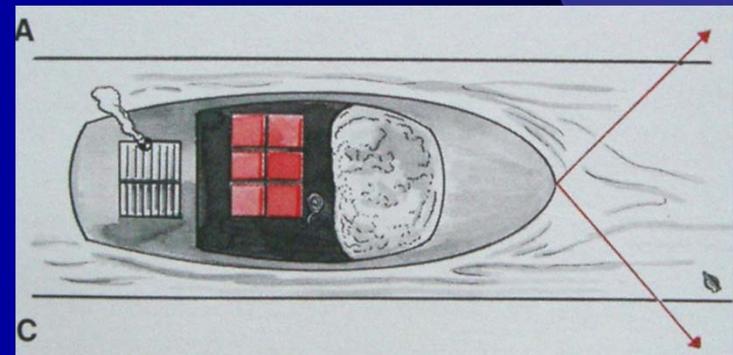
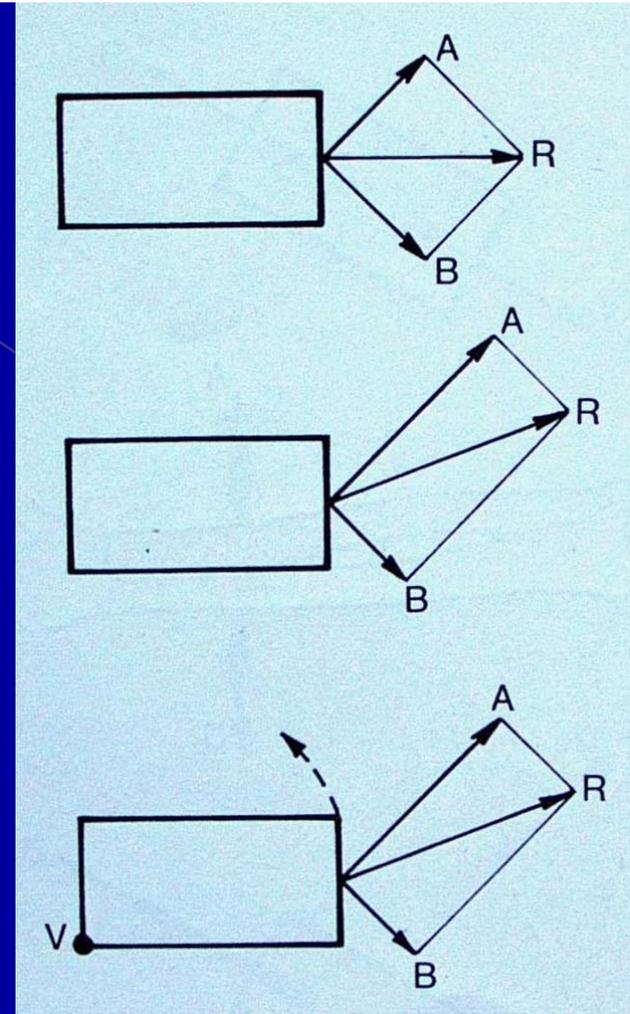


- **Forze lineari di verso opposto.** Se un corpo è soggetto all'azione di 2 forze, di direzione uguale ma di verso opposto e di uguale grandezza = nessun movimento. La risultante è nulla. Il corpo rimane in equilibrio

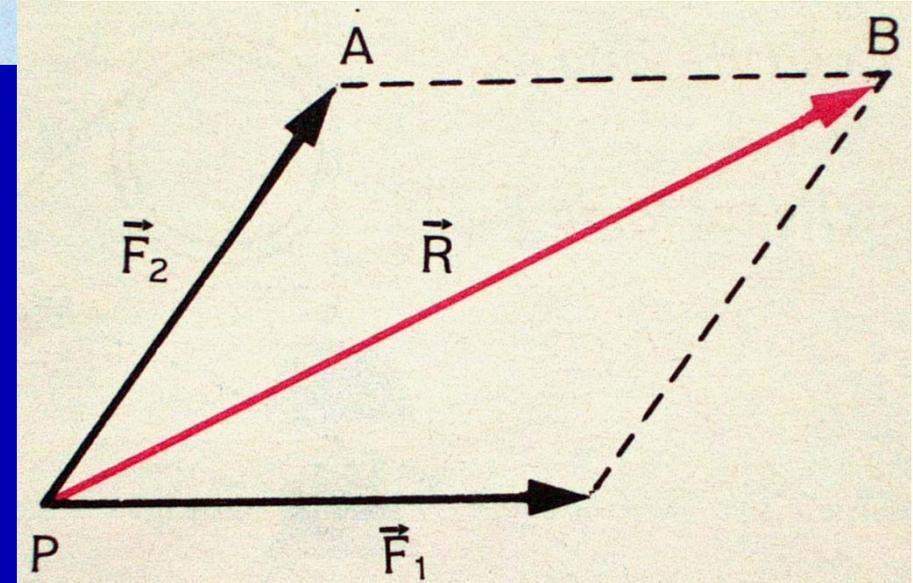
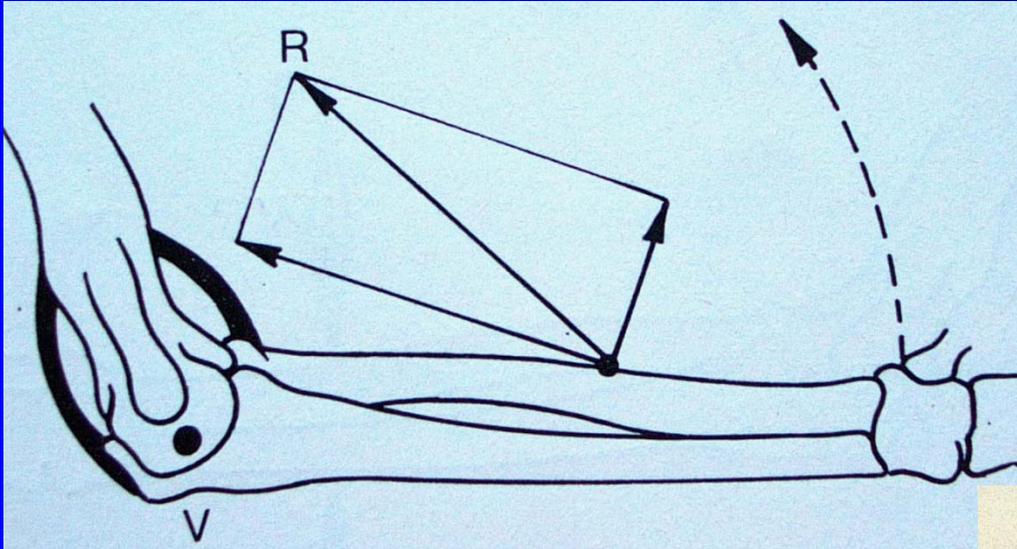


## Forze non lineari.

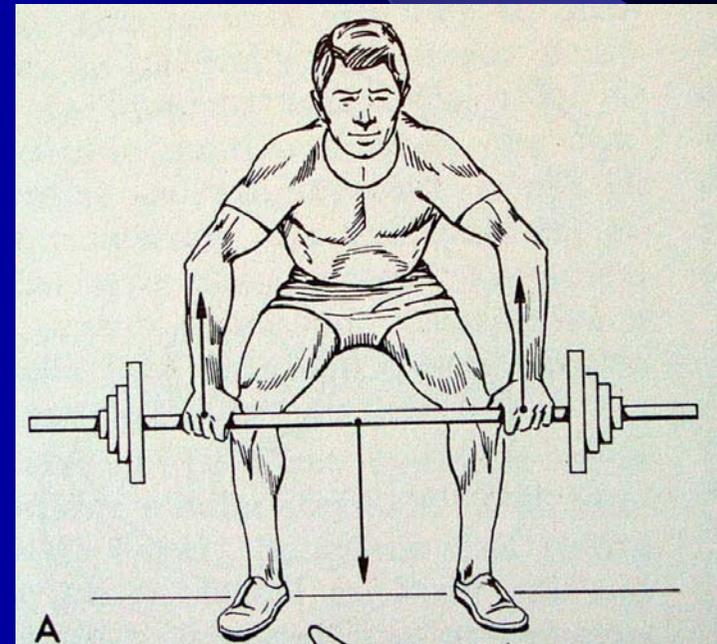
- Se un corpo è soggetto all'azione di 2 forze di direzione diversa è possibile calcolare l'unica forza (risultante) equivalente (che ha lo stesso effetto) alle forze date
- ### Composizione delle forze



- La risultante ( diagonale ) si ottiene costruendo un parallelogramma

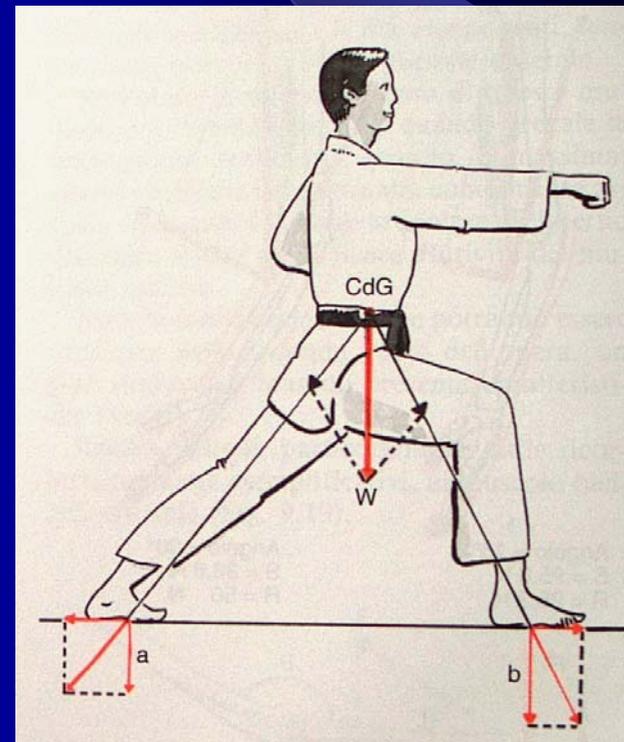
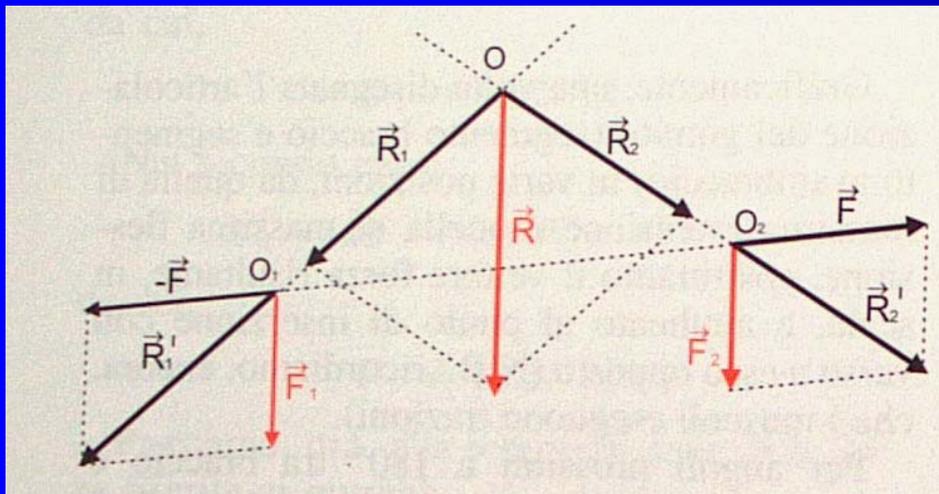


- **Nel corpo umano questa situazione si verifica normalmente: forza muscolare e forza di gravità. 2 forze orientate funzionalmente in senso opposto. Si aggiungono attriti interni e forze esterne**

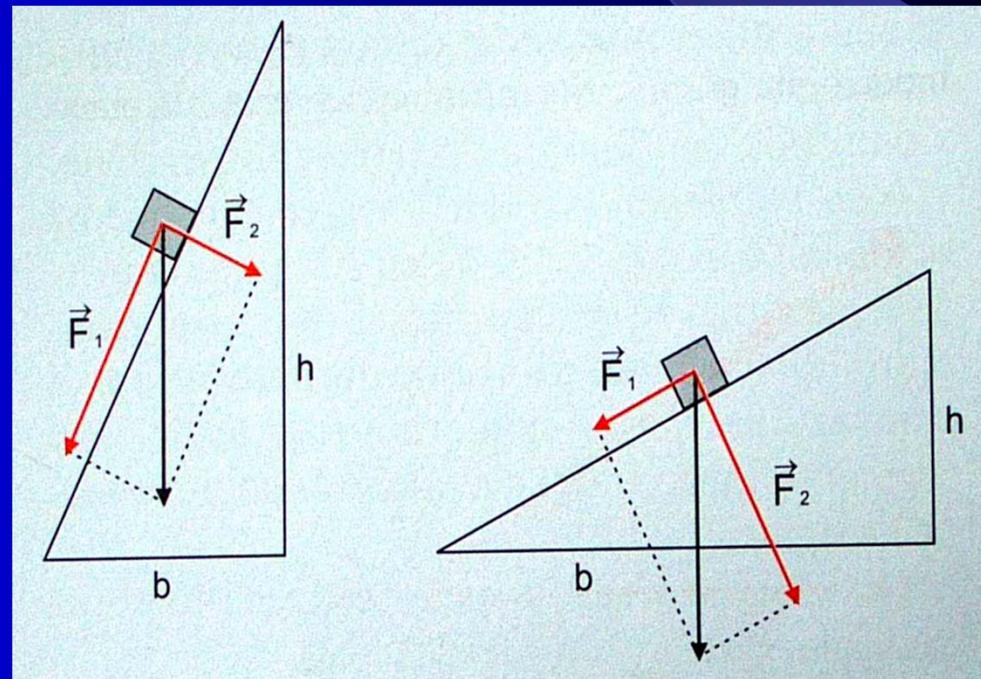


# Scomposizione di forze

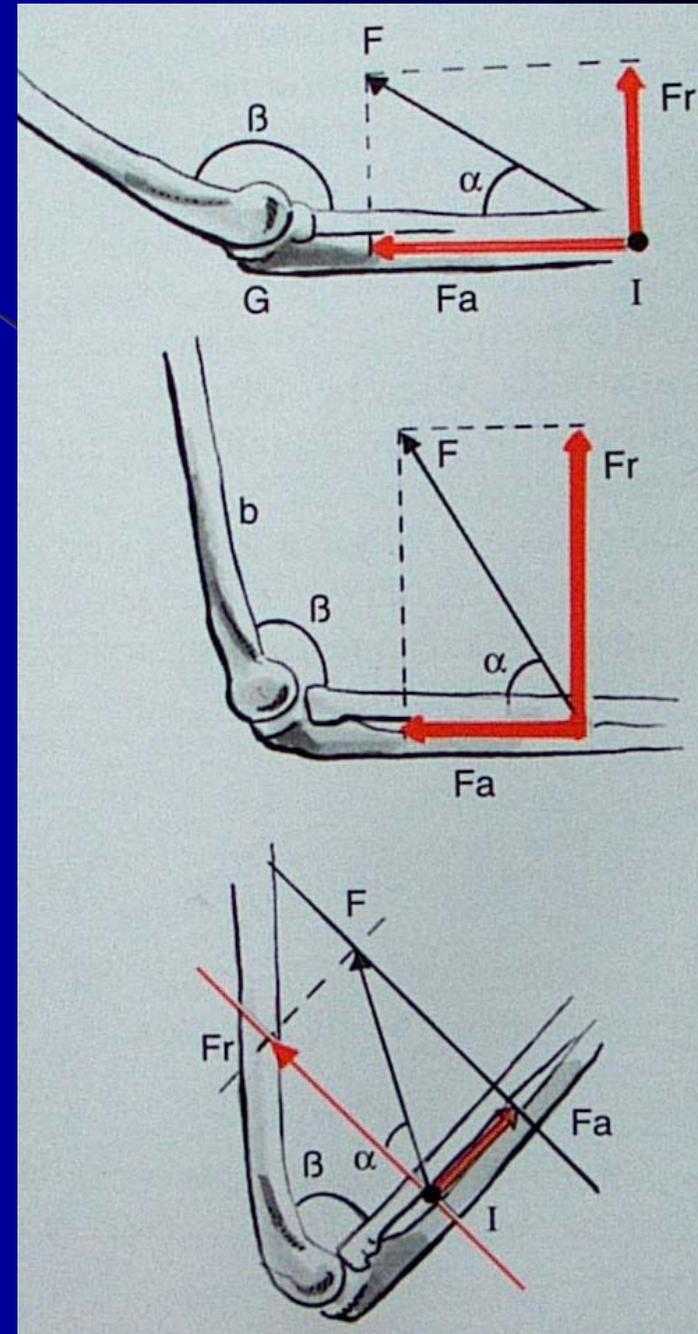
**E' possibile anche scomporre una forza per poter analizzare e prevedere nelle loro diverse intensità i vari effetti statici e dinamici**



- La scomposizione delle forze si esegue costruendo un parallelogramma:
- Diagonale: la forza in esame
- I parallelogrammi che si possono costruire sulla diagonale data sono infiniti. Si sceglie quello i cui lati abbiano direzioni *convenienti*



- **Componente perpendicolare:**  
rappresenta l'effetto dinamico cioè la vera forza che realizza lo spostamento
- **Componente longitudinale:**  
rappresenta l'effetto statico di trazione o di pressione

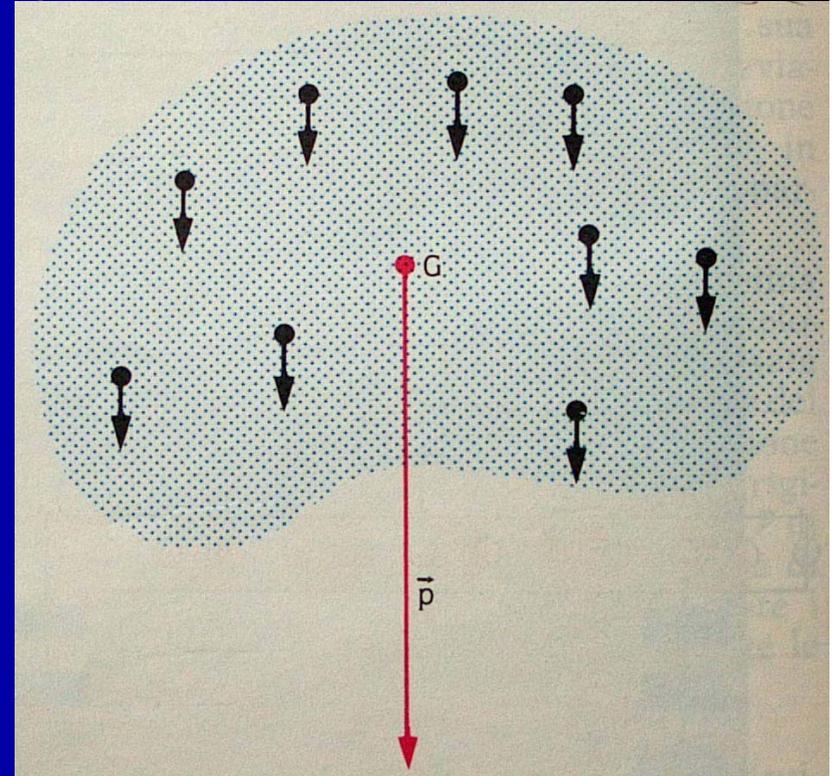


## Forza di gravità

- È la forza con cui la terra attira tutti i corpi verso il suo centro.
- Con buona approssimazione corrisponde al peso dell'oggetto stesso
- Agisce su tutti gli oggetti ma varia da corpo a corpo (ferro e legno) dipendendo dalla sua massa
- Diminuisce con l'aumentare della distanza dei corpi dalla superficie della terra

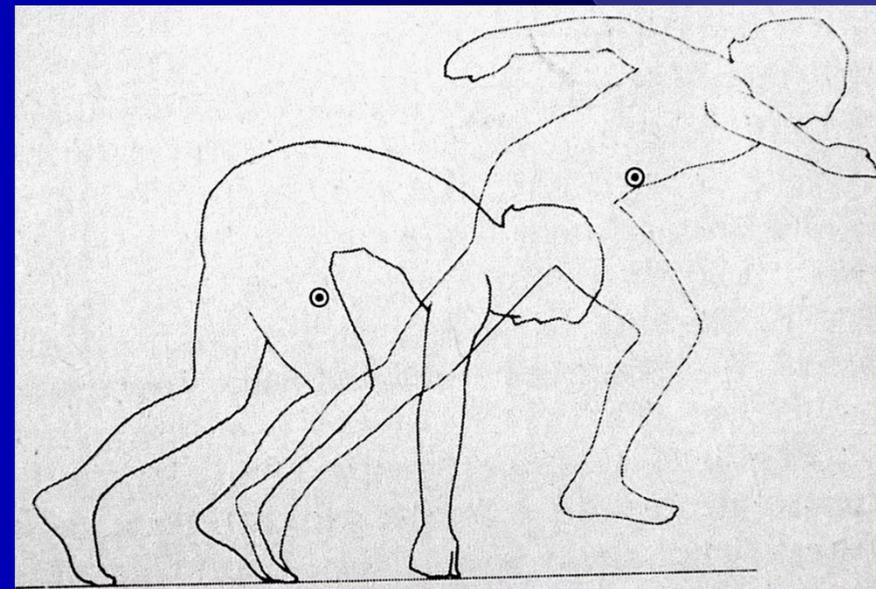
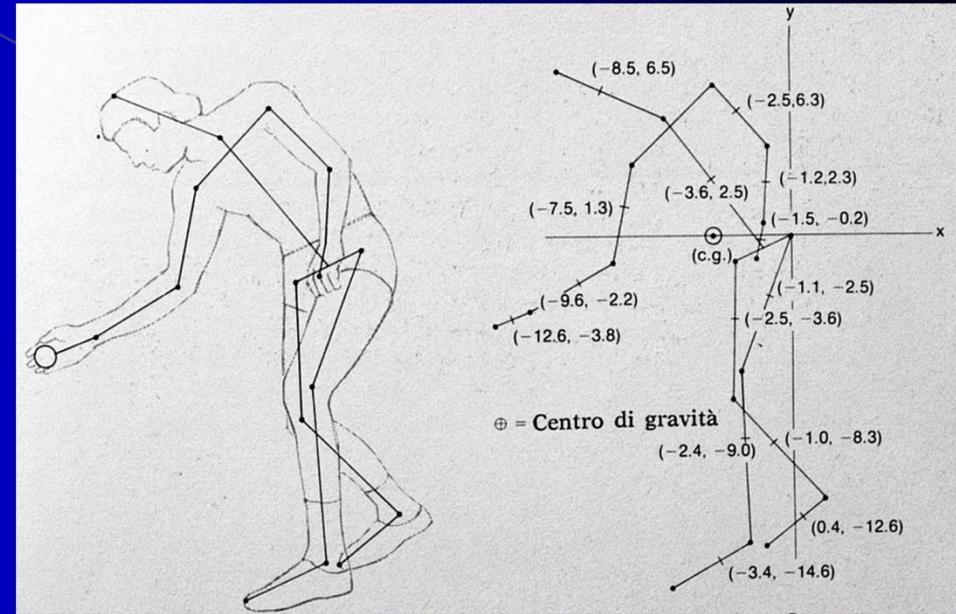
# Baricentro o centro di massa

- Supponiamo di scomporre un corpo in tante piccole parti ciascuna delle quali, avendo una massa, sarà soggetta alla forza di gravità.
- Se riduciamo il sistema di forze componendo le forze a due a due, otterremo **un'unica forza (risultante) di intensità pari al peso totale del corpo**



# Baricentro o centro di massa

- Il punto in cui questa forza risulta applicata è detto **baricentro del corpo, centro massa, centro di gravità**
- Se il corpo è omogeneo e di forma geometrica il centro massa coincide con il centro geometrico o di simmetria



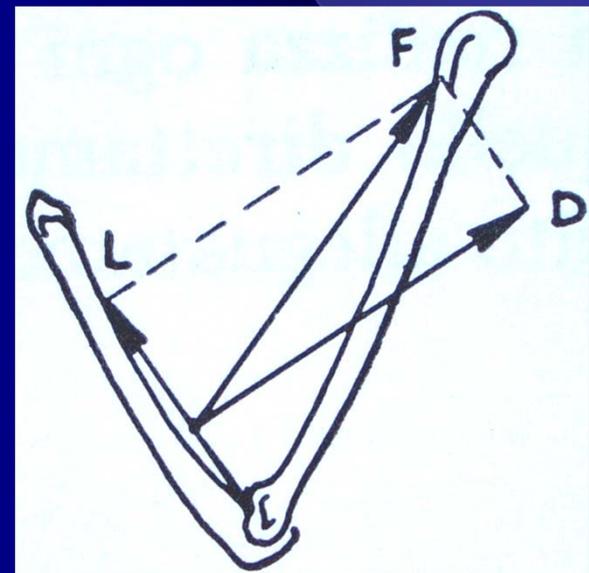
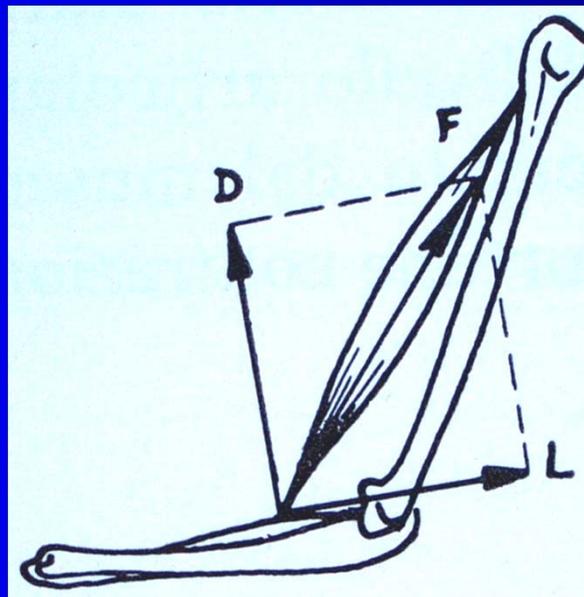
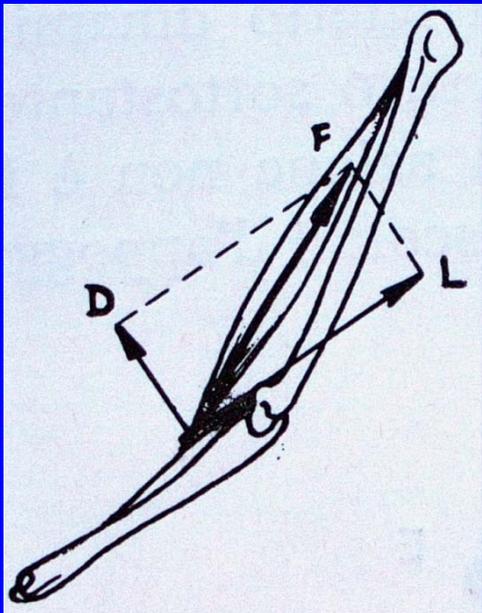
- **La forza muscolare sarà meglio utilizzata in senso dinamico quanto meno obliquamente il muscolo si impianta sulla leva scheletrica**

- **L'effetto dinamico è massimo quando il muscolo si impianta sulla leva scheletrica perpendicolarmente**

- **Nei muscoli a decorso particolarmente obliquo : particolari strutture scheletriche sono in grado di verticalizzare l'inserzione muscolare: sesamoidi, epifisi articolari .**

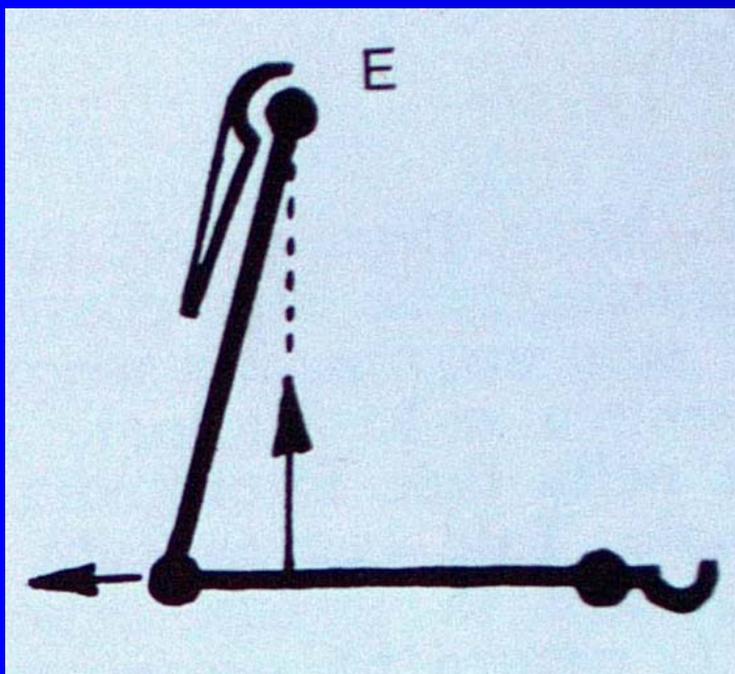
- **Le componenti statiche o longitudinali sono in grado di assicurare una opportuna stabilità articolare migliorando la coesione delle superfici articolari.**
- **Protegge i fulcri dalle distorsioni e lussazioni**

- Nel gomito infatti la componente statica o longitudinale dei flessori è in grado di realizzare una costante tenuta articolare.



- Questa componente statica costantemente si modifica influenzando sugli attriti interni ora aumentandoli (nella pressione) ora riducendoli (nella trazione)
- **ATTENTI DURANTE LA MOBILIZZAZIONE: PARTIRE DA POSIZIONI INTERMEDIE**

- **L'effetto statico di una contrazione muscolare può paradossalmente realizzare un effetto dinamico quasi involontario a livello di un fulcro articolare sovra o sottostante**



**L'effetto dinamico della forza dei flessori flette l'avambraccio utilizzando come fulcro il gomito. L'effetto statico della forza dei flessori realizza la retropulsione del braccio utilizzando come fulcro la spalla**

**Il capovolgimento dell'effetto statico in effetto dinamico si realizza ogni volta che il livello articolare sopra o sottostante a quello direttamente attraversato dal muscolo in azione non è fissato adeguatamente da opportune contrazioni muscolari d'appoggio**