

Neurofisiologia del movimento

Elementi di Matematica, Geometria e Fisica

Emahnuel Troisi Lopez

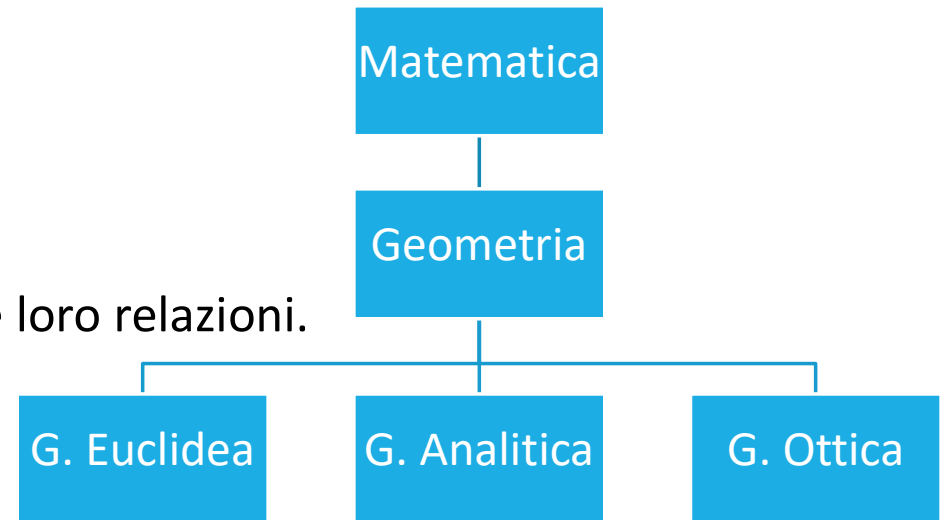
emahnuel.troisilopez@studenti.uniparthenope.it

Matematica

Scienza che studia i numeri e le misure.

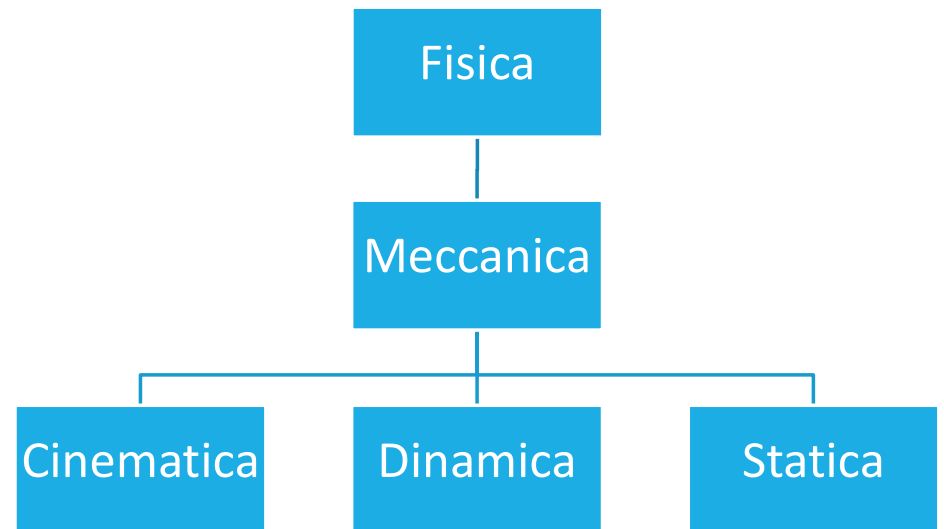
Geometria

Parte della matematica che studia le forme e le loro relazioni.



Fisica

Scienza che studia i fenomeni naturali.



Perché misurare?

Misurare permette di **conoscere, descrivere, controllare** qualsiasi sistema fisico nel miglior modo possibile.

Misurare è il processo che porta alla quantificazione di una grandezza fisica, attraverso un numero, un insieme di numeri, una tabella o un grafico.

Cosa è necessario per eseguire una misura correttamente?

- conoscere ciò che intendiamo misurare (capacità di un bicchiere, volume della sabbia, superficie di una campana);
- conoscere l'unità di misura;
- conoscere le proprietà della variabile da misurare;
- accertarsi che lo sperimentatore abbia l'esperienza necessaria per effettuare la misura, per scegliere la strumentazione più idonea e per leggere ed interpretare il risultato della misura;
- determinare correttamente l'incertezza di misura e le cifre significative con cui esprimere il risultato.



Le caratteristiche degli strumenti di misura sono:

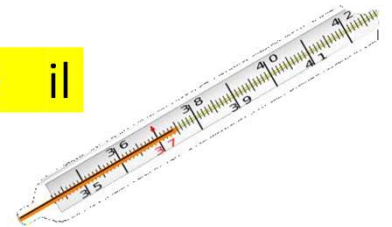
- **Ripetibilità:** capacità dello strumento di fornire misure uguali della stessa grandezza, anche in condizioni di lavoro difficili o variabili.
- **Prontezza:** la rapidità con cui è lo strumento è in grado di fornire il risultato di una misura.
- **Sensibilità:** la più piccola grandezza in grado di generare uno spostamento apprezzabile rispetto all'inizio della scala dello strumento.
- **Risoluzione:** la minima variazione apprezzabile della grandezza in esame attraverso tutto il campo di misura.
- **Fondo scala:** (o portata) rappresenta il limite superiore del campo di misura e prende anche il nome di portata dello strumento.
- **Accuratezza:** la differenza tra valore medio campionario e valore vero o di riferimento. Indica la vicinanza del valore trovato a quello reale.

Le caratteristiche degli strumenti di misura sono:

- **Ripetibilità:** capacità dello strumento di fornire misure uguali della stessa grandezza, anche in condizioni di lavoro difficili o variabili.
- **Prontezza:** la rapidità con cui è lo strumento è in grado di fornire il risultato di una misura.
- **Sensibilità:** la più piccola grandezza in grado di generare uno spostamento apprezzabile rispetto all'inizio della scala dello strumento.
- **Risoluzione:** la minima variazione apprezzabile della grandezza in esame attraverso tutto il campo di misura.
- **Fondo scala:** (o portata) rappresenta il limite superiore del campo di misura e prende anche il nome di portata dello strumento.
- **Accuratezza:** la differenza tra valore medio campionario e valore vero o di riferimento. Indica la vicinanza del valore trovato a quello reale.

Le caratteristiche degli strumenti di misura sono:

- **Ripetibilità:** capacità dello strumento di fornire misure uguali della stessa grandezza, anche in condizioni di lavoro difficili o variabili.
- **Prontezza:** la rapidità con cui è lo strumento è in grado di fornire il risultato di una misura.
- **Sensibilità:** la più piccola grandezza in grado di generare uno spostamento apprezzabile rispetto all'inizio della scala dello strumento.
- **Risoluzione:** la minima variazione apprezzabile della grandezza in esame attraverso tutto il campo di misura.
- **Fondo scala:** (o portata) rappresenta il limite superiore del campo di misura e prende anche il nome di portata dello strumento.
- **Accuratezza:** la differenza tra valore medio campionario e valore vero o di riferimento. Indica la vicinanza del valore trovato a quello reale.



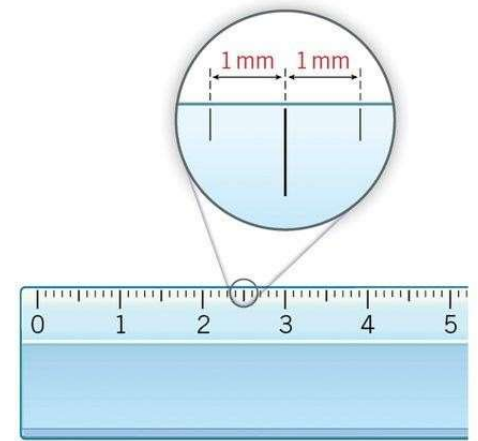
Le caratteristiche degli strumenti di misura sono:

- **Ripetibilità:** capacità dello strumento di fornire misure uguali della stessa grandezza, anche in condizioni di lavoro difficili o variabili.
- **Prontezza:** la rapidità con cui è lo strumento è in grado di fornire il risultato di una misura.
- **Sensibilità:** la più piccola grandezza in grado di generare uno spostamento apprezzabile rispetto all'inizio della scala dello strumento.
- **Risoluzione:** la minima variazione apprezzabile della grandezza misurata attraverso tutto il campo di misura.
- **Fondo scala:** (o portata) rappresenta il limite superiore della misura e prende anche il nome di portata dello strumento.
- **Accuratezza:** la differenza tra valore medio campionario e valore di riferimento. Indica la vicinanza del valore trovato a quello vero.



Le caratteristiche degli strumenti di misura sono:

- **Ripetibilità:** capacità dello strumento di fornire misure uguali della grandezza, anche in condizioni di lavoro difficili o variabili.
- **Prontezza:** la rapidità con cui è lo strumento è in grado di fornire un risultato di una misura.
- **Sensibilità:** la più piccola grandezza in grado di generare uno spostamento apprezzabile rispetto all'inizio della scala dello strumento.
- **Risoluzione:** la minima variazione apprezzabile della grandezza in esame attraverso tutto il campo di misura.
- **Fondo scala:** (o portata) rappresenta il limite superiore del campo di misura e prende anche il nome di portata dello strumento.
- **Accuratezza:** la differenza tra valore medio campionario e valore vero o di riferimento. Indica la vicinanza del valore trovato a quello reale.



Le caratteristiche degli strumenti di misura sono:

- **Ripetibilità:** capacità dello strumento di fornire misure uguali della stessa grandezza, anche in condizioni di lavoro difficili o variabili.
- **Prontezza:** la rapidità con cui è lo strumento è risultato di una misura.
- **Sensibilità:** la più piccola grandezza in grado di spostamento apprezzabile rispetto all'inizio della scala.
- **Risoluzione:** la minima variazione apprezzabile del valore di misura attraverso tutto il campo di misura.
- **Fondo scala:** (o portata) rappresenta il limite superiore del campo di misura e prende anche il nome di portata dello strumento.
- **Accuratezza:** la differenza tra valore medio campionario e valore vero o di riferimento. Indica la vicinanza del valore trovato a quello reale.



Le caratteristiche degli strumenti di misura sono:

- **Ripetibilità:** capacità dello strumento di fornire misure uguali della stessa grandezza, anche in condizioni di lavoro difficili o variabili.
- **Prontezza:** la rapidità con cui è lo strumento è in grado di fornire il risultato di una misura.
- **Sensibilità:** la più piccola grandezza in grado di generare uno spostamento apprezzabile rispetto all'inizio della scala dello strumento.
- **Risoluzione:** la minima variazione apprezzabile della grandezza in esame attraverso tutto il campo di misura.
- **Fondo scala:** (o portata) rappresenta il limite superiore del campo di misura e prende anche il nome di portata dello strumento.
- **Accuratezza:** la differenza tra valore medio campionario e valore vero o di riferimento. Indica la vicinanza del valore trovato a quello reale.

Errori di misura

- Gli **errori casuali** variano in modo imprevedibile da una misura all'altra e influenzano il risultato qualche volta per eccesso, qualche altra volta per difetto.
- Gli **errori sistematici** avvengono sempre nello stesso senso: o sempre per eccesso, o sempre per difetto.
- L'**errore assoluto** rappresenta la differenza tra il valore vero e il valore misurato della grandezza in esame, rappresenta l'intervallo di indeterminazione entro il quale si suppone che il risultato sia compreso. E' fornito dalla casa produttrice.
- L'**errore relativo** è il rapporto tra l'errore assoluto e il risultato stesso ed è indicativo di quanto l'errore (assoluto) commesso può risultare accettabile.

Elementi di matematica e geometria

- **PUNTO**
- **RETTA**
- **PIANO**
- **SPAZIO**
- **VETTORI**
- **SISTEMA DI RIFERIMENTO**
- **LENTI**

Il **Punto** equivale ad un'entità adimensionale spaziale, per cui può essere considerato semplicemente come una posizione, una coordinata.

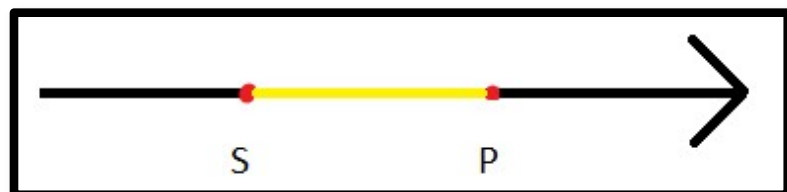
La **Retta** è un insieme infinito di punti allineati tra loro.

Un **Asse** è una retta orientata. Diciamo che è *Cartesiano* quando su di esso abbiamo segnato un punto O (Origine) e un segmento che ci serve per misurare tutti gli altri segmenti.

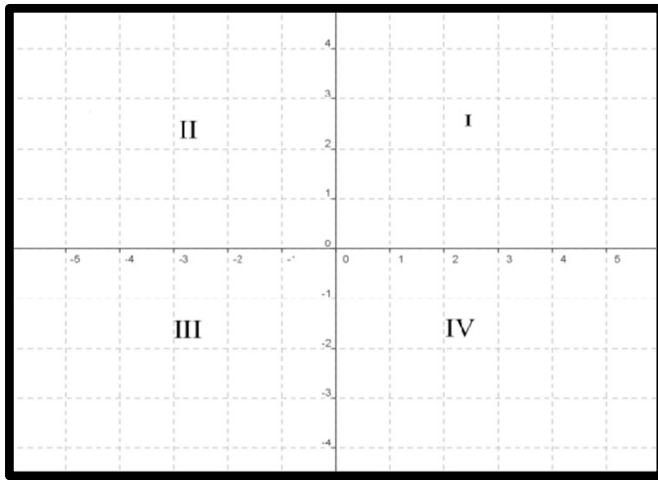
Ogni punto P sull'asse cartesiano possiede un'ascissa ossia un valore, una misura.



La **distanza** tra due punti su un asse cartesiano è la differenza di ascissa dei due punti.



Un piano è cartesiano quando su di esso abbiamo a disposizione due assi perpendicolari (formano nel punto di intersezione quattro angoli retti) sui quali prendiamo come origine il loro punto comune (di intersezione) e sui quali adoperiamo la stessa unità di misura per misurare i segmenti.



L'asse orizzontale:

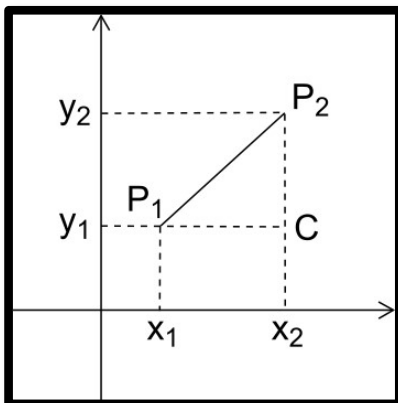
asse x delle ascisse

L'asse verticale:

asse y delle ordinate

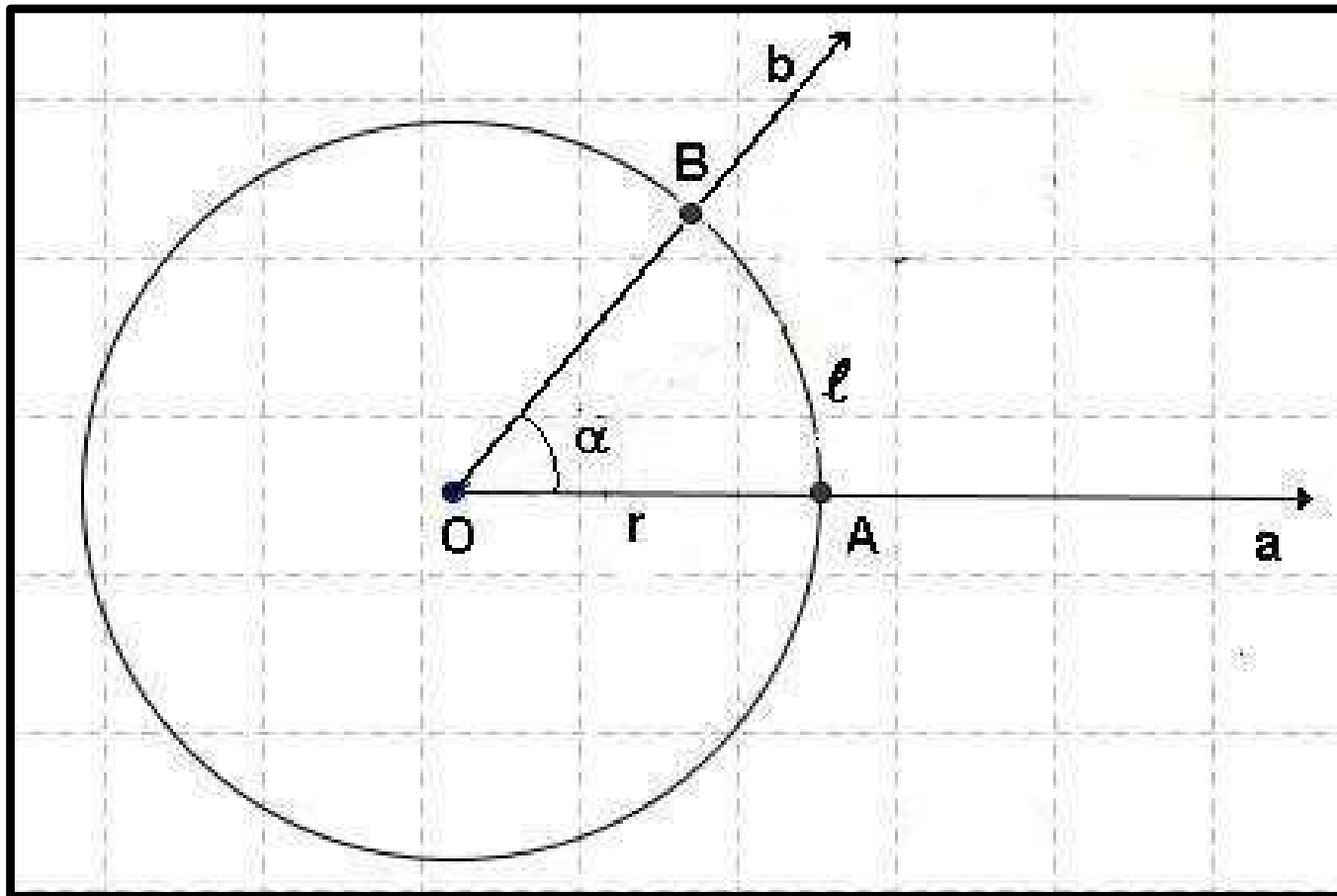
Il punto di intersezione: origine del piano cartesiano

Per calcolare la **distanza** tra due punti in un piano cartesiano, bisogna calcolare la differenza di ascissa e di ordinata dei due punti.

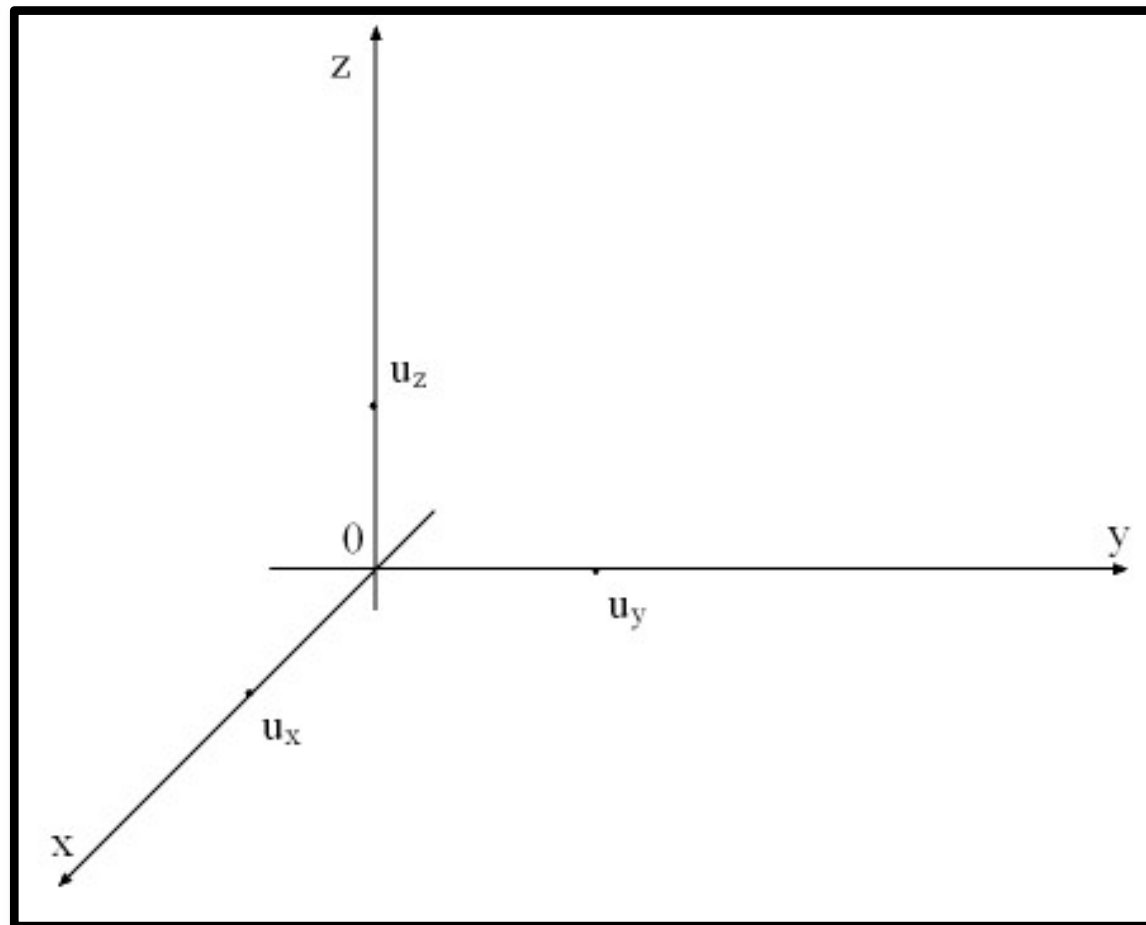


$$d(P_1, P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

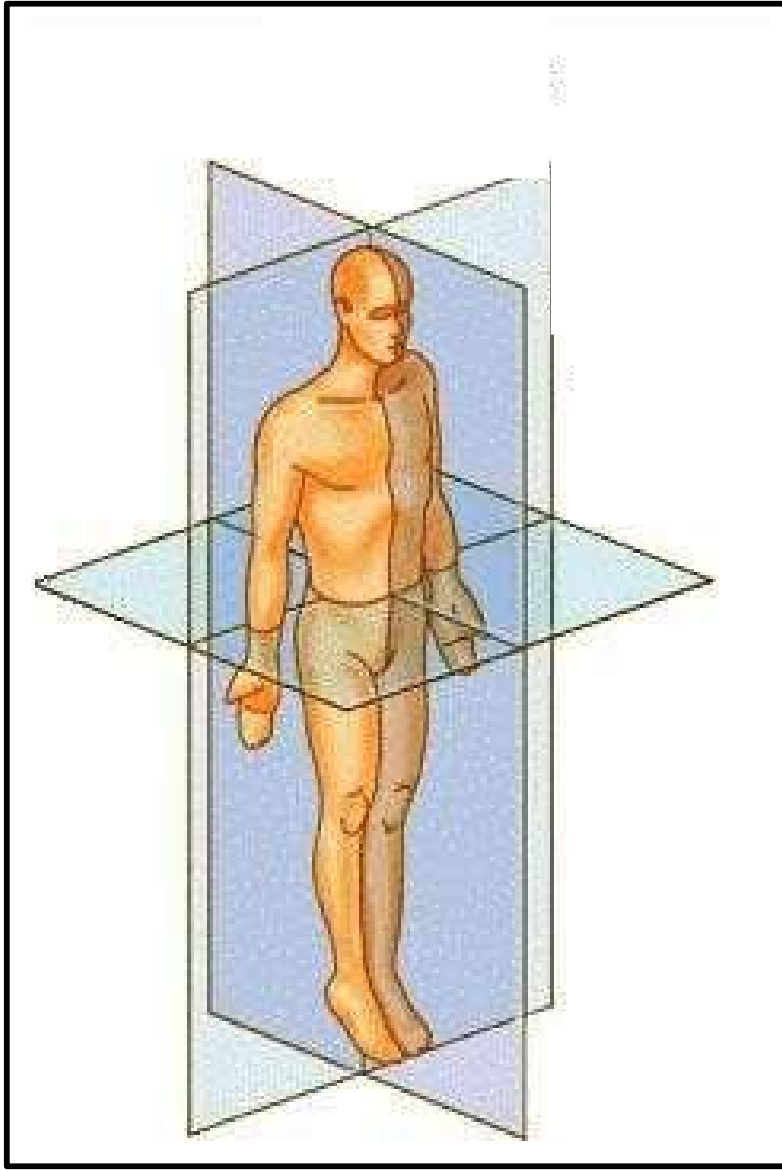
Si chiama **angolo** ciascuna delle due parti in un piano che rimane diviso da due semirette a e b aventi la stessa origine O . Le due semirette si dicono *lati* dei due angoli ottenuti e si considerano come l'unica parte ad essi comune. L'origine O delle semirette si chiama *vertice* di ciascuno dei due angoli.



Consideriamo il piano cartesiano di assi x , y con origine O e punti unità Ux e Uy . Si consideri un asse, che chiameremo z , sul quale sia fissato un riferimento di origine O e punto unità Uz , perpendicolare al piano degli assi x , y , e passante per il punto O . Lo **spazio** così definito rappresenta il riferimento cartesiano dello spazio tridimensionale con terna (x, y, z) di assi, origine O e punti Ux , Uy e Uz .



Convenzioni



Viene definita una **posizione anatomica di riferimento** nel modo seguente:

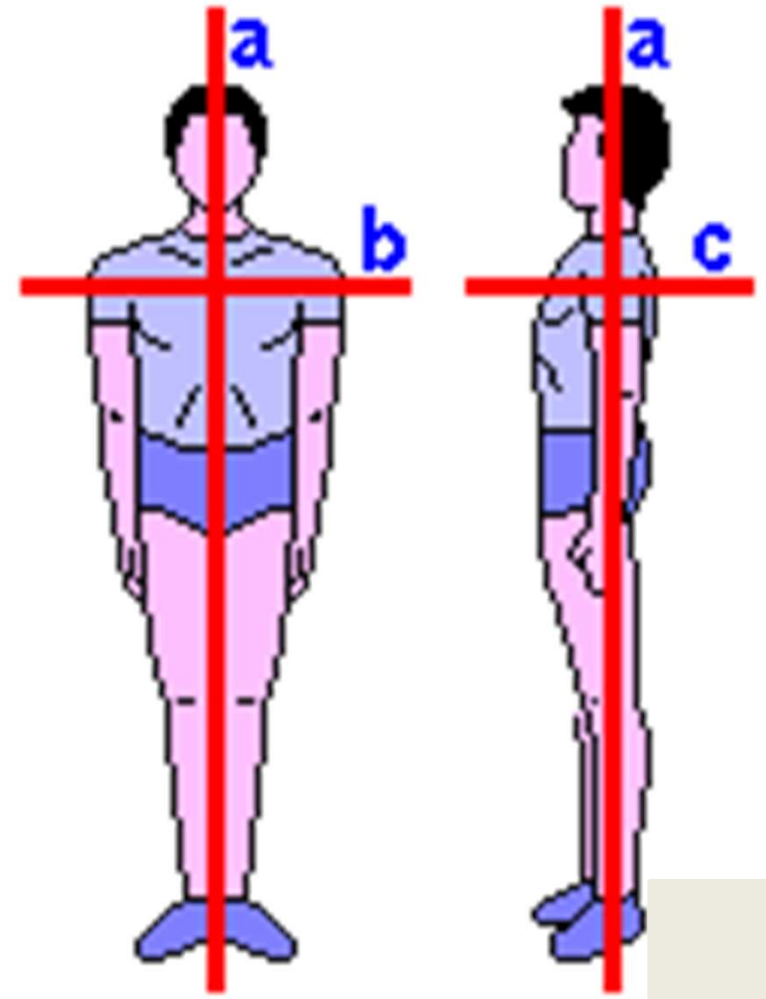
- Posizione eretta
- Talloni uniti
- Braccia distese
- Palmi delle mani rivolti in avanti

Rispetto a tale posizione vengono definiti gli **assi anatomici** e i **piani anatomici**

Assi anatomici

I tre assi di riferimento sono perpendicolari a ciascuno dei piani anatomici.

- **Asse longitudinale (o verticale) (a):** perpendicolare al piano trasversale
- **Asse trasversale (b):** perpendicolare al piano sagittale
- **Asse antero-posteriore (c):** perpendicolare al piano frontale

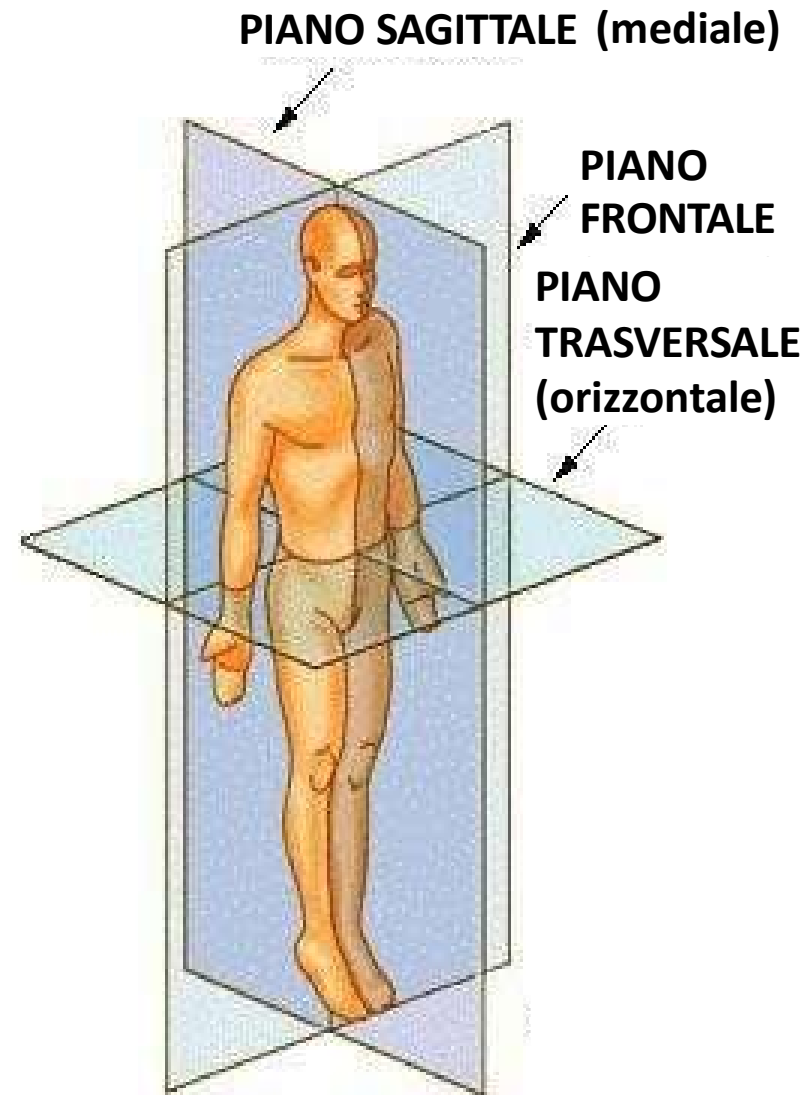


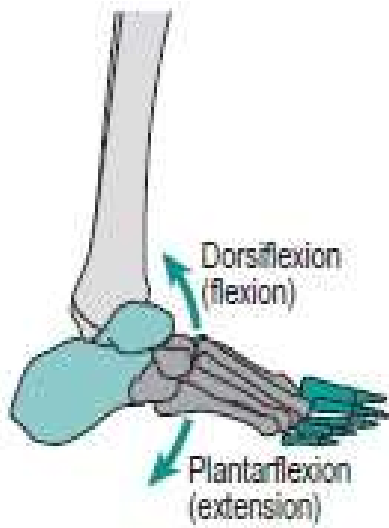
Piani anatomici

Piano sagittale: è l'unico piano di simmetria (seppure solo approssimativa) del corpo umano, decorre in senso antero-posteriore e divide un corpo in due porzioni, destra e sinistra.

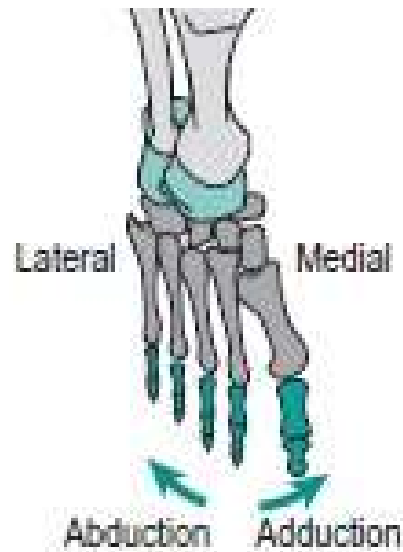
Piano frontale o coronale: è un piano verticale parallelo alla fronte e perpendicolare al piano sagittale. Divide il corpo in porzione anteriore e porzione posteriore.

Piano orizzontale o trasversale: è un piano che divide il corpo in due metà, superiore e inferiore. In posizione eretta è orizzontale.

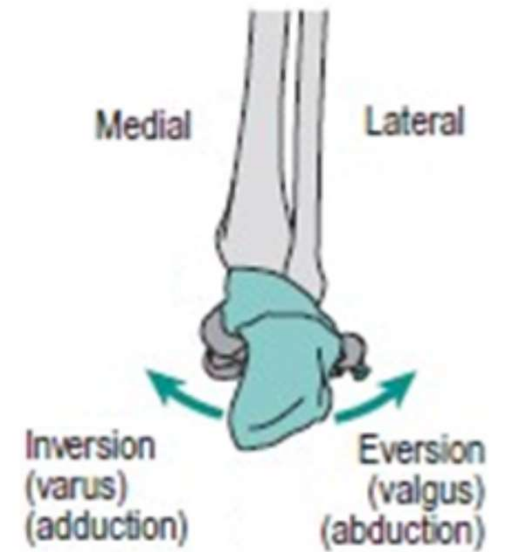




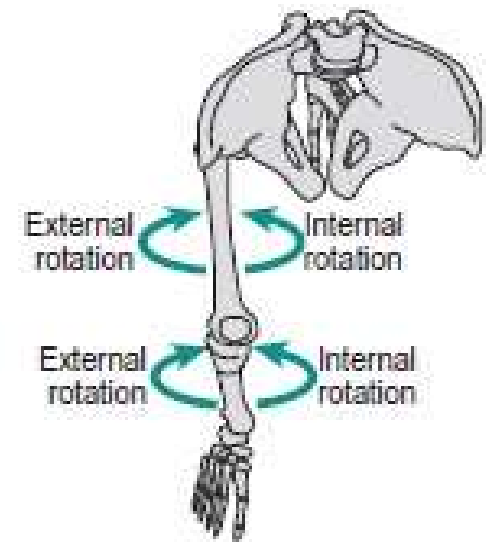
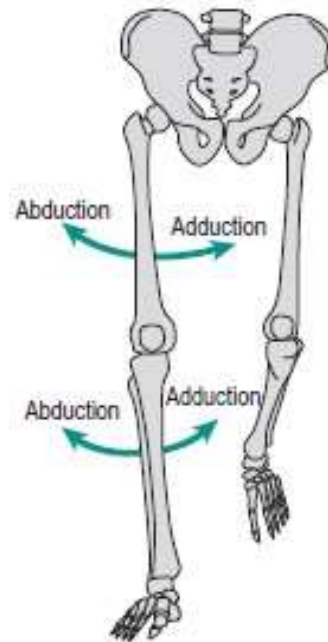
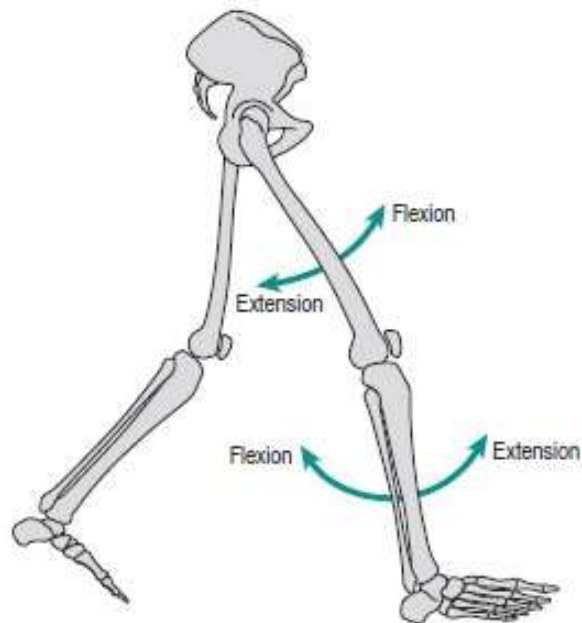
Sagittale



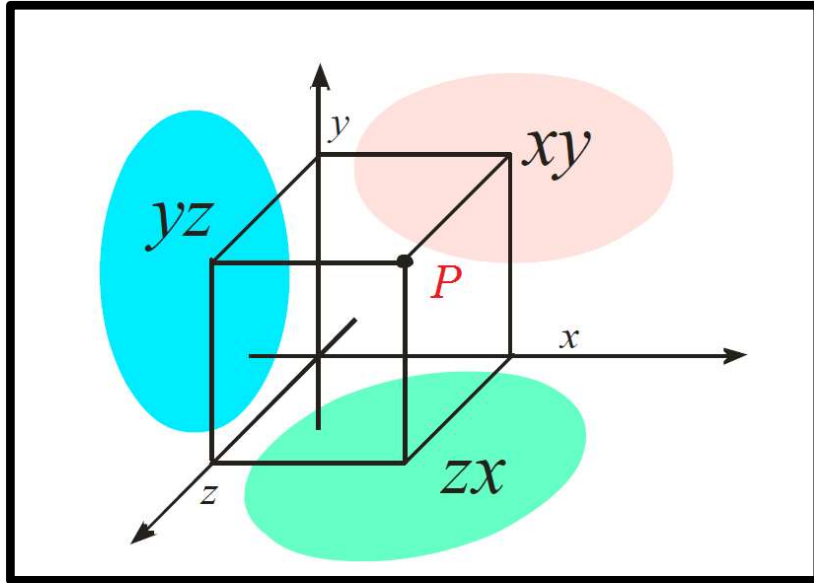
Frontale



Trasversale

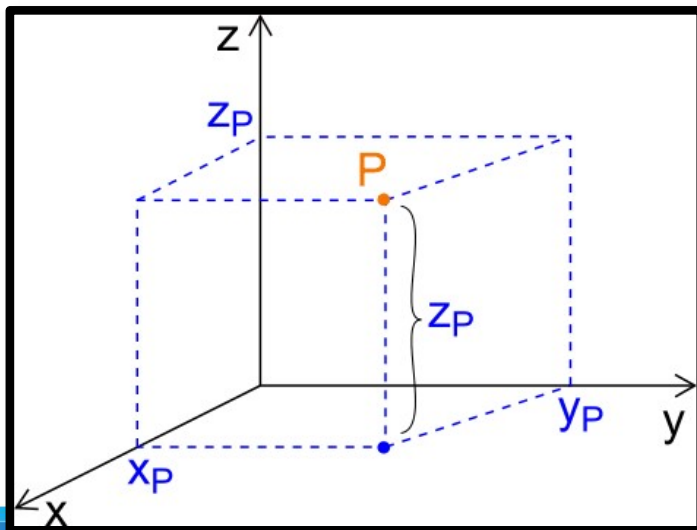


Sistema di riferimento



I tre piani rispetto ai quali si calcolano le distanze si chiamano piano xy , piano yz e piano zx .

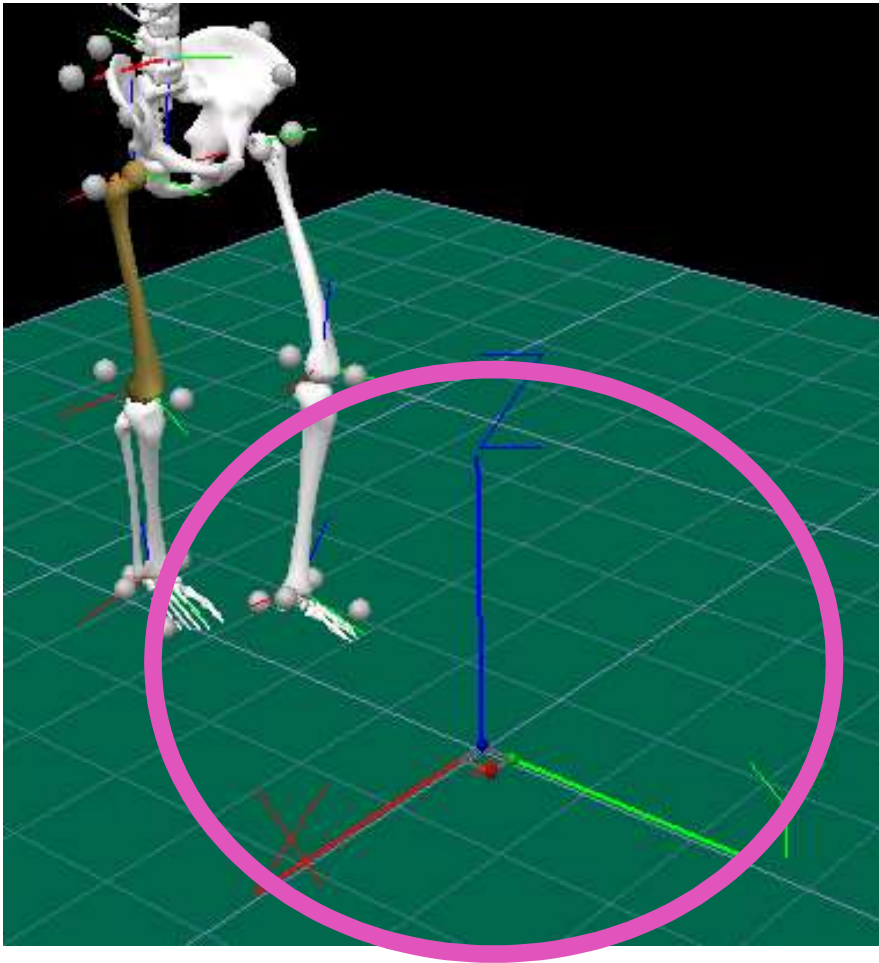
Se (x,y) è un punto su un piano, il punto $P(x,y,z)$ nello spazio si raggiunge partendo da (x,y) e poi sollevandosi di una distanza z sopra il foglio di carta (i punti sotto il foglio avranno una z negativa).



Si definisce **sistema di riferimento** l'insieme dei riferimenti o coordinate utilizzate per individuare la posizione di un oggetto nello spazio.

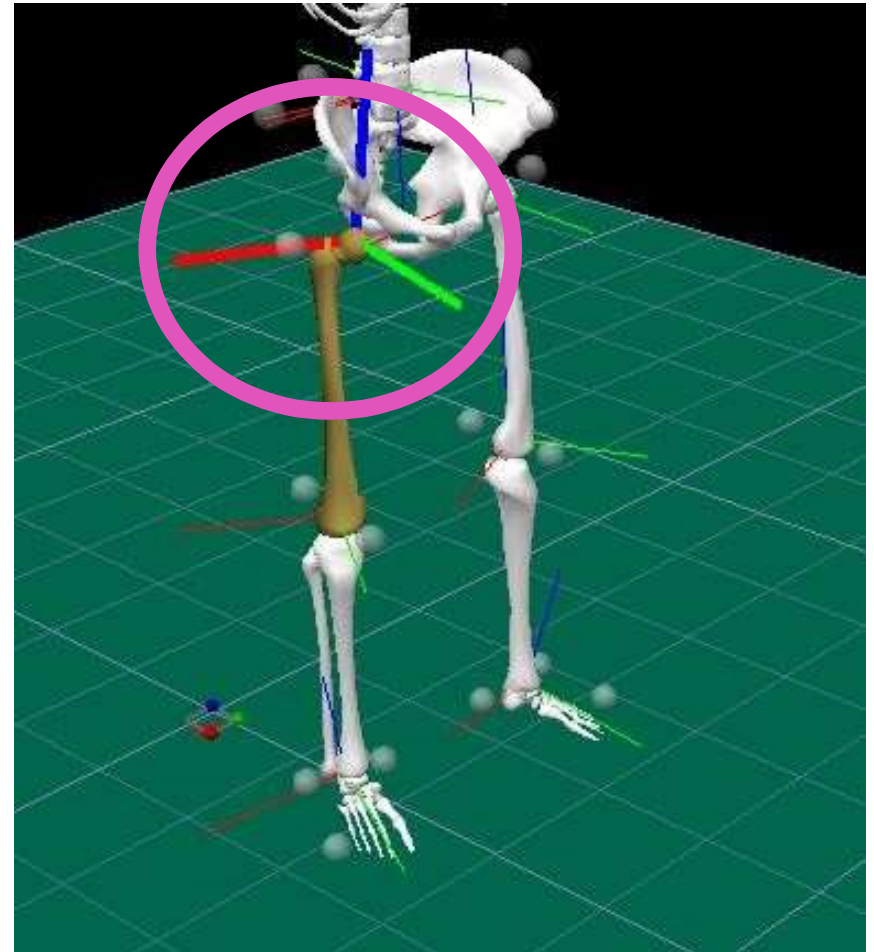
Sistema di riferimento GLOBALE

Esterno rispetto all'oggetto d'osservazione



Sistema di riferimento LOCALE

Interno rispetto all'oggetto d'osservazione



Grandezze vettoriali

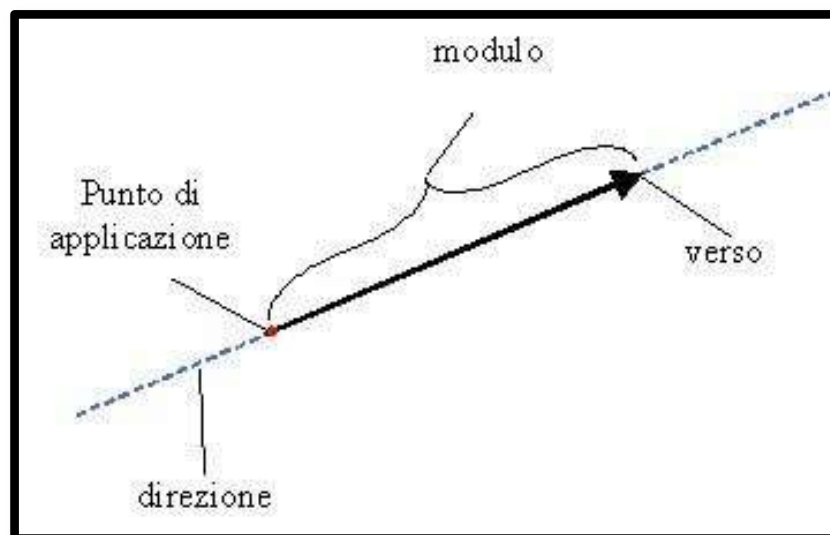
Grandezze **scalari**: caratterizzate da un **numero** e da una **unità di misura**

Es: tempo, temperatura, massa

Le grandezze **Vettoriali** (o Vettori) si definiscono con:

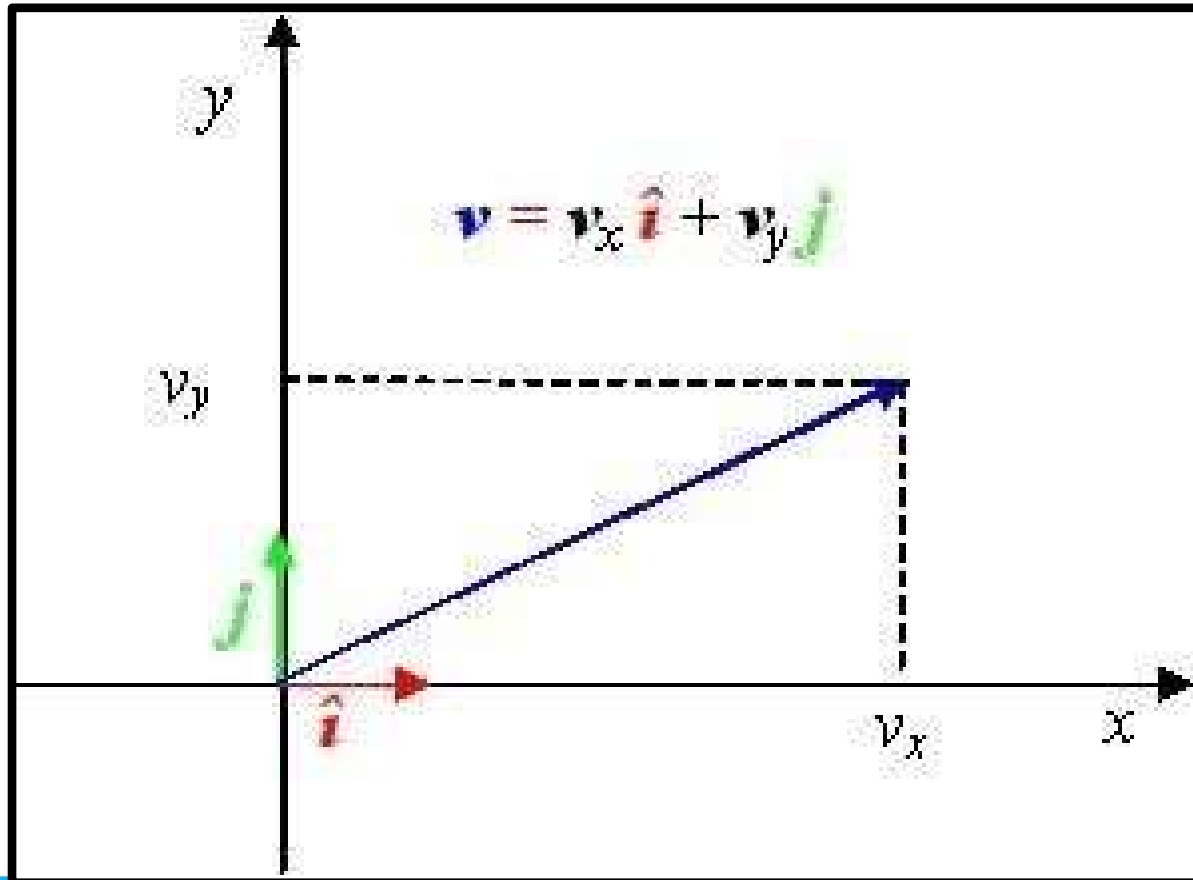
- un modulo (numero),
- punto di applicazione (punto di partenza),
- una direzione (retta su cui avviene il movimento),
- un verso (uno dei due modi in cui si può percorrere la direzione).

Es: spostamento, velocità, accelerazione



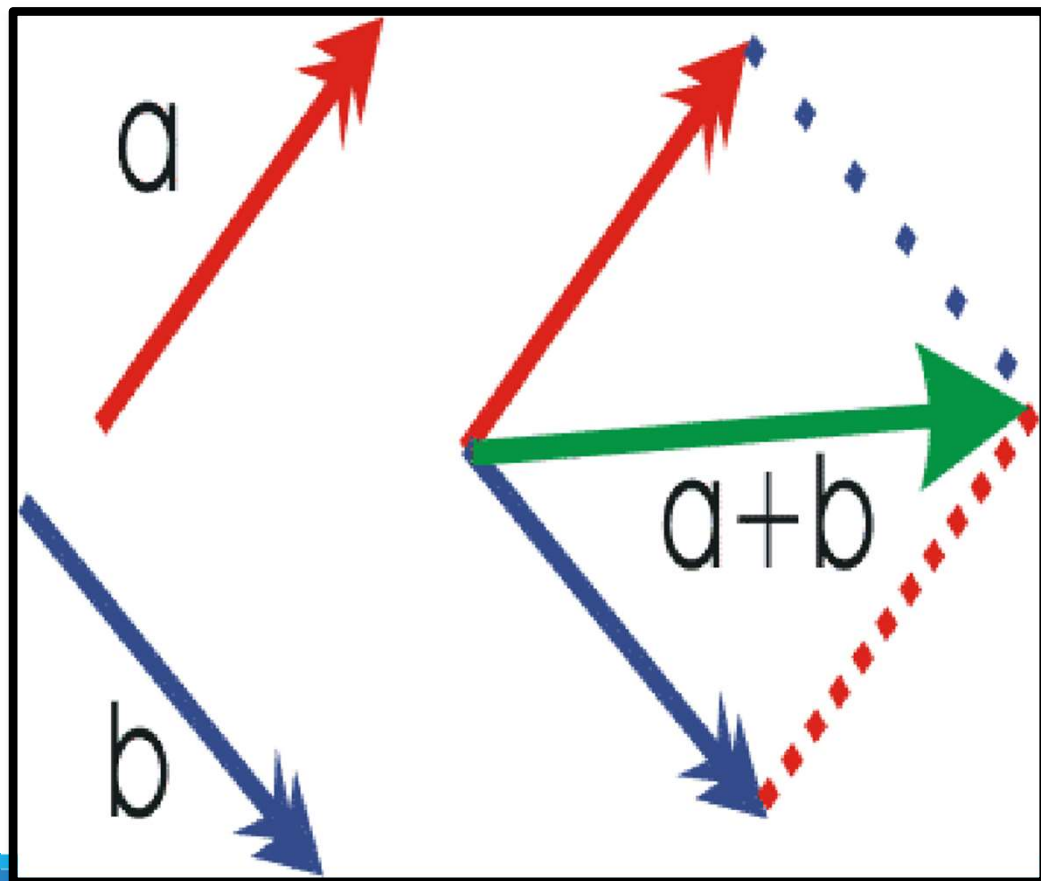
Scomposizione di un vettore

Il modulo di un vettore misura la sua lunghezza.



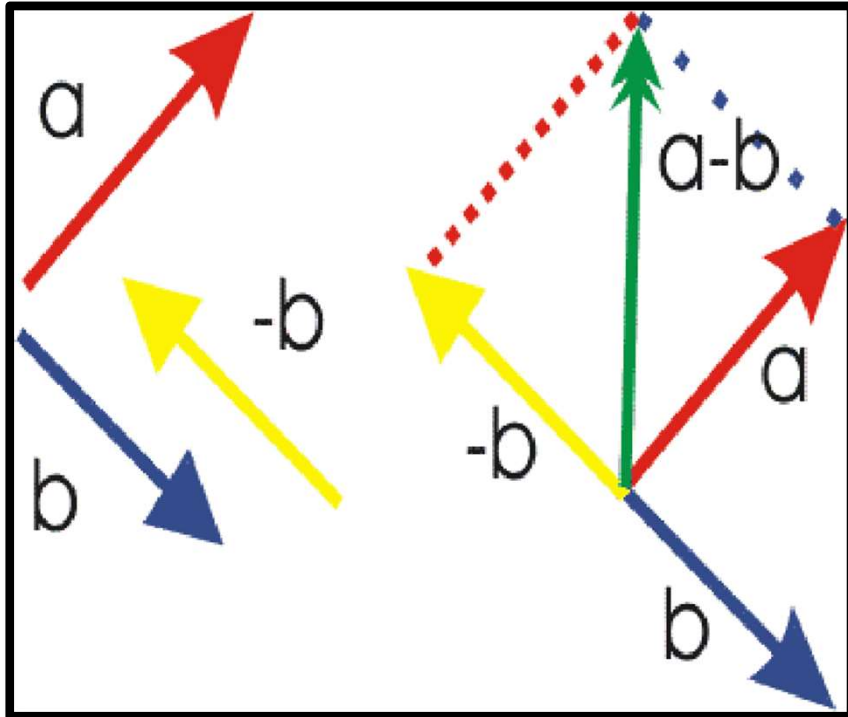
Sia \mathbf{v} un vettore centrato nell'origine, siano \hat{i} e \hat{j} due versori di modulo unitario. Per scomporre il vettore nelle sue componenti, basterà proiettare la sua punta sull'asse x (per ottenere la componente orizzontale) e sull'asse y (per ottenere la componente verticale).

Somma di vettori



Regola del Parallelogramma: per applicare questa regola, occorre costruire un parallelogramma di lati i vettori dati. La somma dei due vettori è la diagonale del parallelogramma che parte dal punto di applicazione di uno dei due, e arriva alla punta di uno dei due, come mostrato in figura.

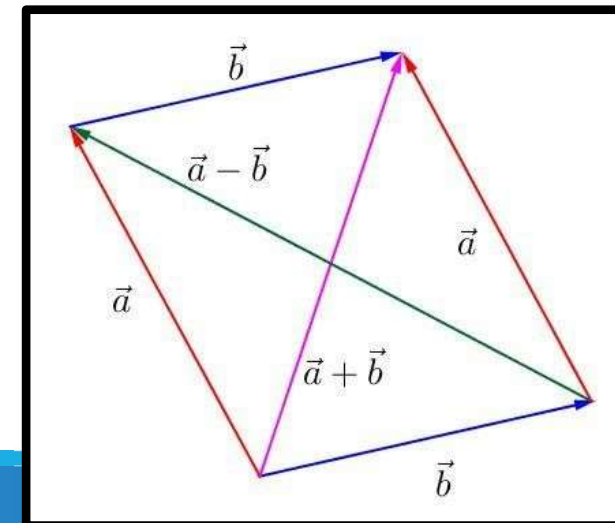
Differenze di vettori



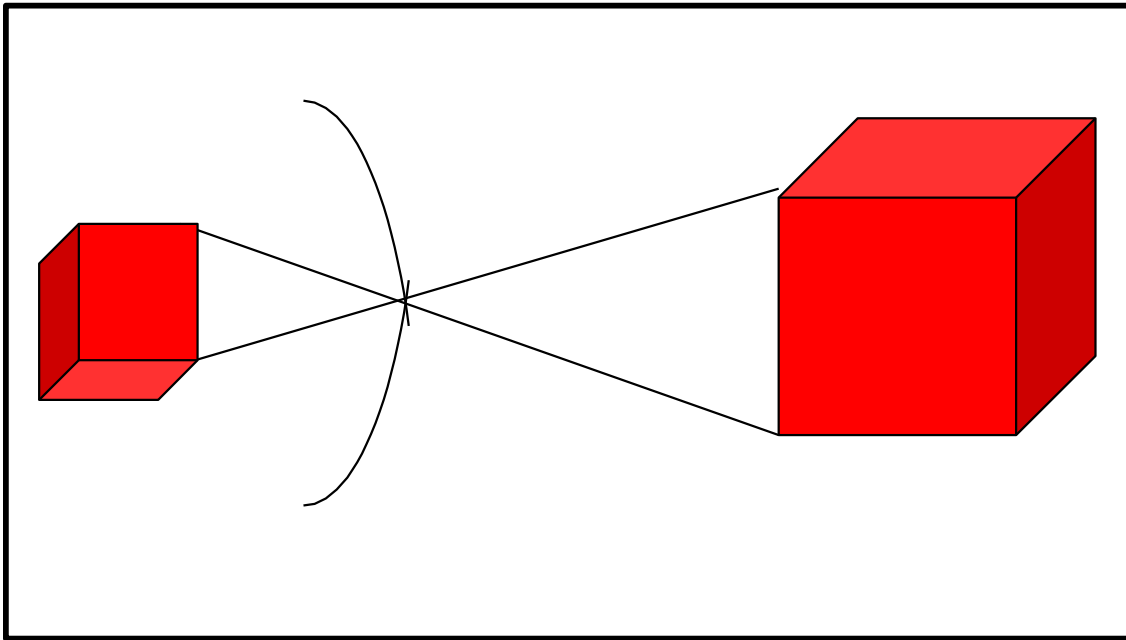
L'operazione inversa alla somma è la differenza. Per calcolare la differenza $\vec{a}-\vec{b}$ di due vettori \vec{a} , \vec{b} , è utile prima calcolare l'**opposto di un vettore**: dato un vettore \vec{v} , il suo opposto $-\vec{v}$ è quel vettore che ha medesimo modulo e direzione, ma verso contrario.

La differenza tra \vec{a} e \vec{b} è la somma vettoriale tra \vec{a} e l'opposto di \vec{b} , $-\vec{b}$

Usando la regola del parallelogramma, è facile identificare la differenza di due vettori: si tratta dell'altra diagonale rispetto a quella usata per costruire la somma. Questa diagonale identifica modulo e direzione; il verso di $\vec{a}-\vec{b}$ è quello che dalla punta di \vec{b} punta verso la punta di \vec{a}



Trasformazioni Geometriche

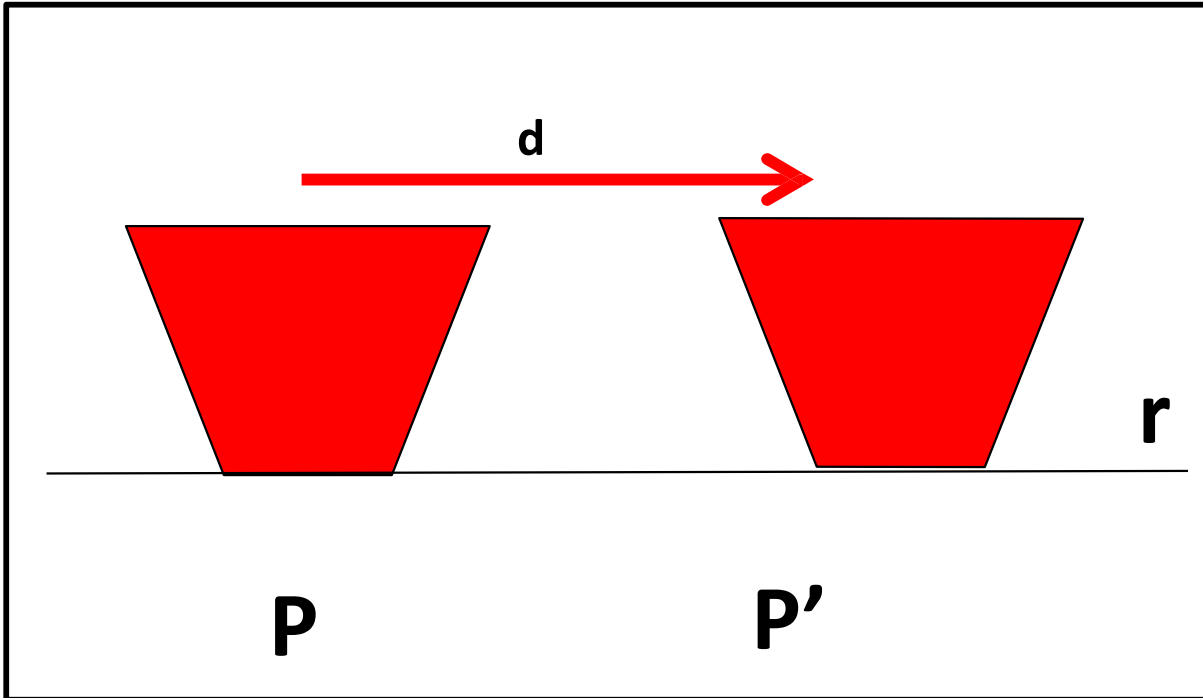


Una trasformazione geometrica è una corrispondenza biunivoca fra i punti di un piano. (E' una qualunque operazione che ha l'effetto di modificare la descrizione geometrica di un oggetto).

Si chiamano:

- **Invarianti** le caratteristiche che rimangono inalterate.
- **Varianti** le caratteristiche che si modificano.
- **Elementi Uniti** gli elementi che hanno per trasformati se stessi.

Traslazione



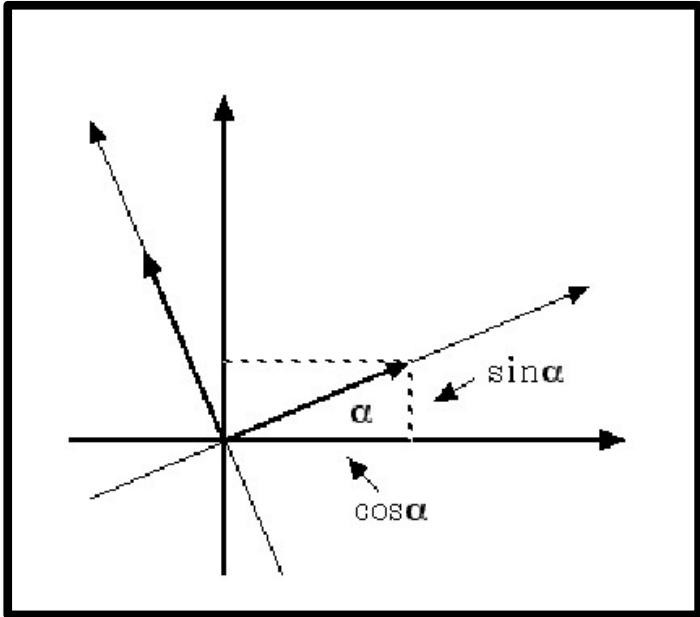
Una traslazione è una trasformazione geometrica che sposta tutti i punti di una distanza fissa nella stessa direzione.

Gli elementi che caratterizzano la traslazione sono quindi tre:

- La sua **lunghezza** (d)
- La sua **direzione** (parallela ad r)
- Il suo **verso** (da sinistra a destra)

Queste **tre caratteristiche definiscono un** segmento orientato, chiamato **vettore**.

Rotazione intorno ad un Punto



Trasformazione rigida che lascia un solo punto fisso (centro di rotazione)

In generale, una rotazione è una trasformazione che:

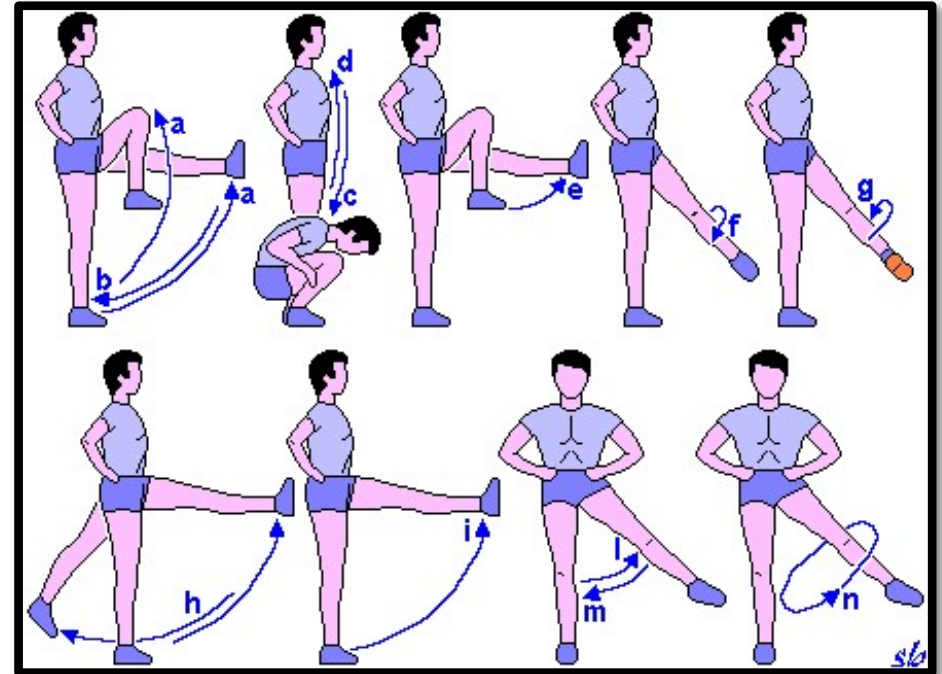
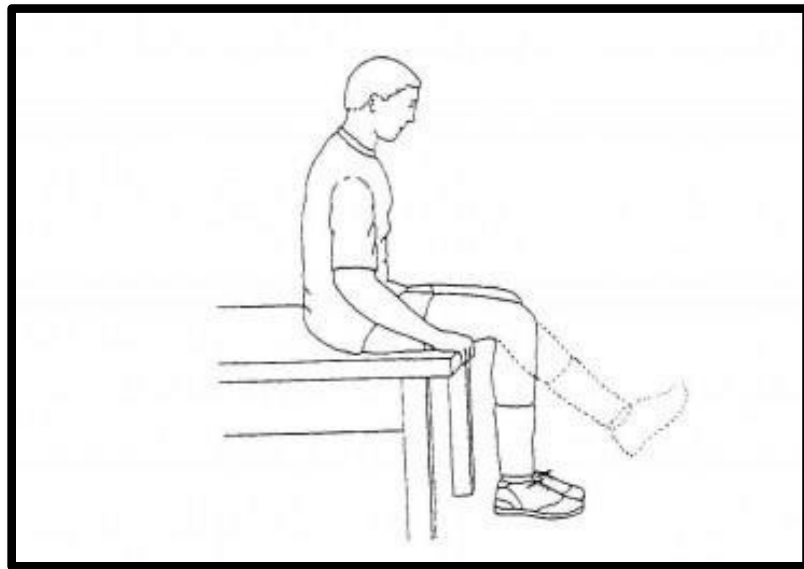
- non cambia la distanza tra i punti (è *rigida*)
- lascia fisso un punto: *centro di rotazione*

La rotazione attorno ad un punto è una **trasformazione** che mantiene **invariate tutte le misure lineari e angolari**.

Per definire una rotazione è necessario che siano dati:

- Un punto, detto **centro** di rotazione
- L'ampiezza dell'**angolo** di rotazione
- Il **verso** di rotazione (orario o antiorario)

Rotazione intorno ad un Asse

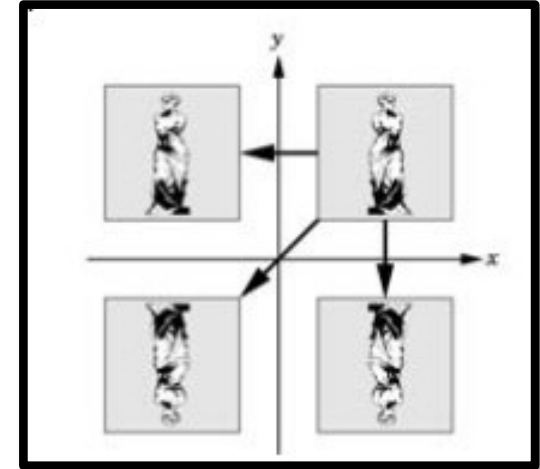
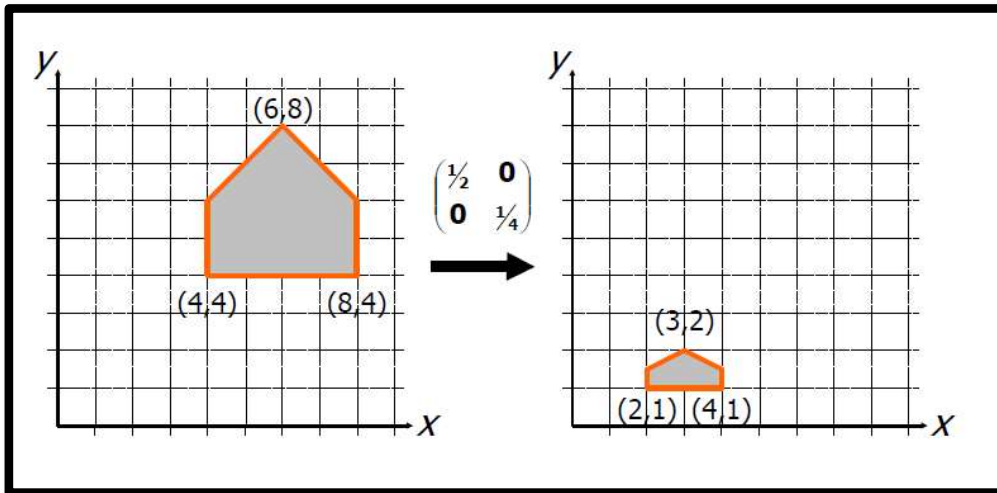


È la rotazione di un vettore nello spazio.

Per ruotare un vettore intorno ad un asse, bisogna moltiplicare il vettore stesso (x, y, z) per una *matrice di rotazione*, che è differente a seconda dell'asse di rotazione scelto.

Scalature

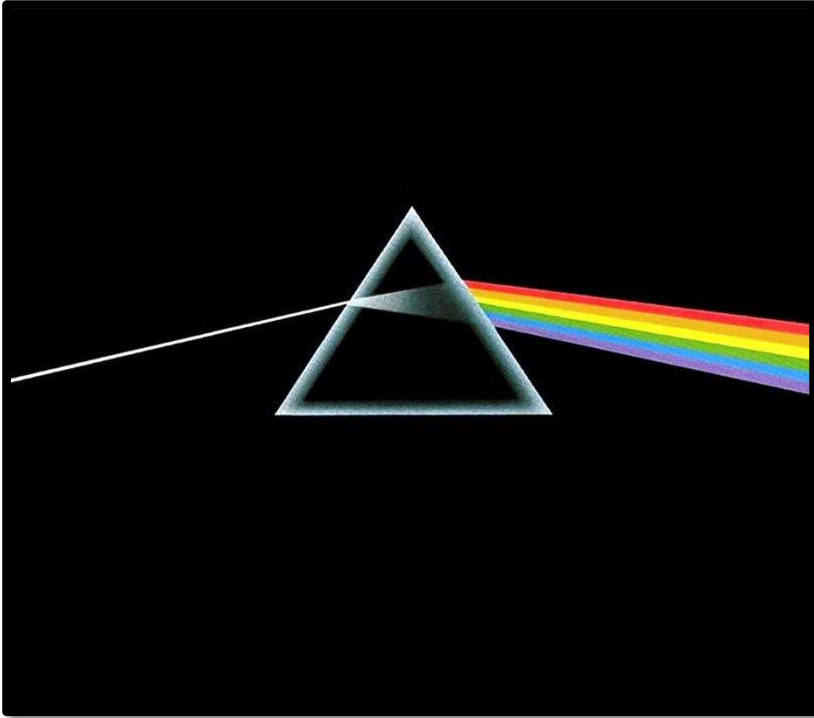
Trasformazione che lascia un punto fisso e dilata/comprime lo spazio attorno a quel punto in una o più direzioni per un dato *fattore di scala*.



Fattori di scala negativi producono *riflessioni*

- **Scalatura uniforme:** dilata/comprime dello stesso fattore di scala nelle tre direzioni.
- **Scalatura direzionale:** dilata solo lungo una direzione (arbitraria)

Ottica Geometrica



L'ottica studia la propagazione della luce.

Non si occupa quindi della natura della luce né di come essa è prodotta.

In prima approssimazione si osserva sperimentalmente che **la luce si propaga, in mezzi omogenei, per raggi che non sono altro che linee rette.**

Lo studio della propagazione della luce tramite raggi è l'oggetto dell'**ottica geometrica**.

L' *ottica* è la parte della fisica che descrive il comportamento e le proprietà della luce e l'interazione della luce con la materia.

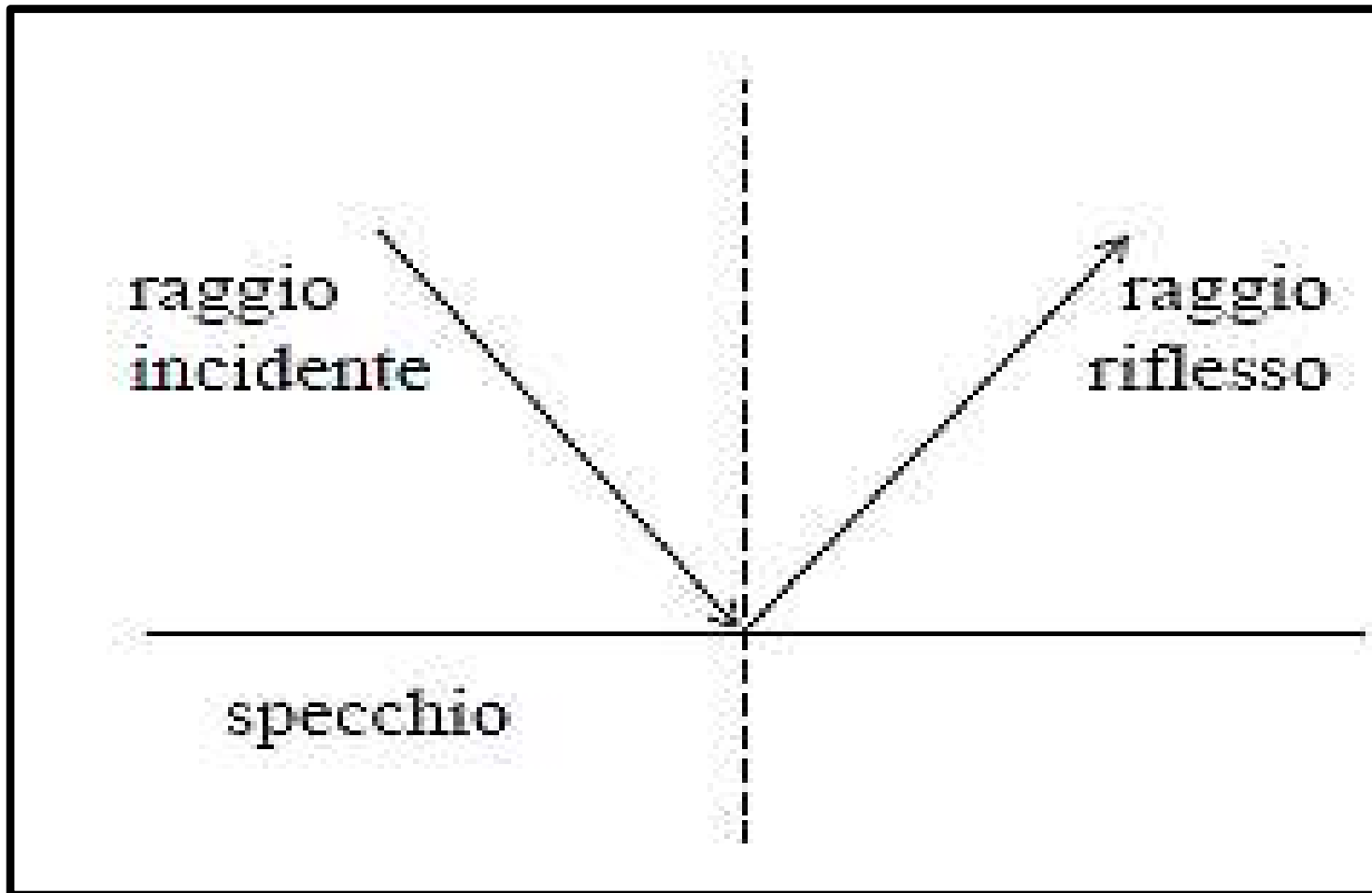
1. La sorgente di luce (ci sono oggetti che emettono luce)
2. L'oggetto (ci sono oggetti che rimandano la luce)
3. L'occhio (parte della luce entra nella pupilla e arriva sulla retina)
4. Il cervello (che interpreta i segnali ricevuti dalla retina).

Ottica geometrica

I fenomeni tipici dell'ottica geometrica sono:

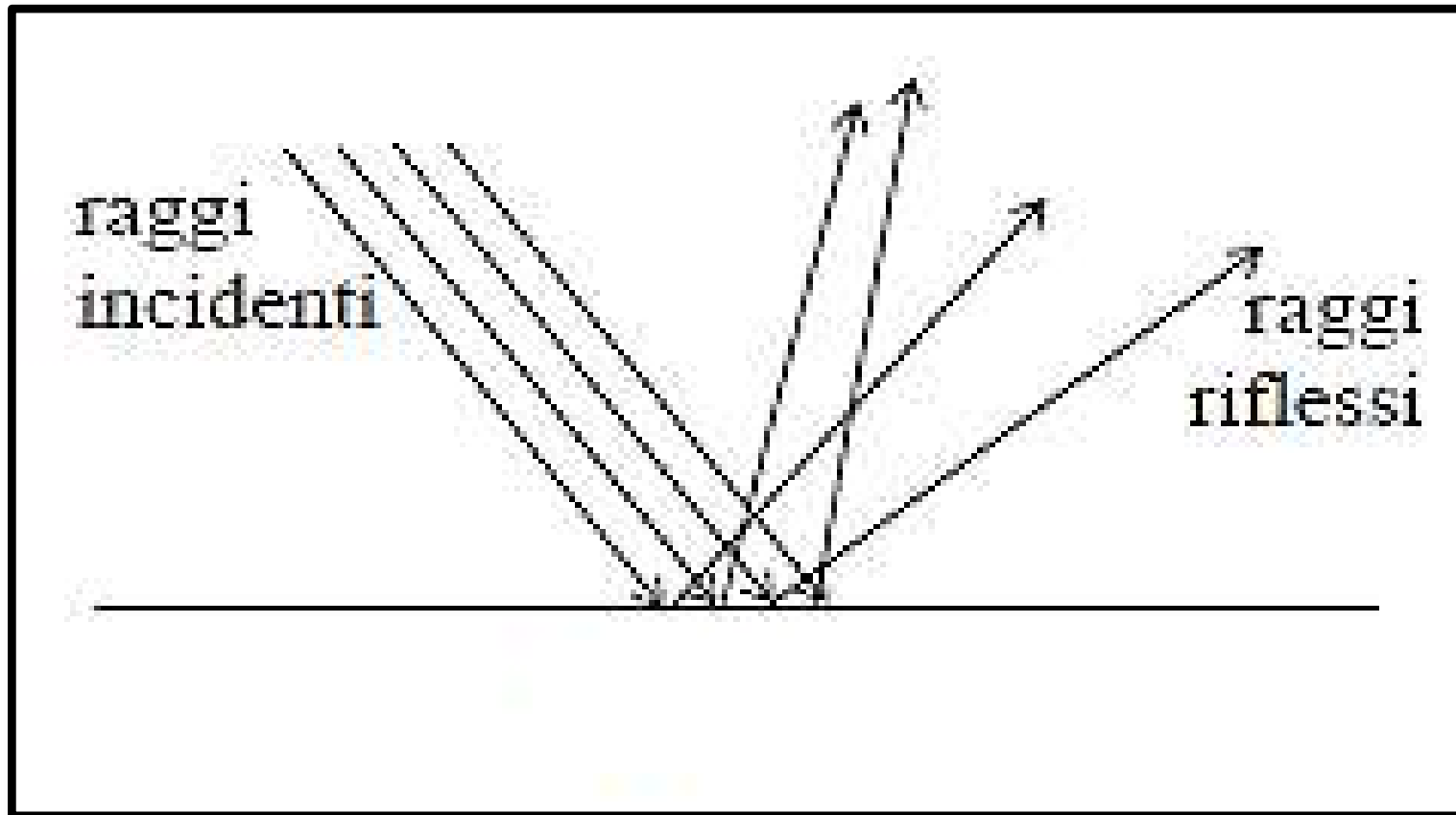
- la **riflessione**
- la **diffusione**
- la **rifrazione**
- la **dispersione**

Riflessione



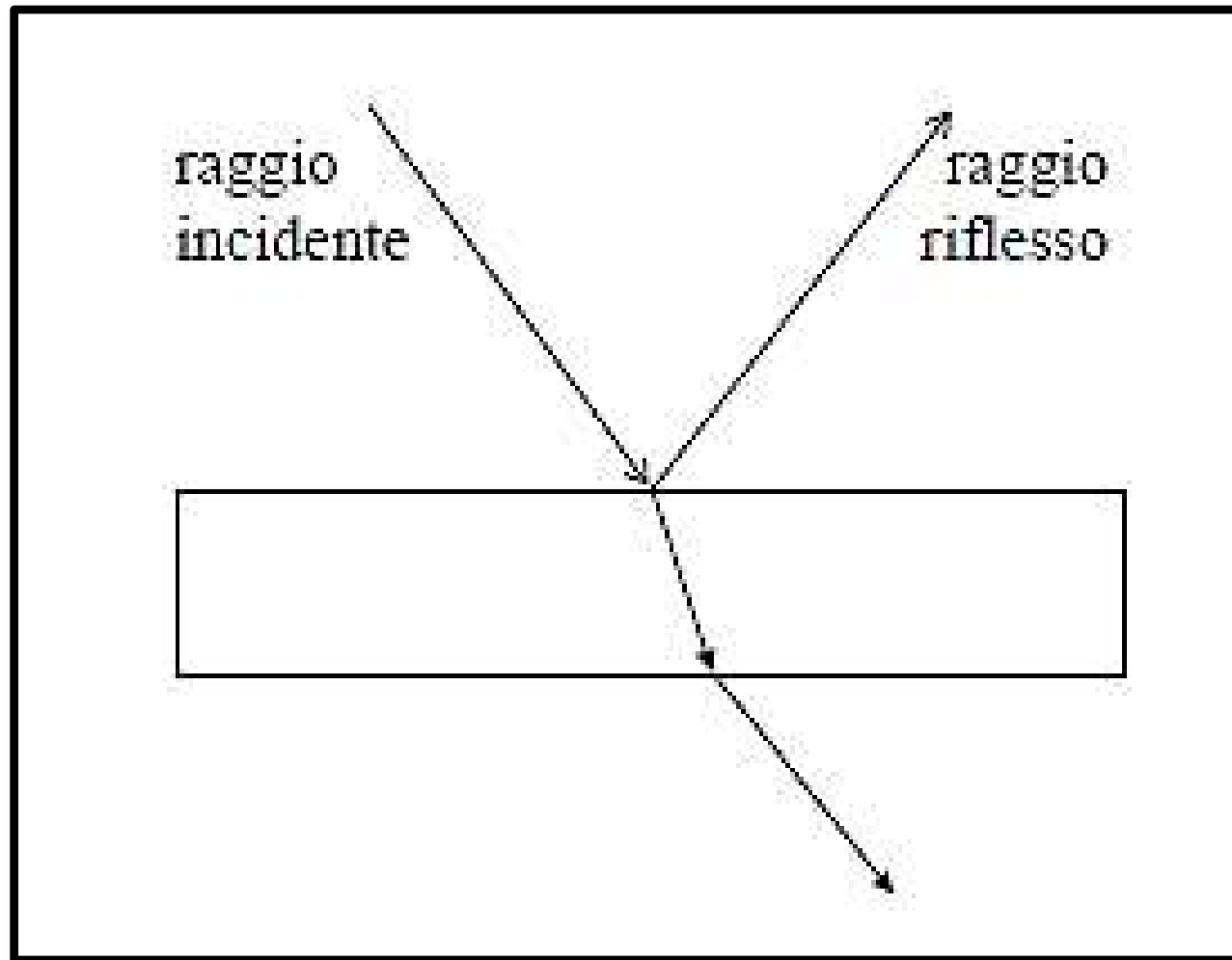
La *riflessione* è il fenomeno con cui un raggio di luce viene riflesso (completamente) da una superficie speculare (uno specchio), mantenendo invariato l'angolo di incidenza.

Diffusione



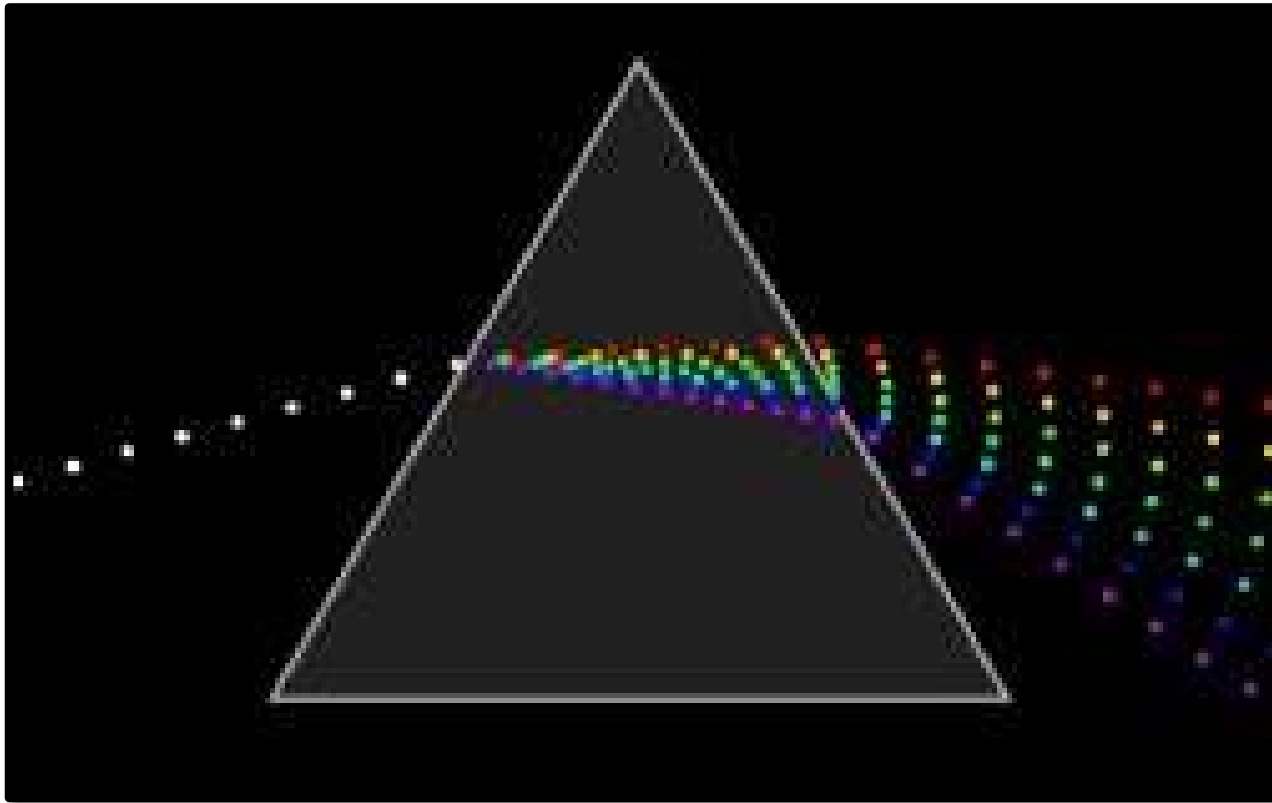
La *diffusione* è il fenomeno per cui i raggi di luce vengono riflessi in ogni direzione da una superficie non speculare. I raggi inizialmente paralleli vengono riflessi in ogni direzione dalla non uniformità microscopica (vi sono varie superfici riflettenti secondo angoli diversi) della superficie riflettente.

Rifrazione



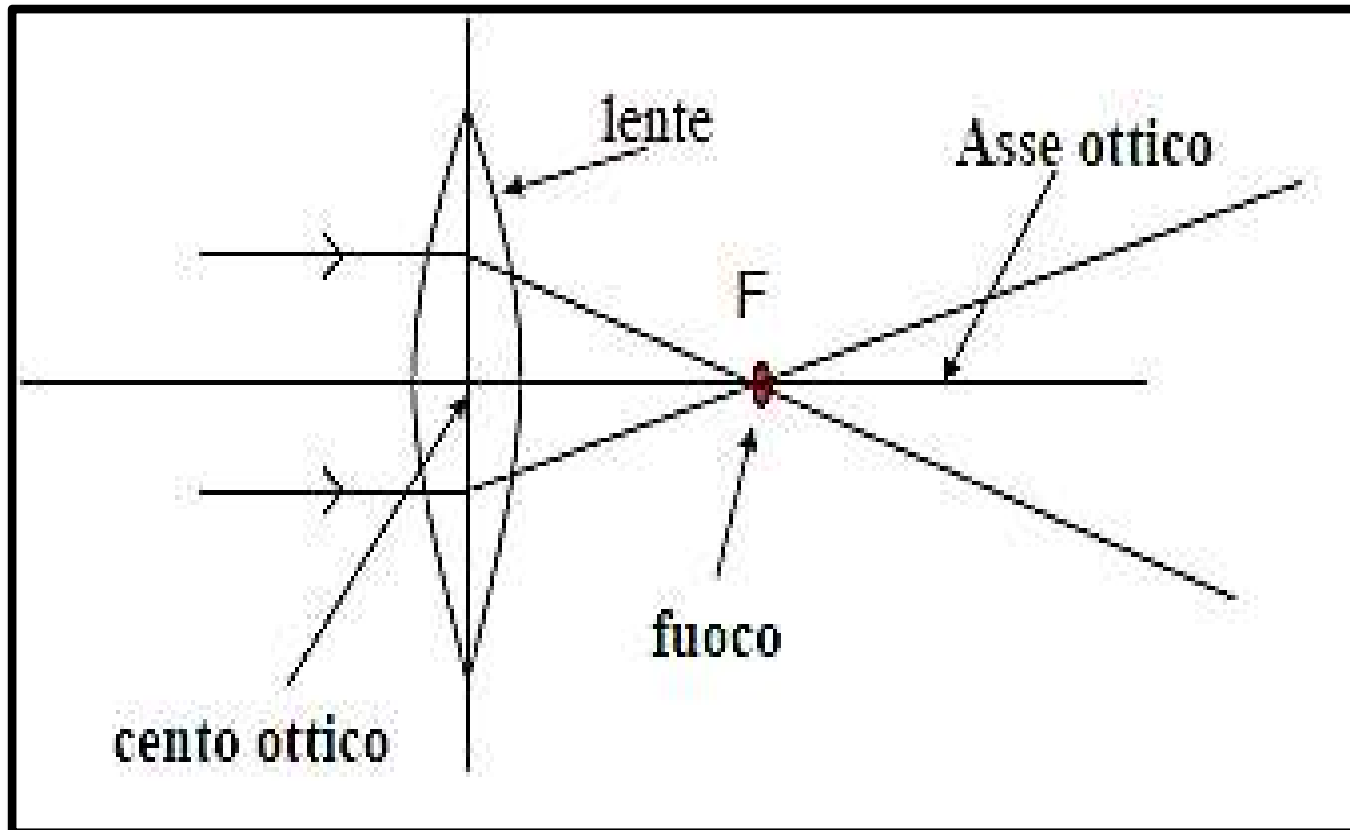
La **rifrazione** è il fenomeno per cui un raggio di luce, passando da un mezzo trasparente in un altro, di diversa densità, devia il proprio percorso, in altre parole una parte dei raggi viene riflessa, una parte dei raggi attraversa la superficie.

Dispersione



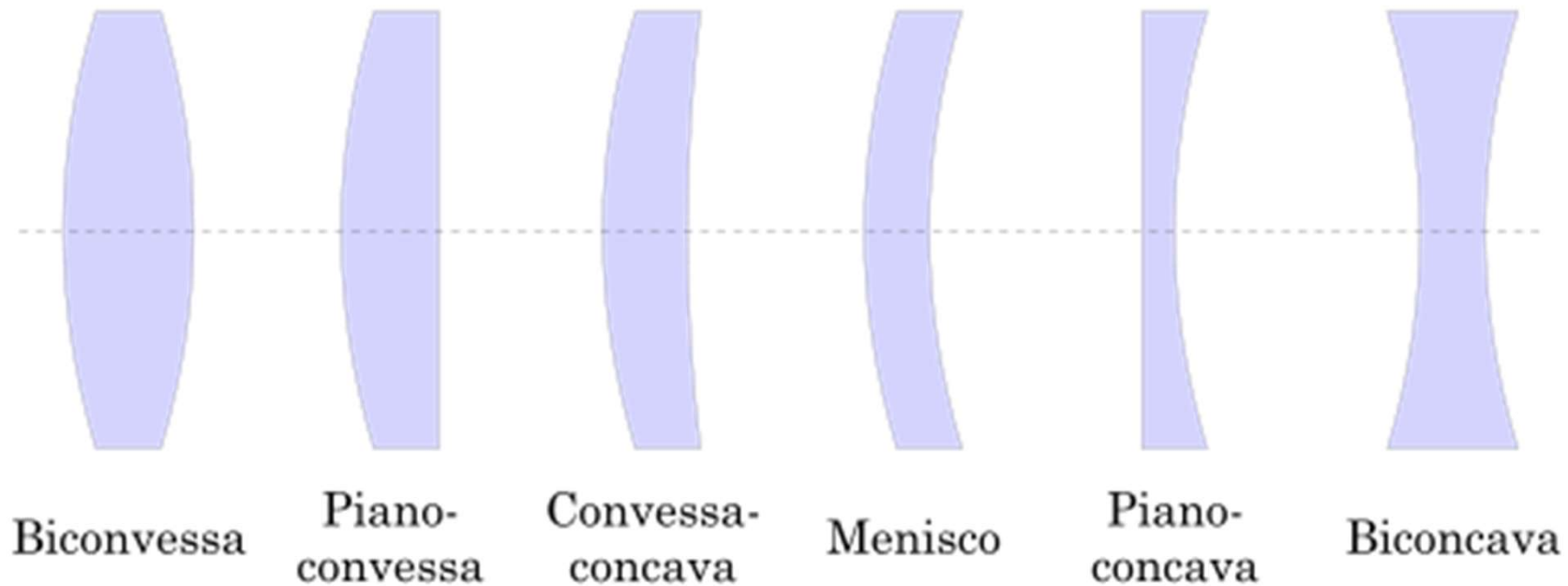
La *dispersione* è il fenomeno per cui la luce bianca, passando attraverso un prisma, si scompone nei vari colori che la compongono che vanno dal rosso al violetto, i sette colori dell'arcobaleno. La variazione dell'indice di rifrazione con la lunghezza d'onda produce la separazione dei colori in un fascio di luce bianca. Il rosso è il meno deviato, il violetto il più deviato.

Le lenti

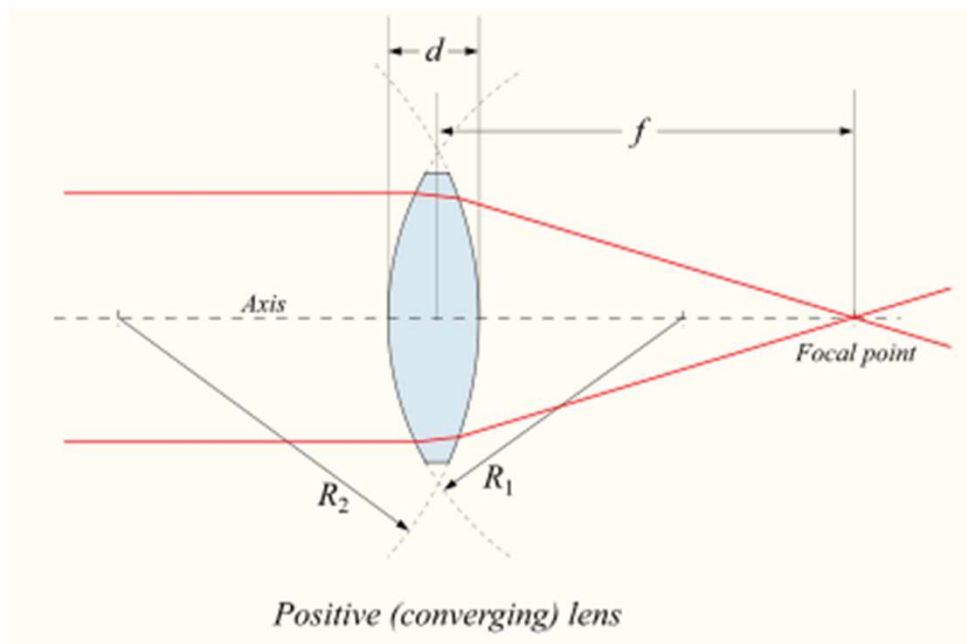


- *Asse ottico*: è la retta che congiunge i centri di curvatura delle due facce della lente;
- *Centro ottico*: è il punto dell'asse ottico che divide a metà lo spessore della lente;
- *Fuoco*: punto in cui convergono tutti i raggi paralleli all'asse ottico.

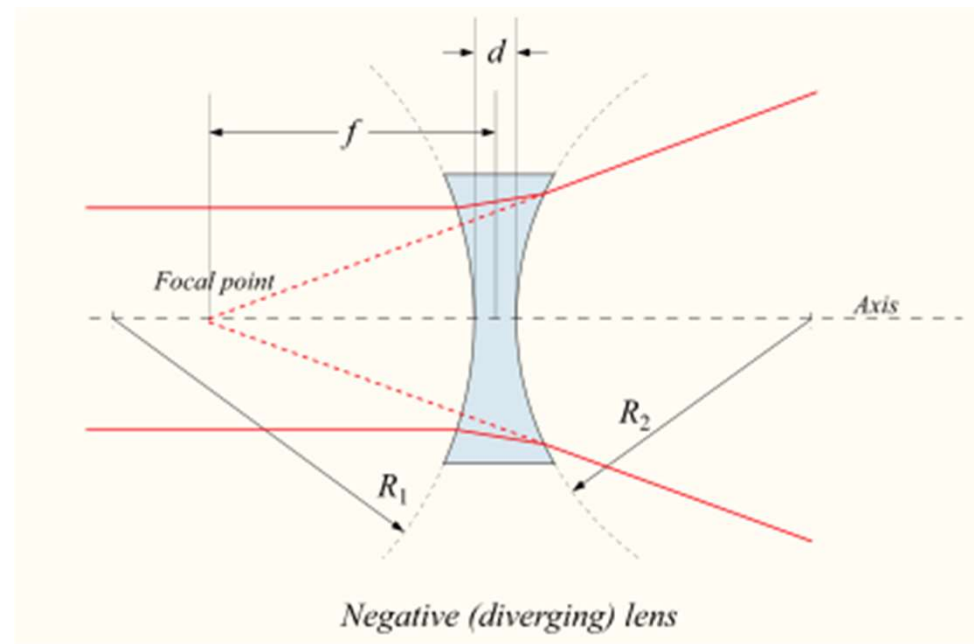
Esempi di tipi di lente



Lente convergente



Lente divergente



Meccanica

La **meccanica classica** è quella branca della fisica che **studia il movimento** di uno o più corpi. Essa è sufficiente a descrivere con grande accuratezza i fenomeni che possiamo osservare nella vita di tutti i giorni.

Si divide in tre grandi parti, in funzione del particolare aspetto del problema analizzato:

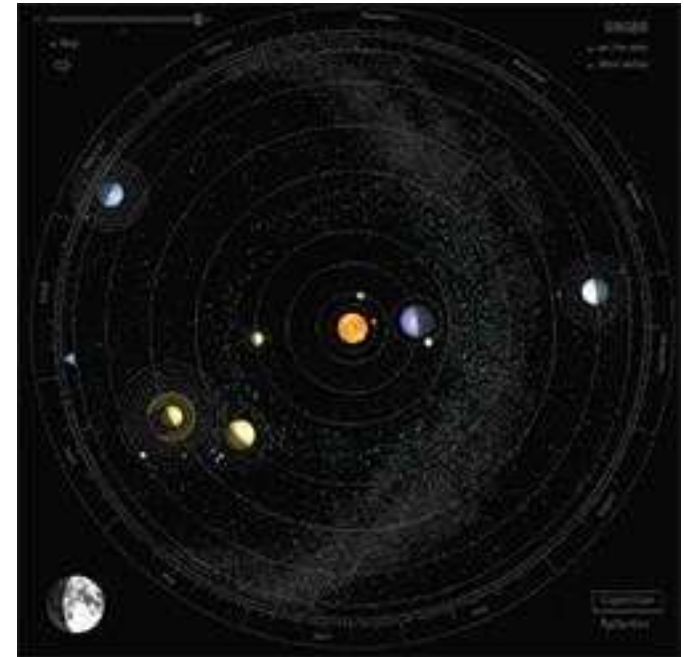
- **Statica:** studia i **corpi in equilibrio**. L'equilibrio può essere statico o dinamico. Il termine *στασις* (*stasis*) in greco antico significa “stasi”, ovvero lo stare, l'assenza di movimento.
- **Cinematica:** si occupa di descrivere il **movimento** di un corpo, indipendentemente dalle cause che lo hanno prodotto. Viene dal greco antico *κίνησις* (*kinésis*), che vuol dire, appunto, “movimento”.
- **Dinamica:** studia le **cause** che determinano il movimento di un corpo. Deriva dal greco antico *δυναμις* (*dinamis*), che vuol dire “forza”.

Punto materiale

Per poter descrivere con esattezza i fenomeni che ci circondano, la meccanica classica opera un'astrazione delle condizioni presenti, ossia semplifica il sistema reale in delle entità matematiche, che possono essere descritte da precise leggi, oggetto appunto dello studio della meccanica.

Il **punto materiale** è un corpo le cui **dimensioni sono trascurabili nel sistema di riferimento scelto**, ovvero non influenzano l'esito dell'esperienza fisica. È il modello di un corpo reale, ed è un punto in cui si immagina concentrata tutta la **materia** presente nel corpo. Esso è utile quando il corpo reale si può considerare di dimensioni trascurabili rispetto al contesto in cui si trova, e tutte le forze possono essere considerate applicate nello stesso punto.

Il punto materiale non ha dimensioni, e può solo effettuare moti **traslatori**; inoltre ha una massa e quindi una forza peso.



Corpo Rigido

Si definisce *corpo rigido* un particolare sistema di punti materiali in cui le **distanze, tra due qualunque dei suoi punti, non variano nel tempo.**

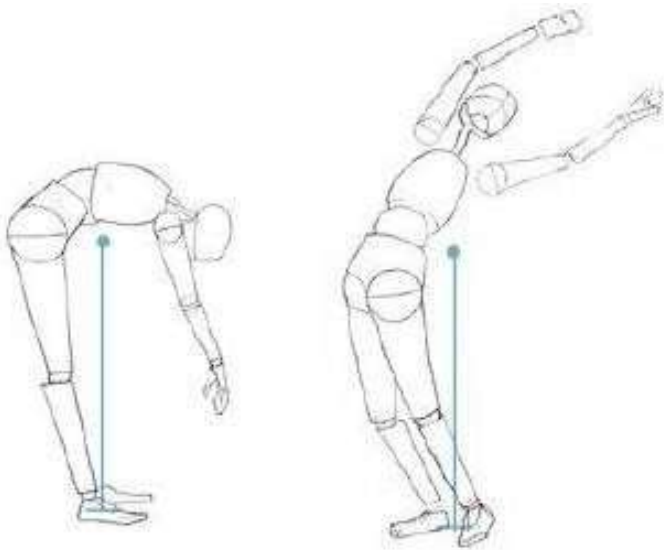
Il corpo rigido è il modello di un corpo reale dotato di estensione e che non è possibile ridurre ad un punto materiale. Sottoposto all'azione delle forze, il corpo rigido non subisce deformazioni apprezzabili.

Il corpo rigido può effettuare due tipi di moto: **traslatorio** e **rotatorio**.

Osservazioni:

- un corpo rigido non subisce alcuna deformazione anche se sottoposto a sollecitazioni estremamente elevate. Il corpo rigido **conserva la sua forma.**
- il corpo rigido è un'astrazione: in natura non ci saranno mai corpi *perfettamente* rigidi.

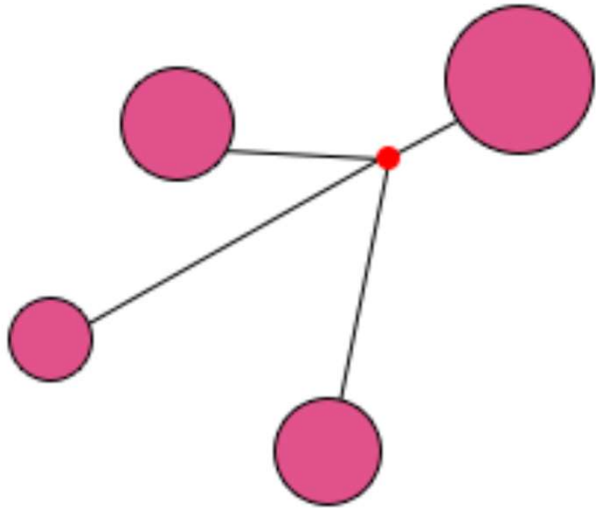
Il Centro di Massa (COM) del corpo umano non è un punto anatomico fisso, esso non ha una posizione fissa rispetto ai punti di repere anatomici (come l'ombelico). In alcuni casi, può anche trovarsi al di fuori del corpo. La sua posizione varia al variare di come sono distribuite le masse associate a ciascun segmento corporeo.



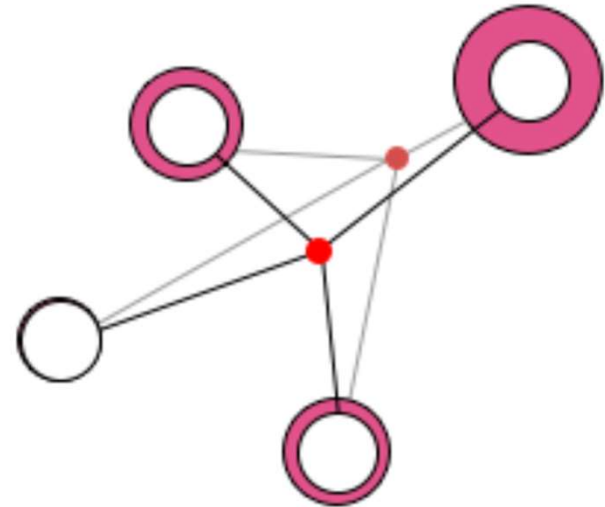
Rappresentiamo un corpo come un insieme di punti (particelle) a ciascuno dei quali attribuiamo una “materialità” e quindi una massa: la posizione del centro di massa di un insieme di punti è uguale alla media pesata della posizione dei singoli punti. Il peso associato a ciascun punto è uguale alla sua massa.

Se un corpo è costituito da materiale omogeneo (stesso materiale in tutte le sue parti), allora il COM coincide con il centro geometrico.

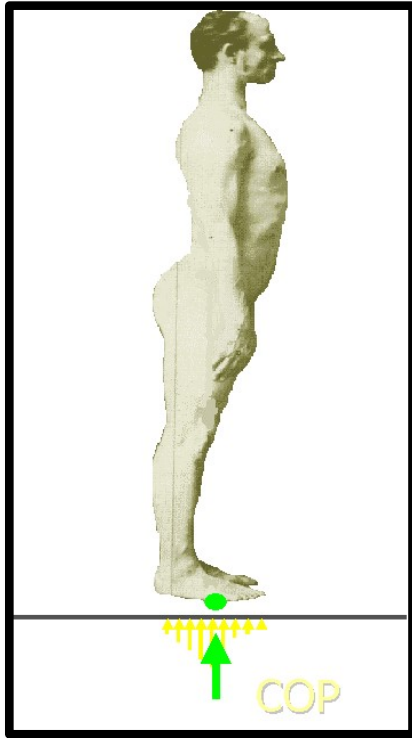
Oggetto con punti con massa non omogenea



Oggetto con punti con massa omogenea



Il Centro di Pressione (COP) è il punto di applicazione del vettore forza corrispondente alla reazione vincolare del suolo e rappresenta una media pesata delle pressioni sulla superficie di contatto con il suolo.

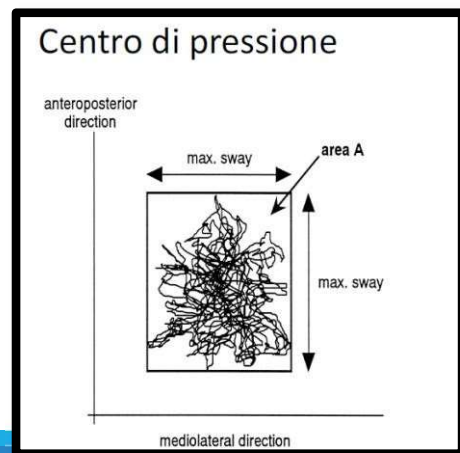


COM e COP sono da un punto di vista biomeccanico strettamente collegate: possiamo dire che una dipende dall'altra, ma **NON sono la stessa cosa**.

La differenza di significato fisico delle due variabili può essere così riassunta :

- **COP:** E' la manifestazione delle forze agenti sulla caviglia per il mantenimento della postura eretta e fornisce quindi un importante strumento per indagare le strategie di controllo e verificare i modelli sperimentali. Non rappresenta il movimento, ma l'entità fisica che lo genera.

- **COM:** E' la posizione del centro di massa del sistema che viene continuamente spostato dalle forze in gioco. Rappresenta il movimento vero e proprio.



Statica

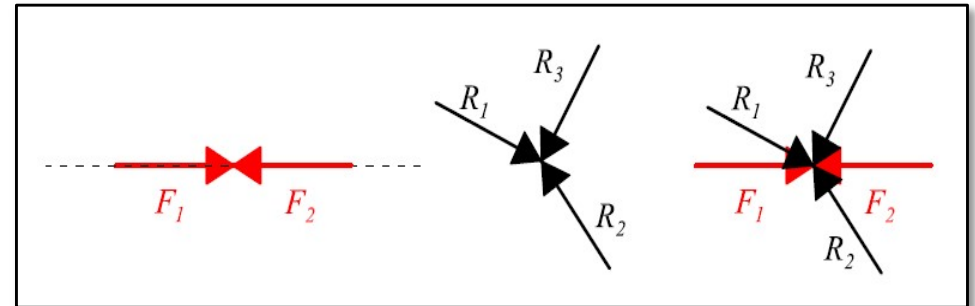
La Statica è la parte della Meccanica che si occupa dello studio dell'equilibrio dei corpi, ovvero di quella condizione che consiste nel permanere indefinito dei corpi stessi in uno stato di quiete o di moto rettilineo uniforme. Tale studio coinvolge le possibili cause che possono perturbare lo stato di quiete di un corpo (forze interne o esterne), nonché le azioni esplicitate dai vincoli (reazioni vincolari).



Un punto (materiale) persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme se la risultante delle forze su di lui applicate è un vettore nullo.

Equilibrio di un punto materiale

Un punto materiale è in **condizione di equilibrio** quando la somma delle forze che agiscono sul punto è nulla.



Tale condizione può verificarsi se:

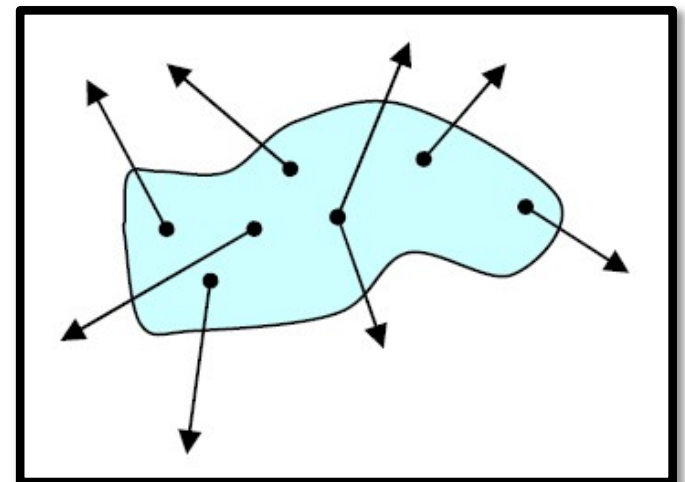
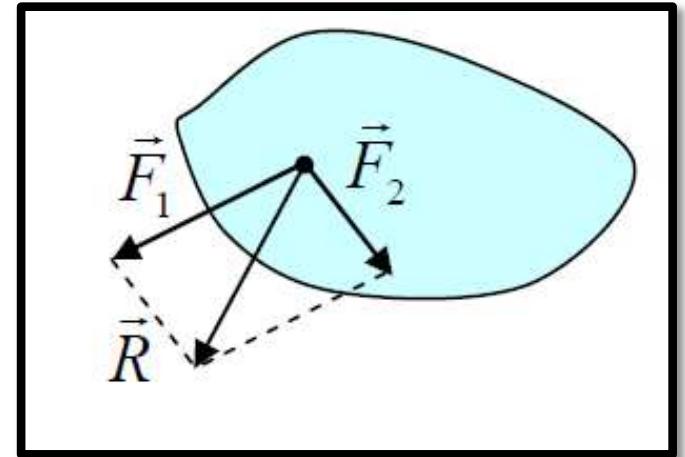
- sul corpo non agisce nessuna forza;
- sul corpo agiscono due forze uguali (per modulo e direzione) ed opposte (per verso);
- sul corpo agiscono tre o più forze la cui somma vettoriale risulta essere un vettore nullo.

Equilibrio di un corpo rigido

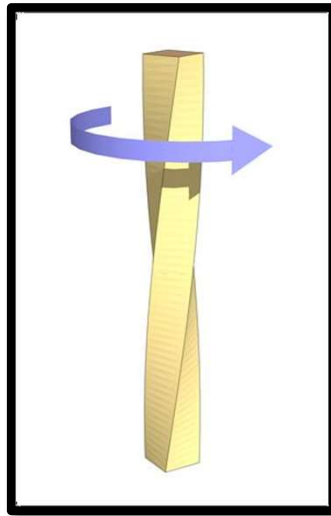
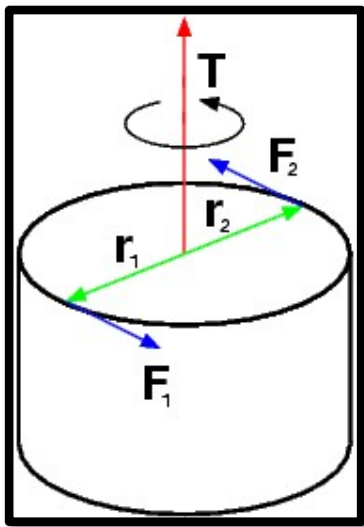
Un *corpo rigido* è un corpo esteso, composto di particelle le cui distanze reciproche restano sempre invariate. Un corpo rigido è cioè un oggetto *indeformabile*

Se le forze sono applicate tutto nello stesso punto del corpo rigido, la risultante è semplicemente la somma vettoriale delle singole forze, calcolata come di consueto con la regola del parallelogramma.

Ma a differenza di un punto materiale, su un corpo rigido le forze possono essere applicate anche in punti distinti e allora diviene più complesso determinare la risultante.



Momenti



Il momento è l'equivalente rotazionale del concetto di forza. Ciò che conta per determinare la rotazione è il prodotto della forza per il suo braccio ovvero il suo momento.

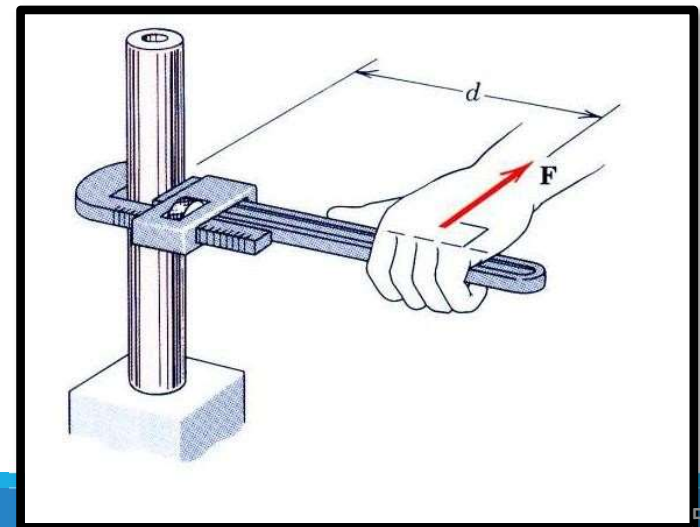
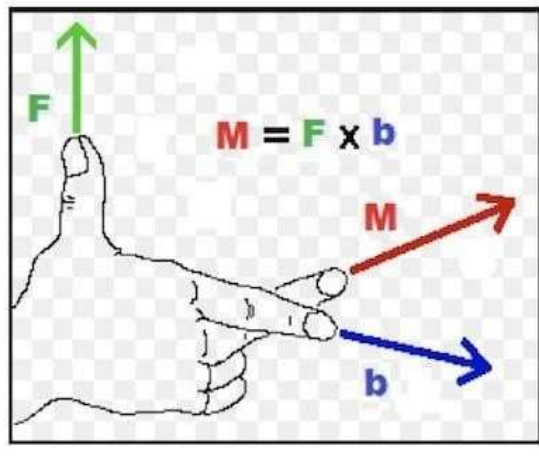
$$T = F \cdot r$$

T = Momento

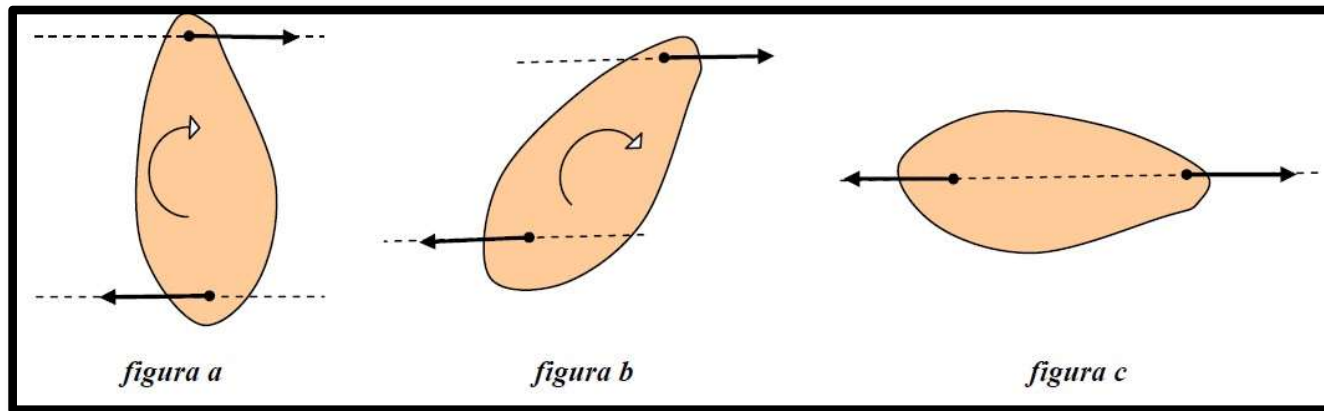
F = Forza

r = Braccio

Il braccio di una forza F rispetto ad un punto A è la distanza della direzione di F rispetto ad A.



Se al corpo rigido è applicata una coppia di forze (che ha risultante nulla), il corpo rigido inizierà a ruotare (*figura b*), finché le forze non si dispongono sulla stessa retta d'azione (*figura c*).



Concludendo, possiamo affermare che **un corpo rigido è in equilibrio quando esso non trasla né ruota.**

Affinché ciò si verifichi, è sufficiente che:

1. la risultante delle forze sia uguale a zero; ciò assicura l'assenza di movimenti di traslazione;
2. la risultante dei momenti delle forze sia uguale a zero; ciò assicura l'assenza di movimenti di rotazione.

Macchine

Si chiama **macchina** un dispositivo mediante il quale è possibile *equilibrare o vincere* una forza (forza **resistente**) con un'altra (forza **potenza**) non uguale e contraria.

Il rapporto tra la forza resistenza e la forza potenza è detto **guadagno** della Macchina.

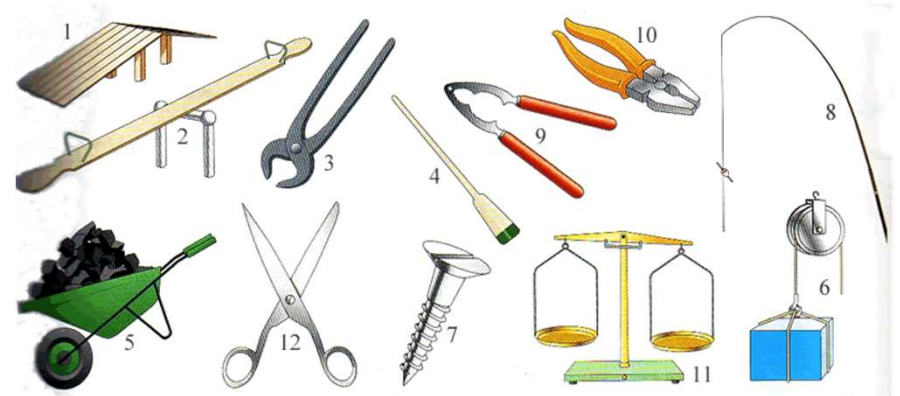
$$\text{Guadagno} = F_R / F_P$$

Si chiamano **semplici** le macchine le cui singole parti non costituiscono a propria volta altre macchine.

Si chiamano **complesse** le macchine che risultano da un'opportuna combinazione di macchine semplici.

Una macchina è detta

- **vantaggiosa** se il guadagno è maggiore di 1 (la forza motrice è minore della forza resistente)
- **svantaggiosa** se il guadagno è minore di 1 (la forza motrice è maggiore della forza resistente).

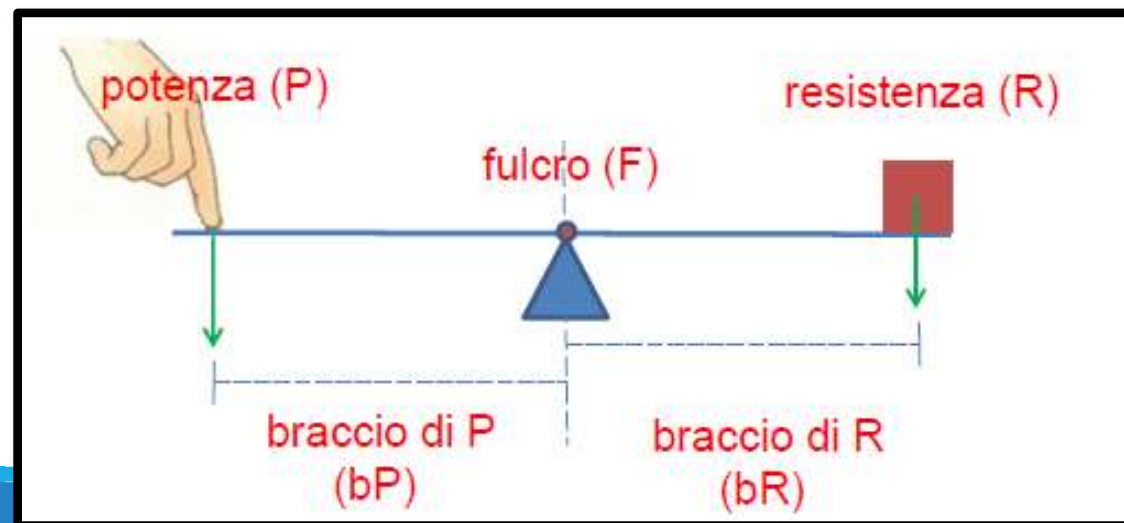


Leve

Una leva è un'asta rigida capace di ruotare attorno ad un punto chiamato **fulcro**.

I bracci di una leva sono anche indicati con i termini di **braccio-potenza** (bp) e **braccio- resistenza** (br); il primo è il braccio al quale bisogna applicare una forza (Potenza P) per equilibrare la forza resistente applicata all'altro braccio (Resistenza R).

- **asta** rigida indeformabile
- ruota attorno ad un **fulcro**
- **potenza** (forza attiva, quella da applicare)
- **resistenza** (forza passiva, quella da vincere)
- **braccio** (distanza che intercorre tra fulcro e punto di applicazione della potenza/resistenza e determina la vantaggiosità della leva)



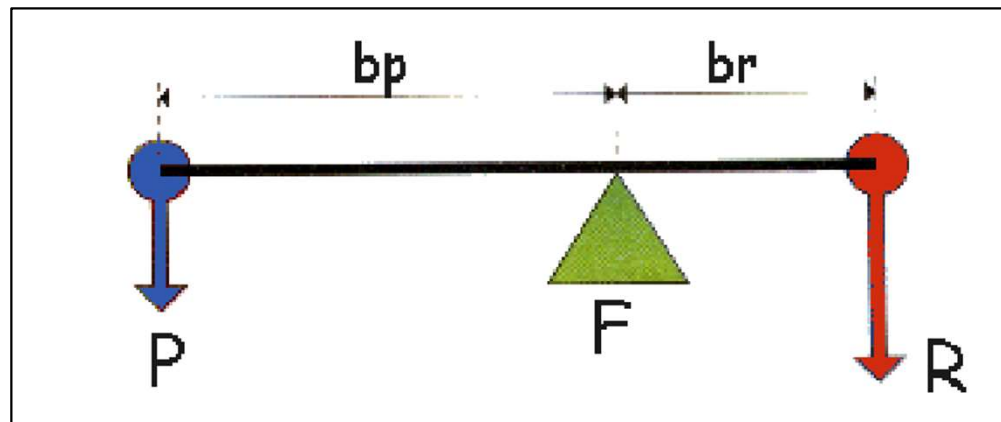
Leve

In base al rapporto tra forza resistente e forza potenza le leve si distinguono in:

- **svantaggiose**: se la forza applicata richiesta è maggiore della forza resistente, ovvero se il braccio-resistenza è più lungo del braccio-potenza ($b_p / b_r < 1$);
- **indifferenti**: se la forza applicata richiesta è uguale alla forza resistente, ovvero se il braccio-resistenza è uguale al braccio-potenza ($b_p / b_r = 1$);
- **vantaggiose**: se la forza applicata richiesta è minore della forza resistente, ovvero se il braccio-resistenza è più corto del braccio-potenza ($b_p / b_r > 1$);

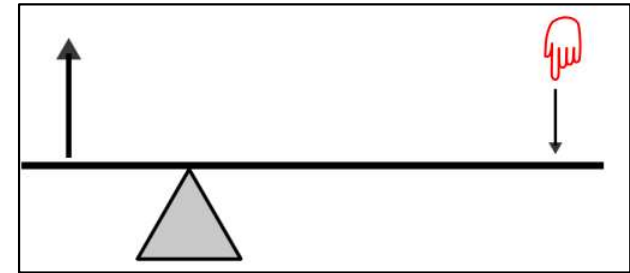
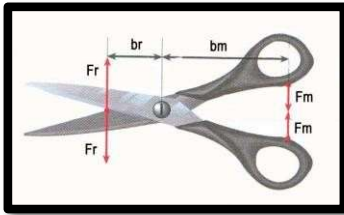
Condizione di equilibrio:

$$P * b_p = R * b_r$$

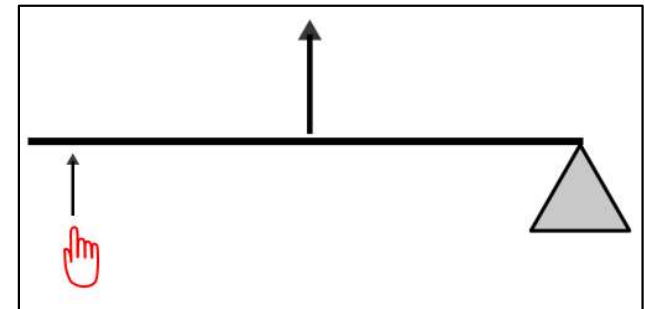
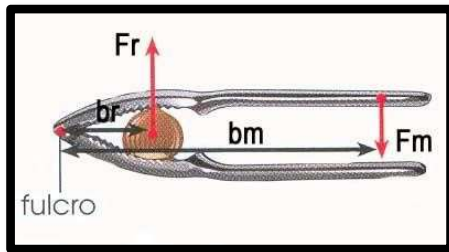


In base alla posizione reciproca del fulcro e delle forze le leve si distinguono in:

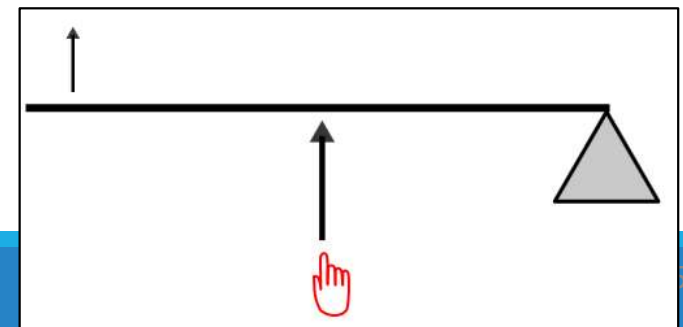
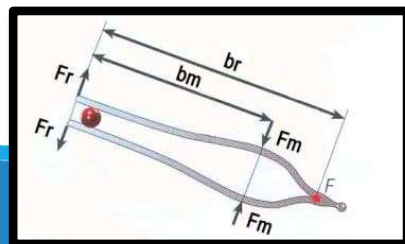
Leve di primo genere: il fulcro è posto tra le due forze; possono essere vantaggiose, svantaggiose o indifferenti;



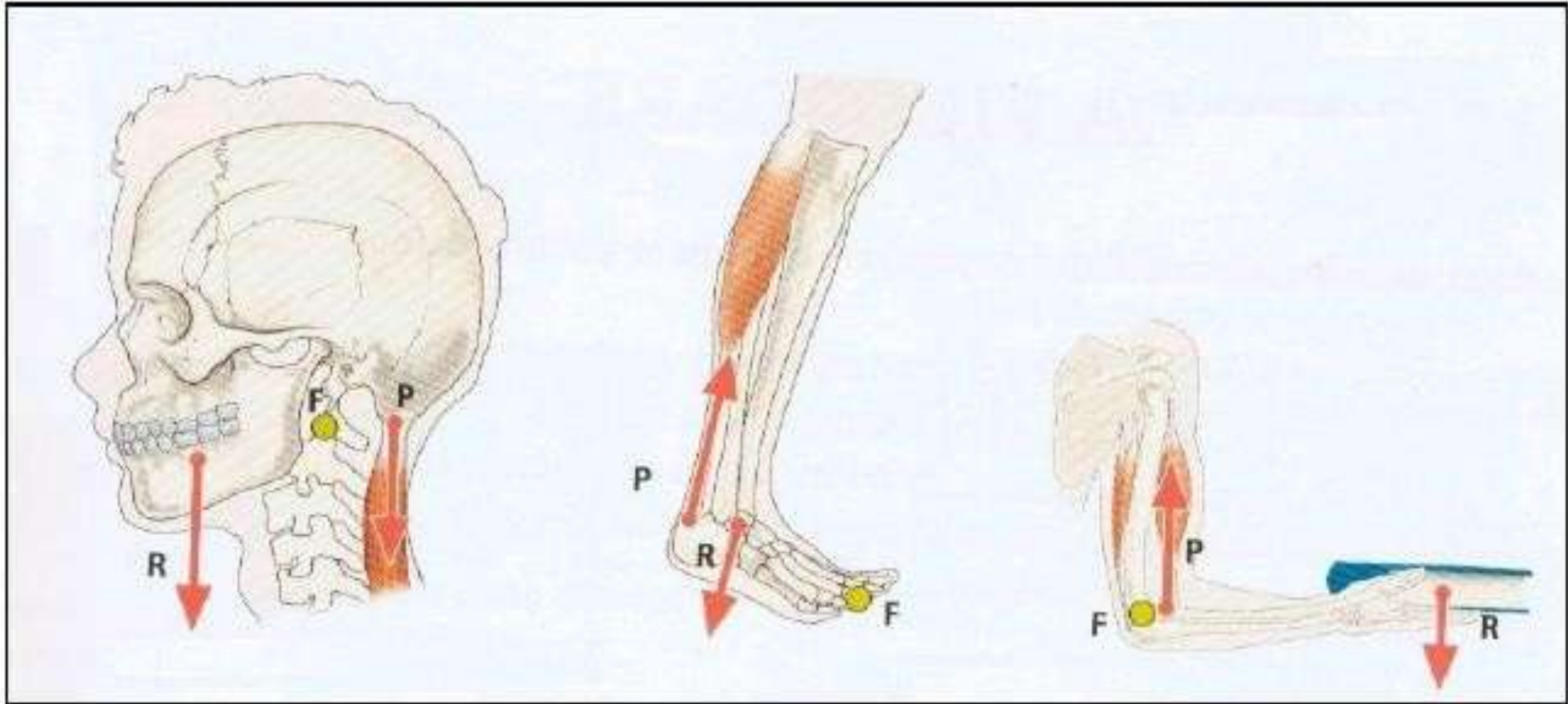
Leve di secondo genere: la forza resistente è tra il fulcro e la forza motrice (o potenza); sono sempre vantaggiose;



Leve di terzo genere: la forza motrice (potenza) è tra il fulcro e la forza resistente; sono sempre svantaggiose;



Le leve del corpo umano



1° genere

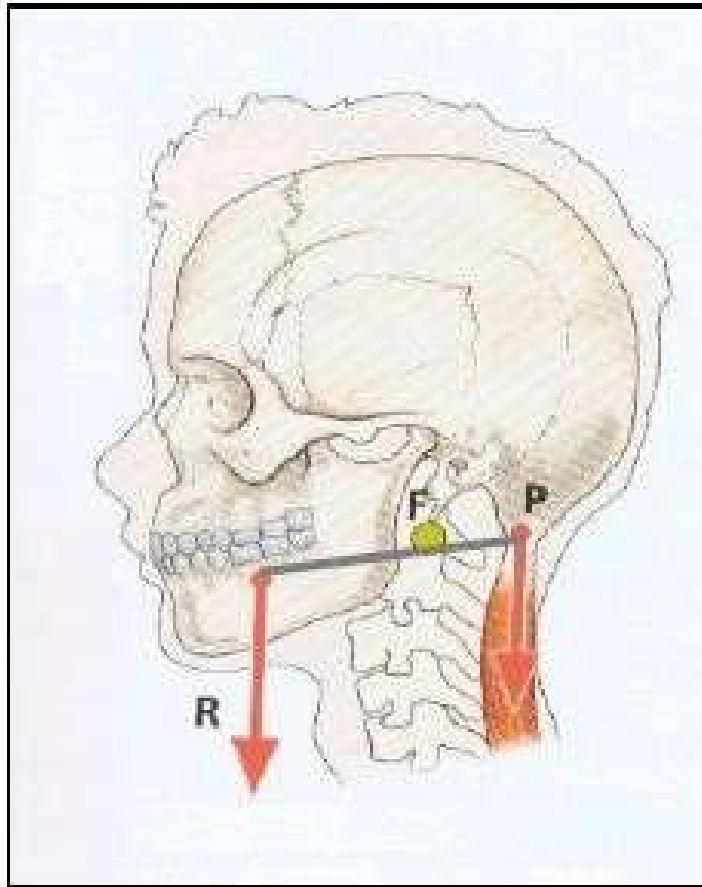
2° genere

3° genere

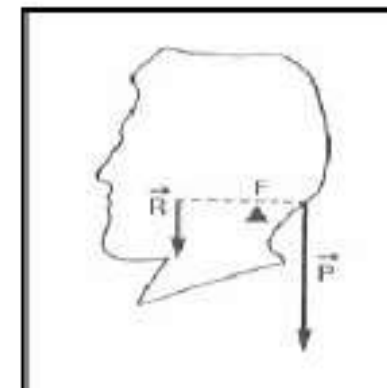
Articolazione di appoggio del capo

Atlanto – Occipitale.

Leva di 1° GENERE



FULCRO = ARTICOLAZIONE
Resistenza = PESO del CAPO
POTENZA = MUSCOLI SPLENICI
(posteriori del collo)



Articolazione di appoggio del capo

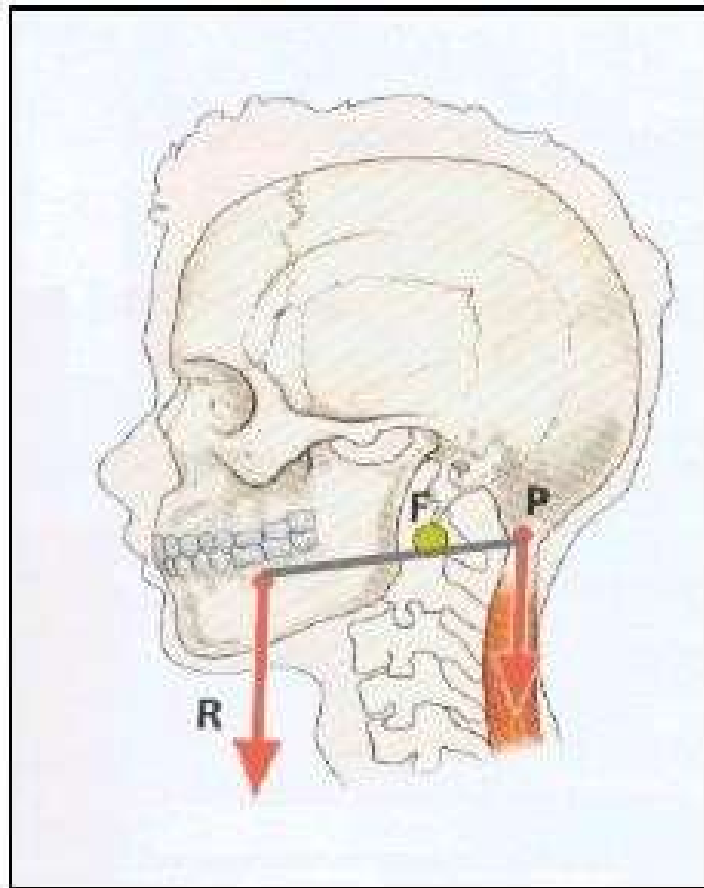
Atlanto – Occipitale.

Leva di 1° GENERE

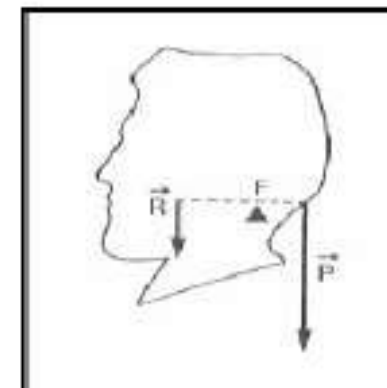
In questo caso **SVANTAGGIOSA**



bP è < di bR



FULCRO = ARTICOLAZIONE
Resistenza = PESO del CAPO
POTENZA = **MUSCOLI SPLENICI**
(posteriori del collo)



Sollevamento sugli avampiedi

Flessione plantare del piede dalla stazione eretta

Leva di 2° GENERE

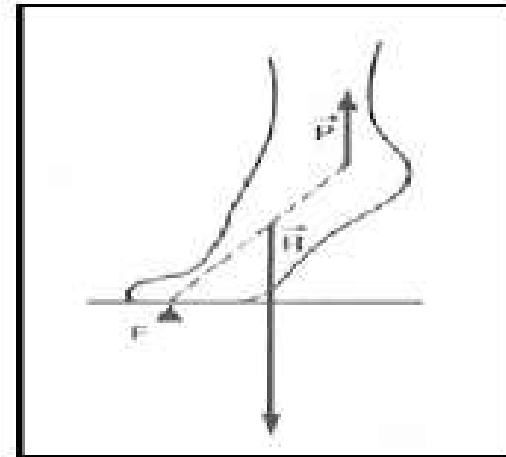


FULCRO = DITA

RESISTENZA = PESO che grava sulla CAVIGLIA

POTENZA = MUSCOLI GEMELLI

(esercitano una trazione sul Tendine di Achille)

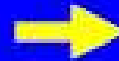


Sollevamento sugli avampiedi

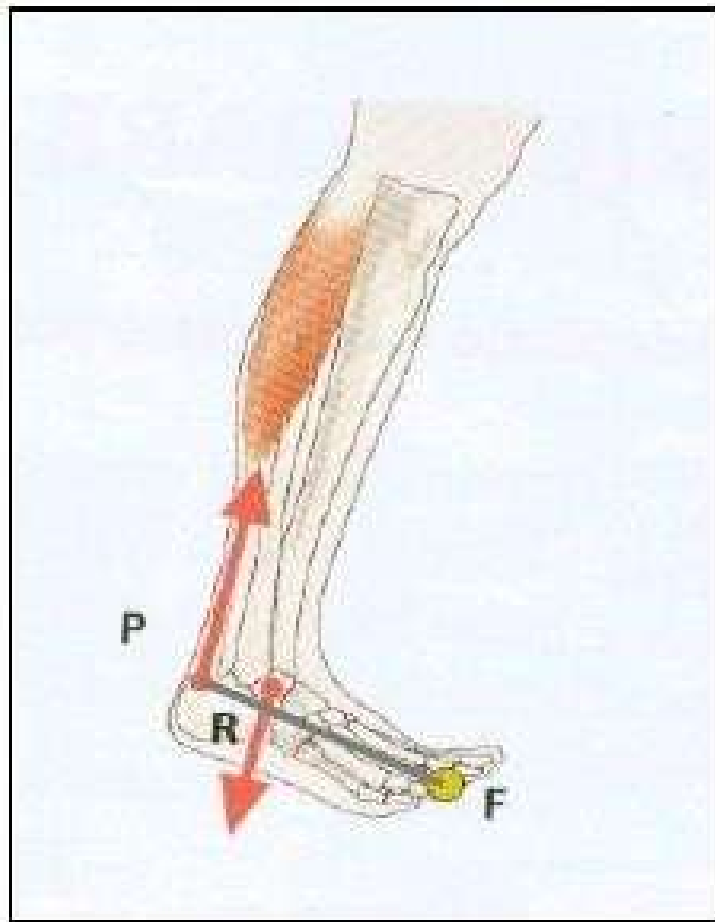
Flessione plantare del piede dalla stazione eretta

Leva di 2° GENERE

VANTAGGIOSA



bP è > di bR

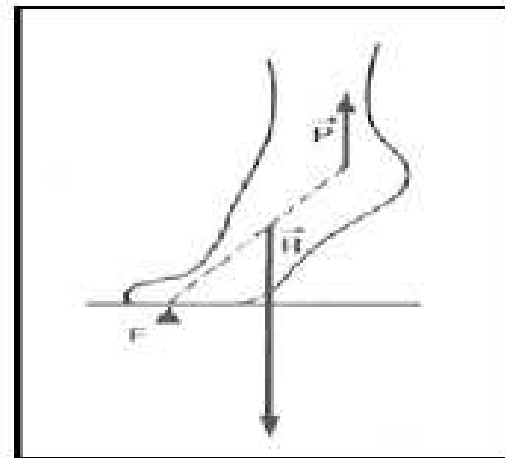


FULCRO = DITA

RESISTENZA = PESO che grava sulla CAVIGLIA

POTENZA = **MUSCOLI GEMELLI**

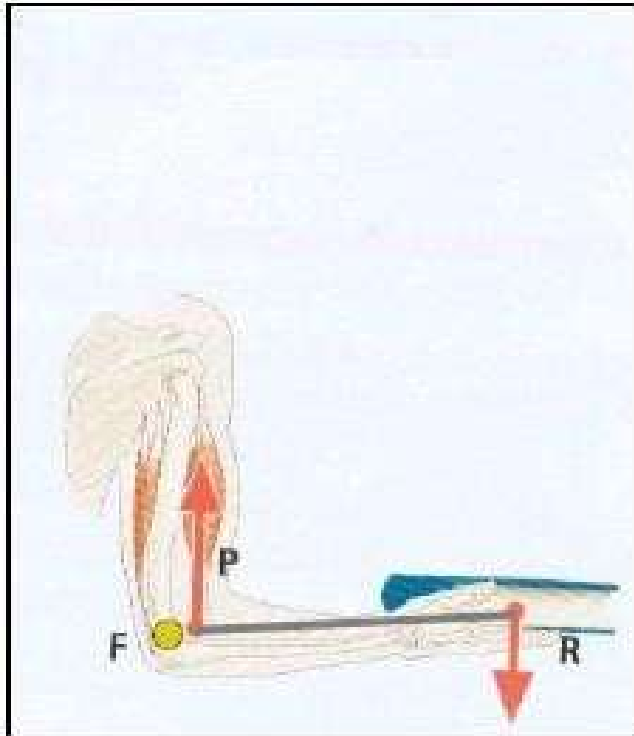
(esercitano una trazione sul Tendine di Achille)



Articolazione del Gomito

Flessione dell'avambraccio sul braccio

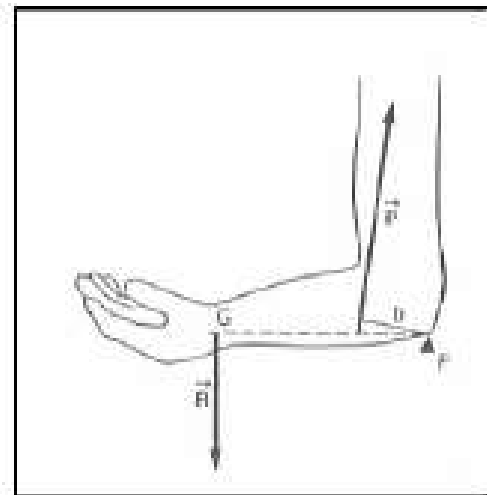
Leva di 3° GENERE



FULCRO = ARTICOLAZIONE del GOMITO

RESISTENZA = PESO dell'AVAMBRACCIO e della eventuale massa sostenuta dalla mano

POTENZA = Forza esercitata dal **M. BICIPITE BRACHIALE**



Articolazione del Gomito

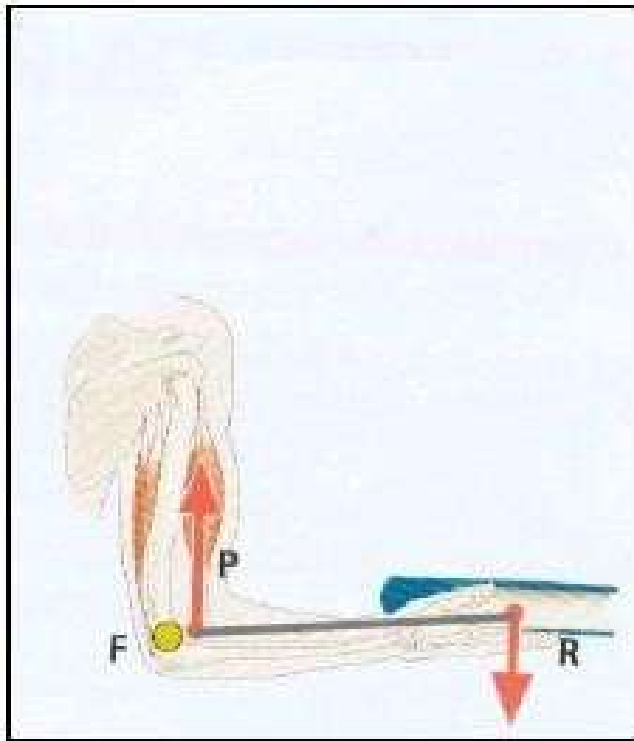
Flessione dell'avambraccio sul braccio

Leva di 3° GENERE

SVANTAGGIOSA



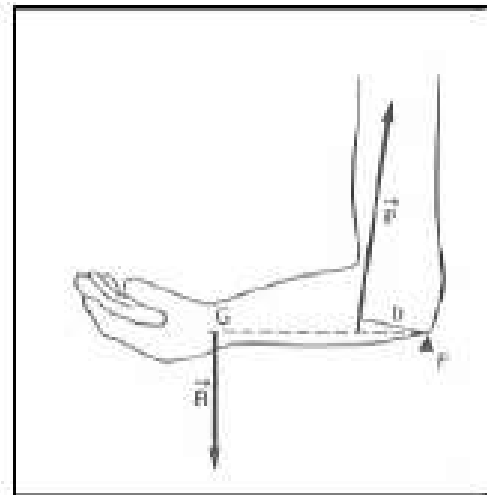
$b_P \text{ è } < \text{ di } b_R$



FULCRO = ARTICOLAZIONE del GOMITO

RESISTENZA = PESO dell'AVAMBRACCIO e della eventuale massa sostenuta dalla mano

POTENZA = Forza esercitata dal **M. BICIPITE BRACHIALE**



Cinematica

La cinematica è quella parte della fisica che si interessa dei corpi in movimento e più precisamente delle leggi fisiche che ci permettono di determinare la posizione di un corpo nel tempo e nello spazio.

Le grandezze fisiche fondamentali in cinematica sono:

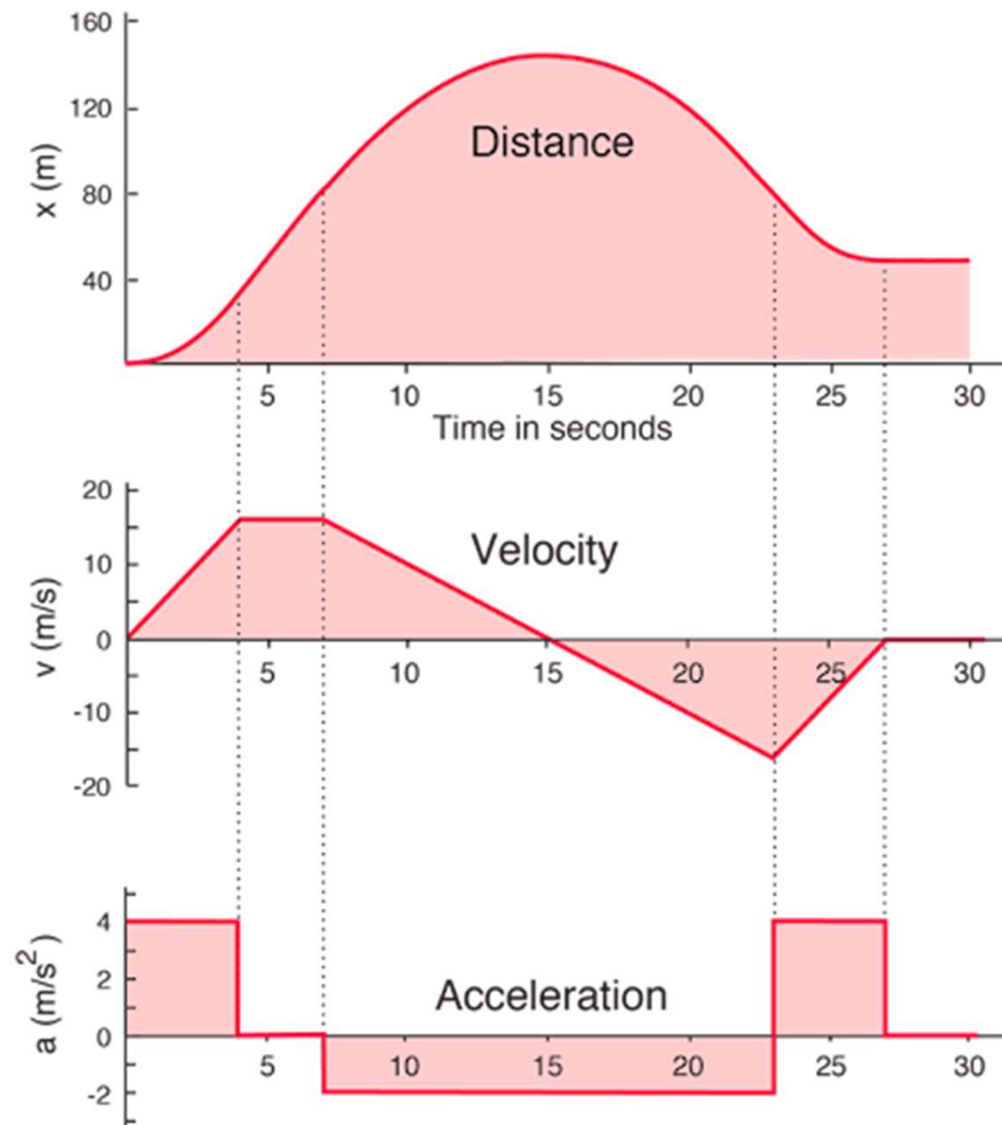
- Posizione [m]
- Velocità [$\frac{m}{s}$]
- Accelerazione [$\frac{m}{s^2}$]
- Tempo [s]

Cinematica

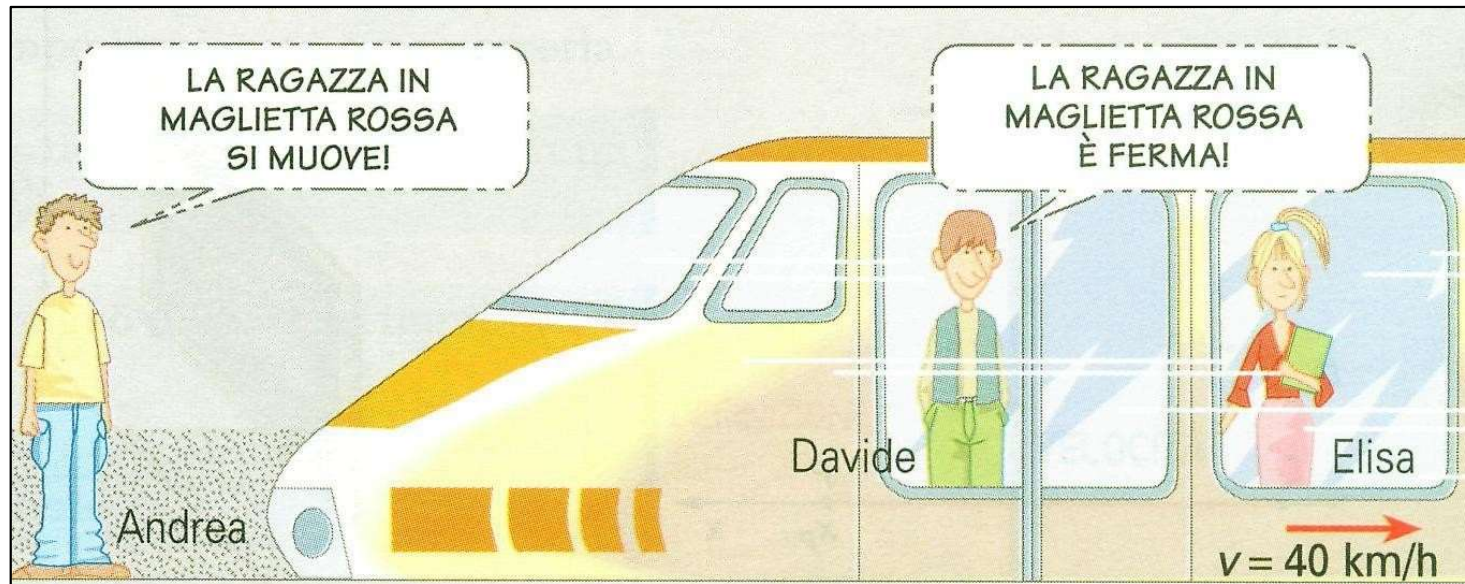
Studia la “geometria” del moto: descrive il moto a prescindere dalle cause che lo hanno provocato.

- a. **Cinematica segmentale:** studia il moto di un segmento rispetto al sistema di riferimento globale.
 - b. **Cinematica articolare:** studia il moto relativo di due segmenti che compongono l'articolazione, confrontando i loro sistemi di riferimento locali.
-
- 1. **Cinematica lineare:** moto rettilineo uniforme, moto rettilineo uniformemente accelerato.
 - 2. **Cinematica angolare:** moto circolare uniforme, moto circolare uniformemente accelerato.

Rapporto tra posizione, velocità ed accelerazione



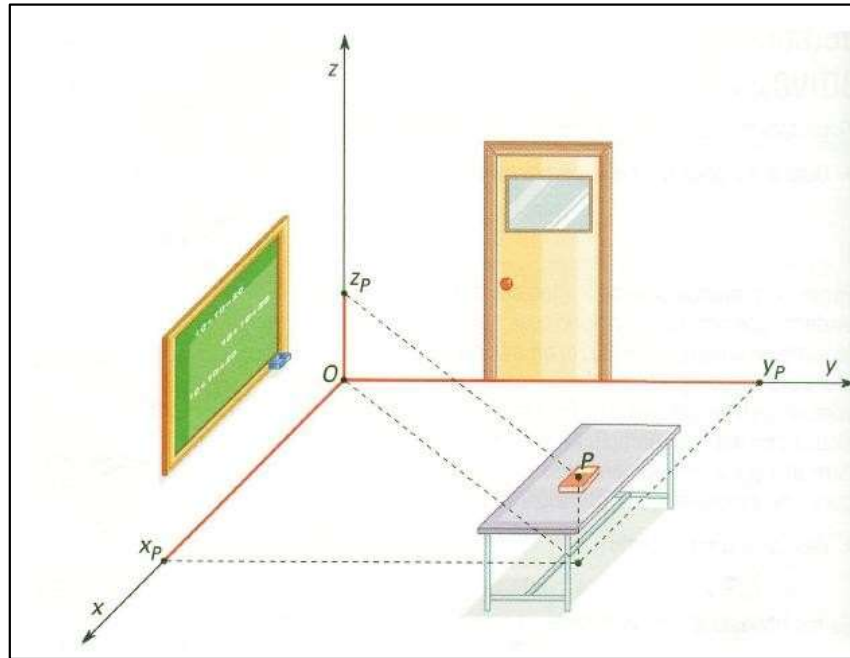
Relatività del moto



Un corpo è in moto quando la sua posizione rispetto ad un altro, assunto come riferimento e quindi fermo, varia nel tempo.

Il moto di un corpo è un **concetto relativo e non assoluto**.

Sistema di riferimento



Il primo problema da affrontare nello studio del moto è quello di determinare il **“Sistema di Riferimento”** cioè un insieme di punti fermi rispetto ai quali possiamo determinare la posizione di un corpo.

Punto materiale

Quasi sempre, però, ci limitiamo al moto di un *punto materiale* di un corpo, cioè le cui dimensioni sono piccole rispetto a quelle dello spazio in cui avviene il movimento.

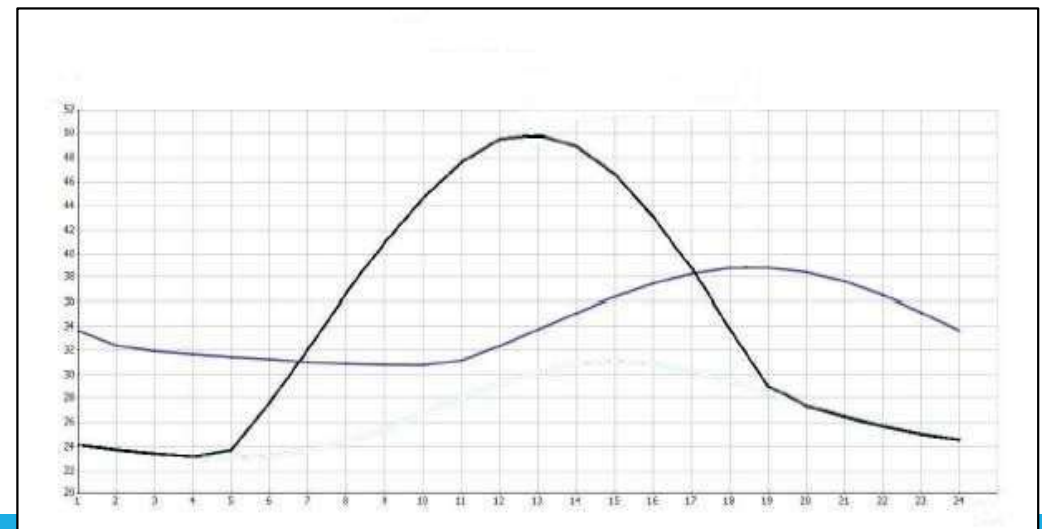


Traiettoria

Volendo effettuare un viaggio da Milano a Parigi, le strade che possiamo percorrere sono diverse, ed ognuna di esse individua una **traiettoria**.

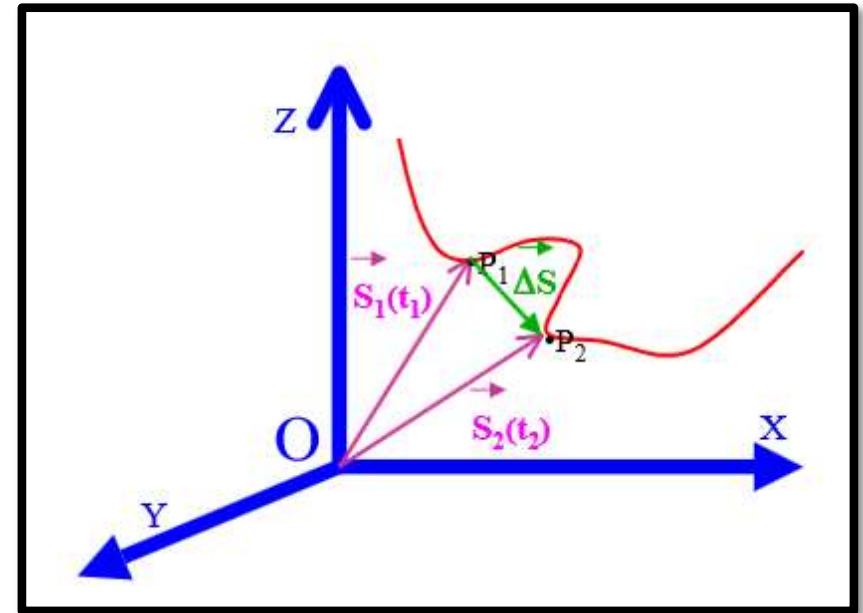
La traiettoria è l'insieme delle posizioni che il corpo assume nello spazio al trascorrere del tempo. In pratica la traiettoria è la strada effettivamente percorsa dal corpo, la linea descritta da un punto in movimento.

La linea descritta dal punto mobile, luogo delle sue successive posizioni nel tempo, prende il nome di *traiettoria*.

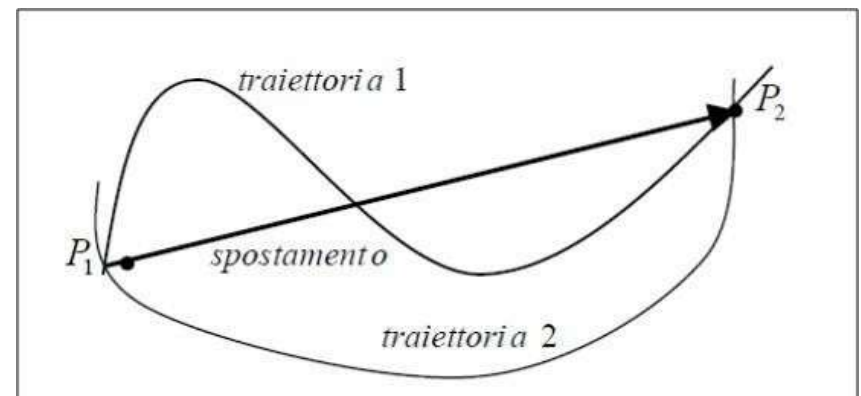


Spostamento

Un punto materiale che si muove nello spazio, al quale si può associare un sistema di coordinate (x, y, z) , può essere localizzato attraverso il **vettore posizione $s(t)$** definito come quel vettore tracciato dall'origine del sistema di riferimento alla posizione P che il punto occupa nell'istante considerato.



La variazione della posizione del punto P nel tempo determina uno **spostamento** del punto, anch'esso espresso da un vettore chiamato $\Delta s = S(t_2) - S(t_1)$.



Velocità media

Definiamo **velocità (scalare) media** del punto materiale P il rapporto fra lo spostamento s compiuto in un intervallo di tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ e l'intervallo di tempo stesso.

L'unità di misura SI è il m/s.

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{s}(t_2) - \vec{s}(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\vec{s}_2 - \vec{s}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$$

Velocità istantanea

Definiamo **velocità (scalare) istantanea** del punto materiale P il rapporto fra lo spostamento compiuto in un intervallo di tempo $\Delta t = t_2 - t_1$ e l'intervallo di tempo stesso, quando l'intervallo di tempo $\Delta t \rightarrow 0$ (tende a) 0



Accelerazione media

Quando la velocità istantanea di una particella varia nel tempo si dice che la particella accelera. L'accelerazione è la rapidità di variazione della velocità. Può essere sia positiva che negativa (decelerazione).

L'accelerazione media per un particolare intervallo di tempo Δt è definita come

$$\vec{a}_m = \frac{\vec{v}(t_2) - \vec{v}(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

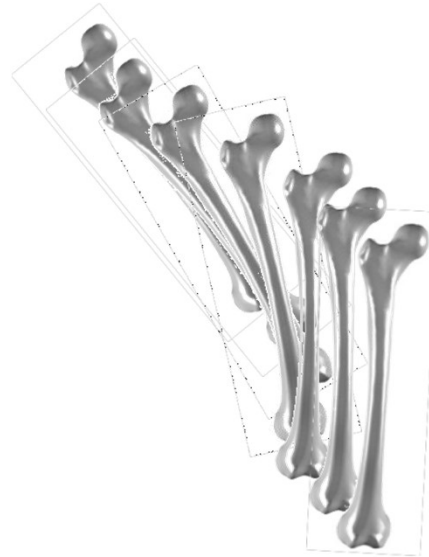
L'unità di misura SI per l'accelerazione è il m/s^2 .

Accelerazione istantanea

L'accelerazione istantanea è l'accelerazione media calcolata in un intervallo di tempo piccolissimo, tendente a zero. Nonostante l'intervallo di tempo e, di conseguenza, anche quello della corrispondente variazione di velocità siano piccolissimi, il loro rapporto può essere tuttavia molto grande.

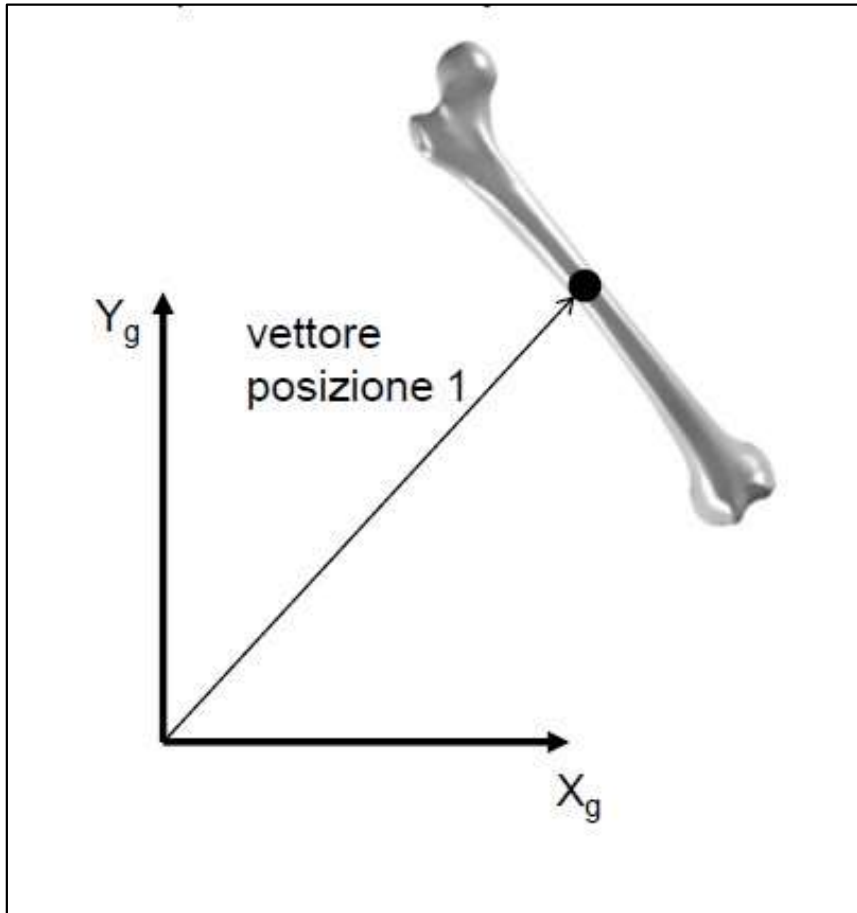
Definizione di moto

In fisica il **moto** è il ***cambiamento di posa*** di un corpo in relazione al tempo, misurato da uno specifico osservatore e da un determinato sistema di riferimento.

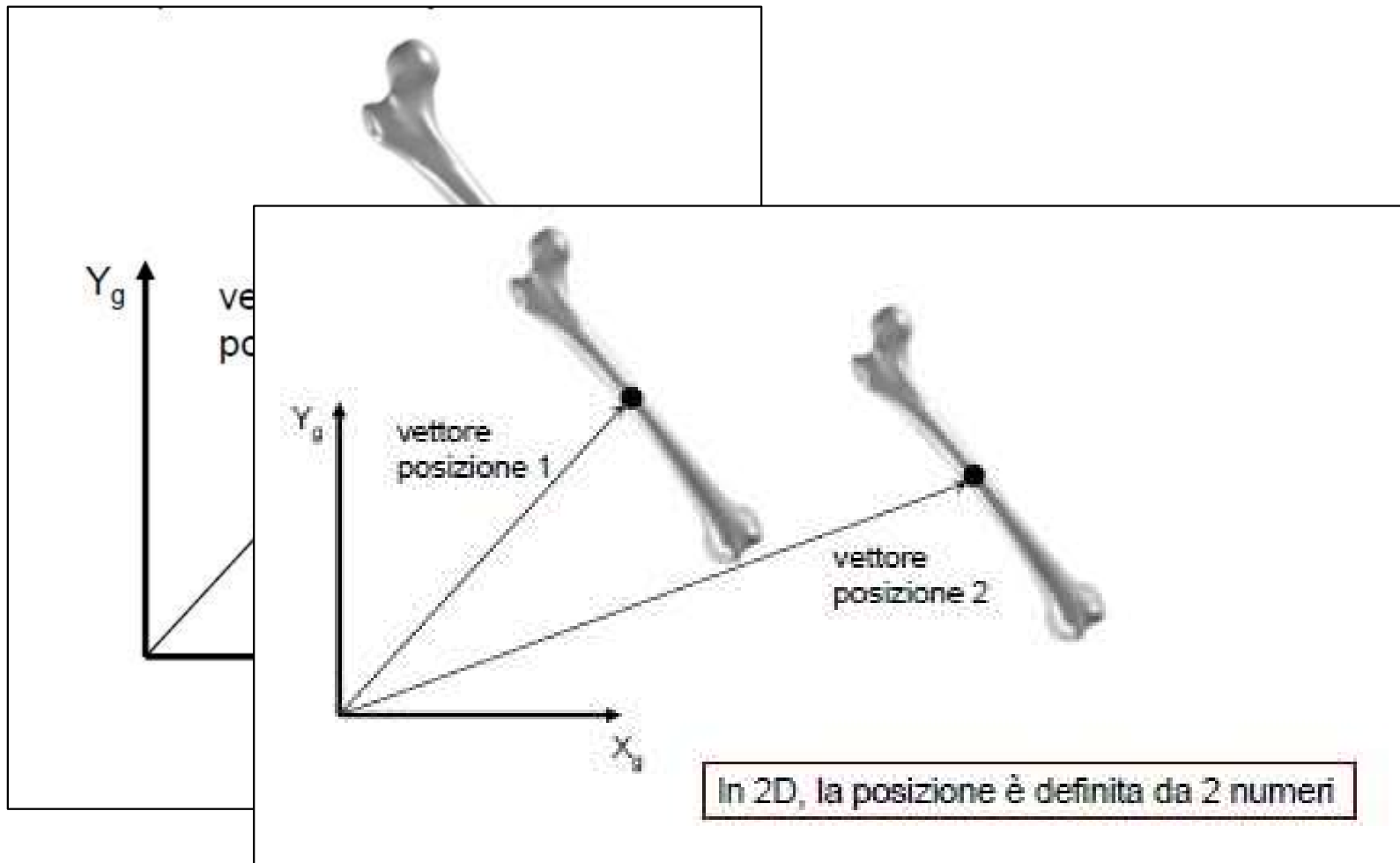


Posa di un corpo: l'insieme di **posizione** e **orientamento**

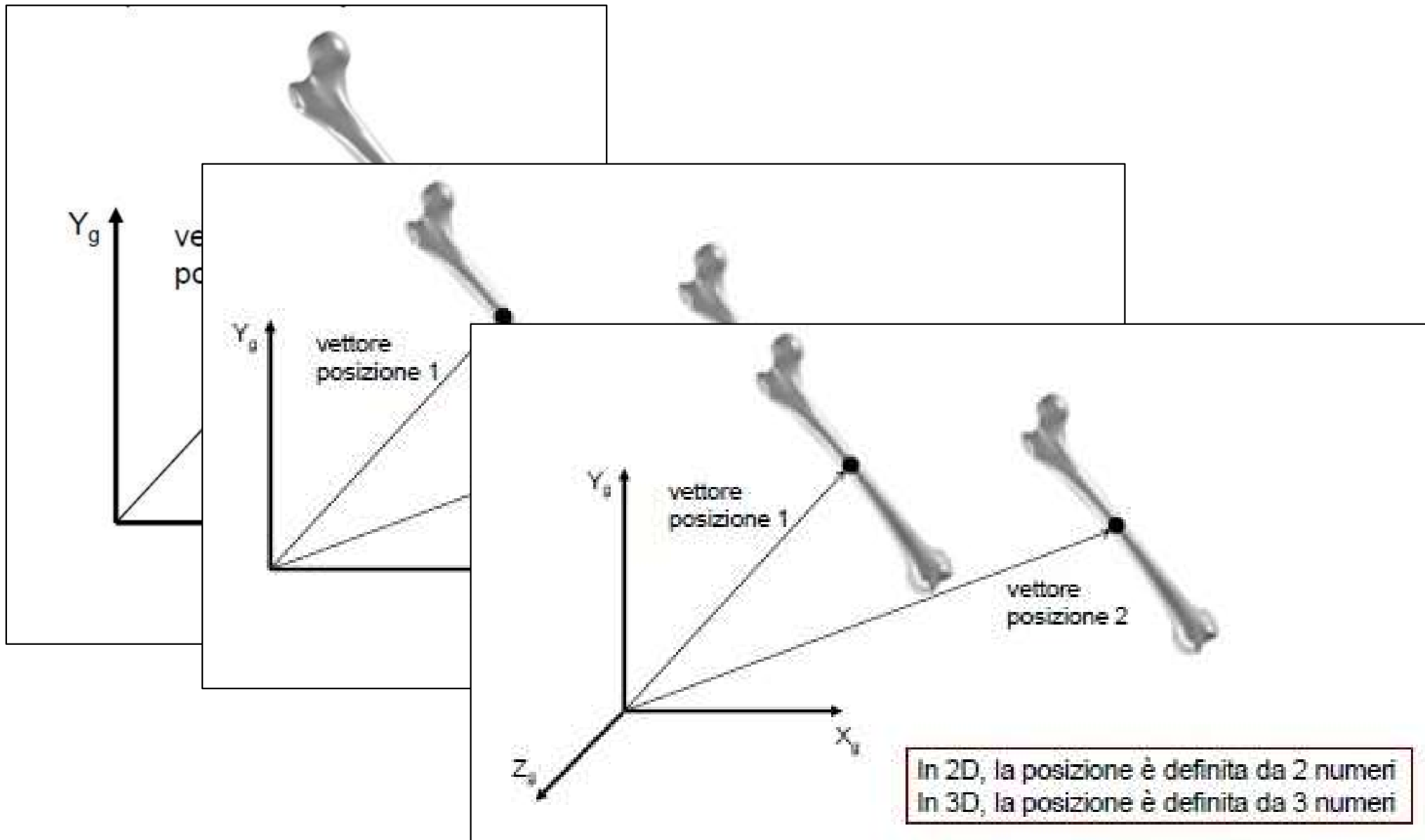
Posa di un corpo: l'insieme di posizione e orientamento



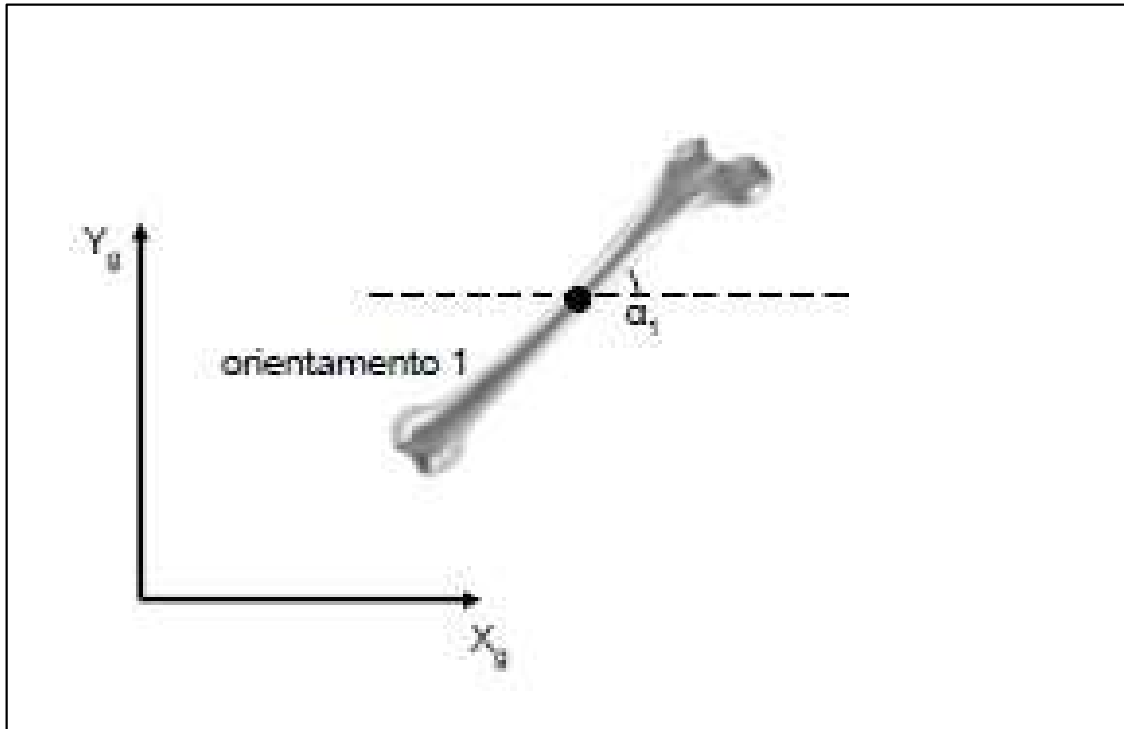
Posa di un corpo: l'insieme di posizione e orientamento



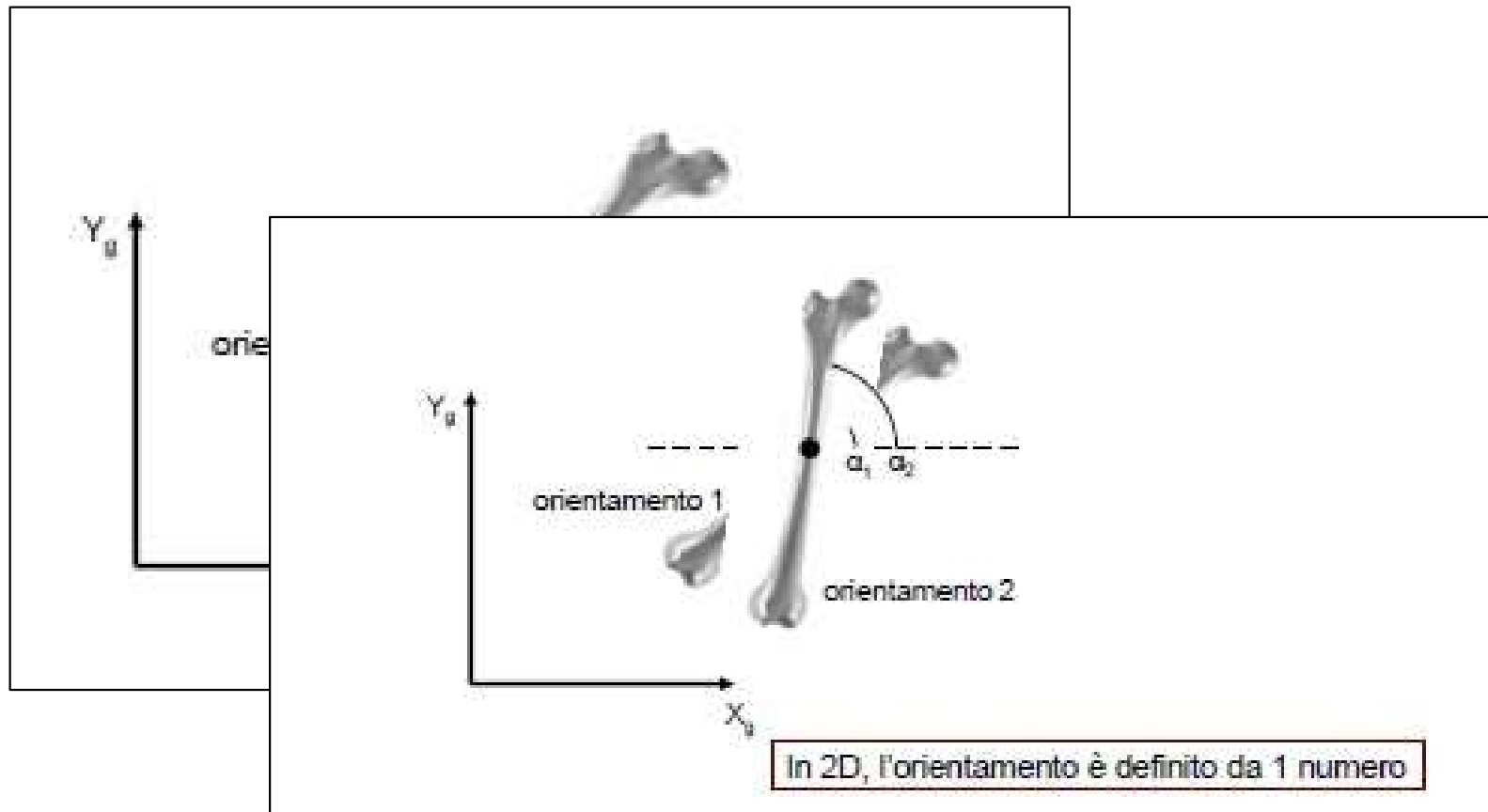
Posa di un corpo: l'insieme di posizione e orientamento



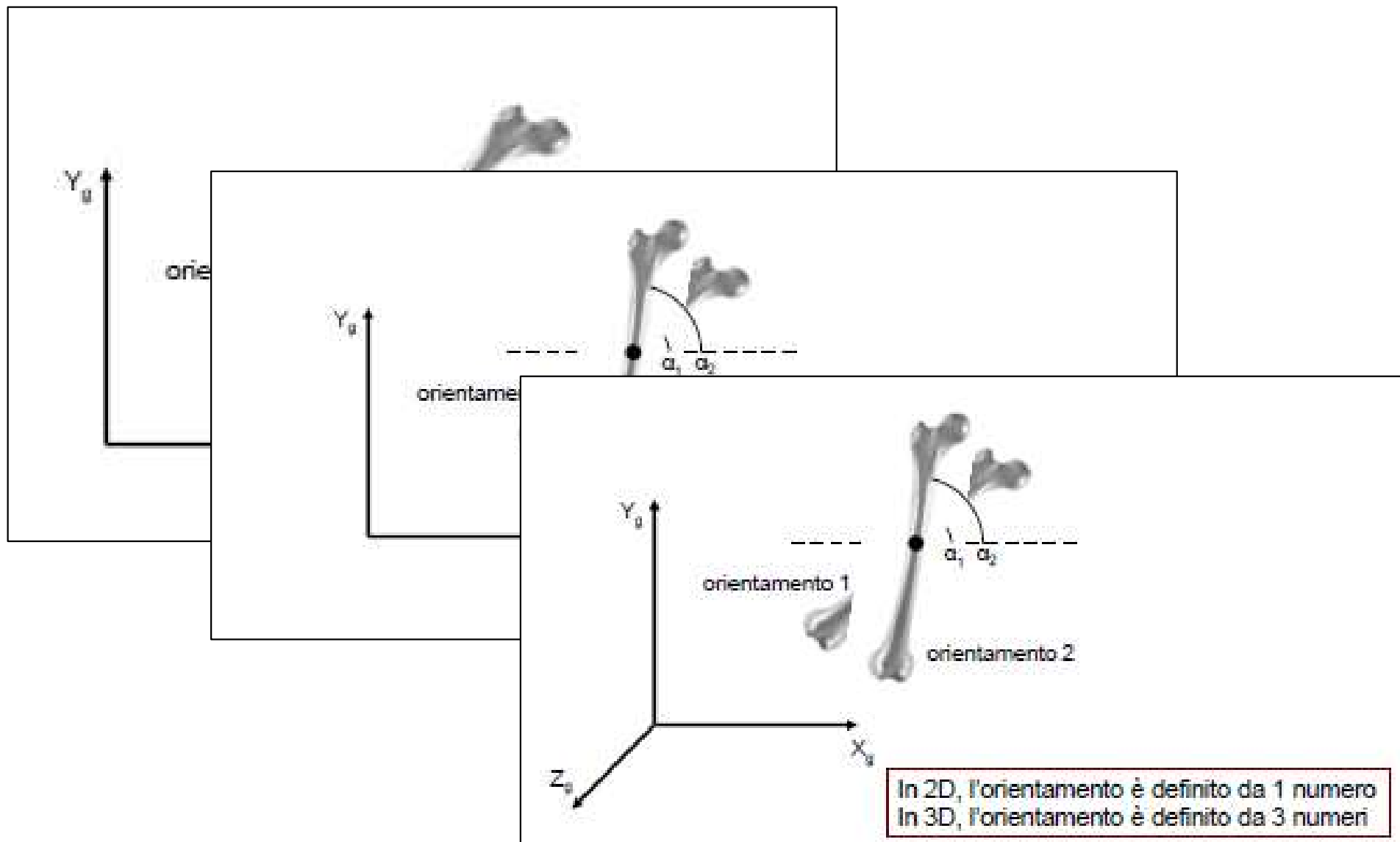
Posa di un corpo: l'insieme di posizione e orientamento



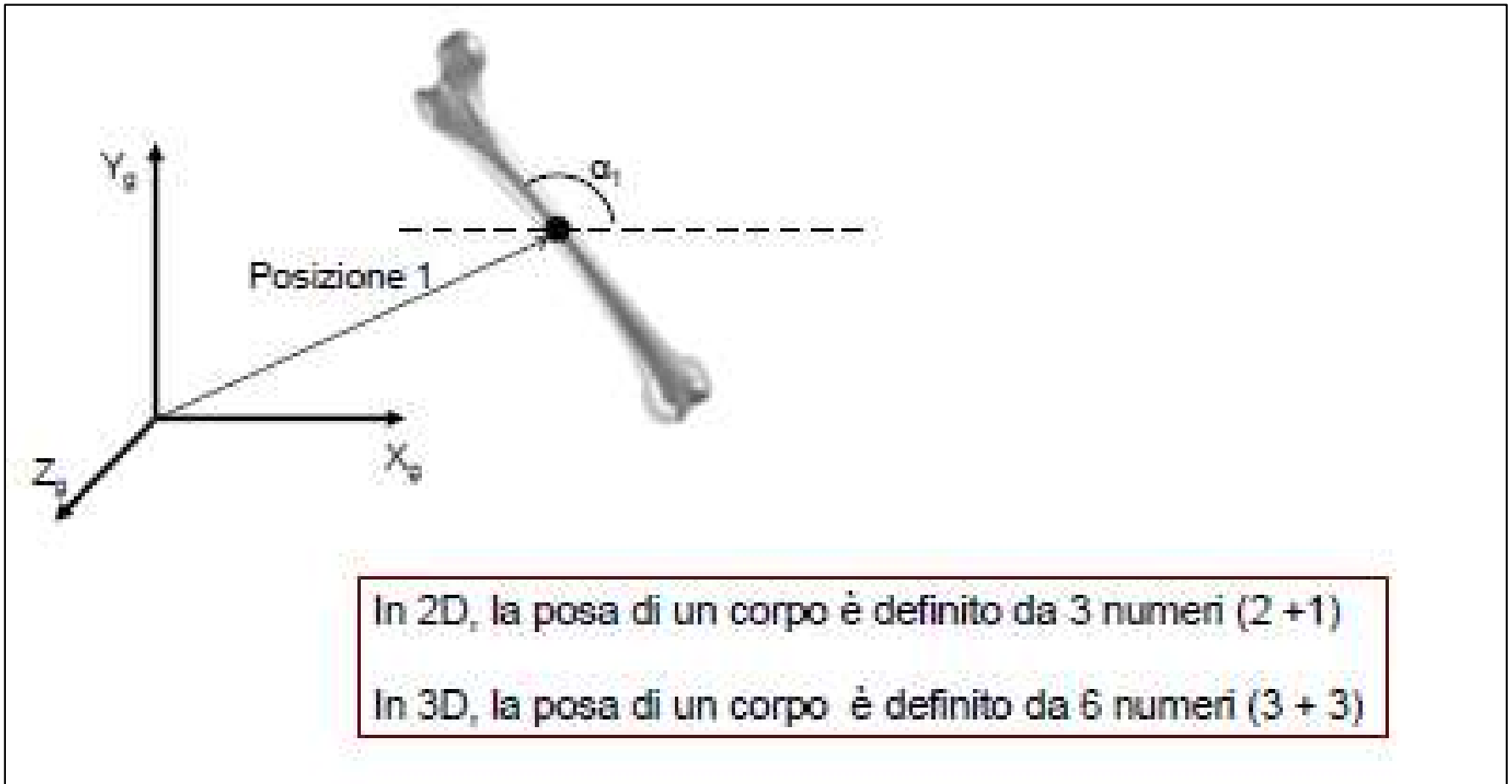
Posa di un corpo: l'insieme di posizione e orientamento



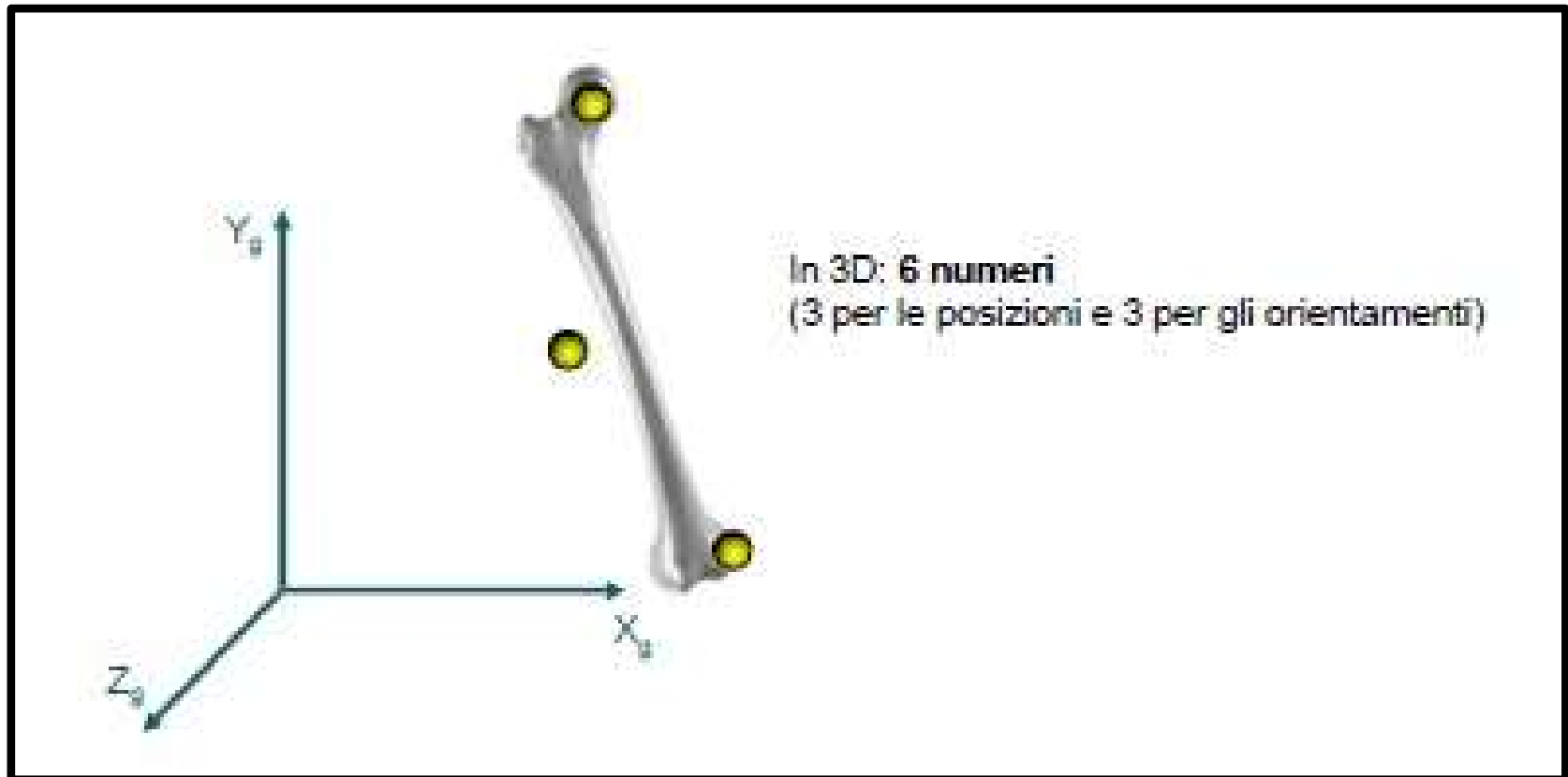
Posa di un corpo: l'insieme di posizione e orientamento



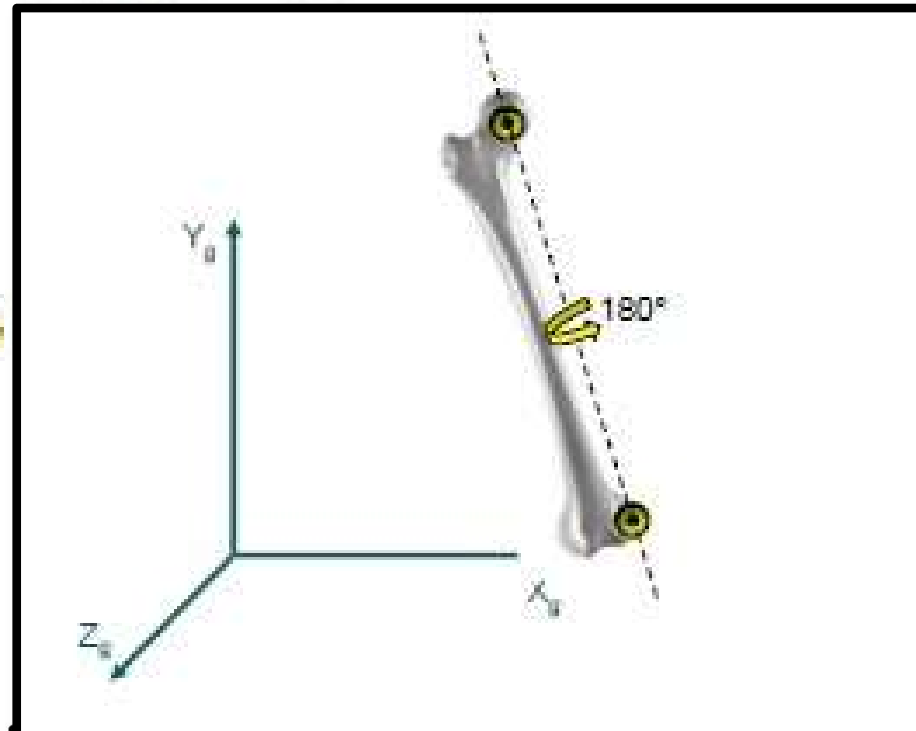
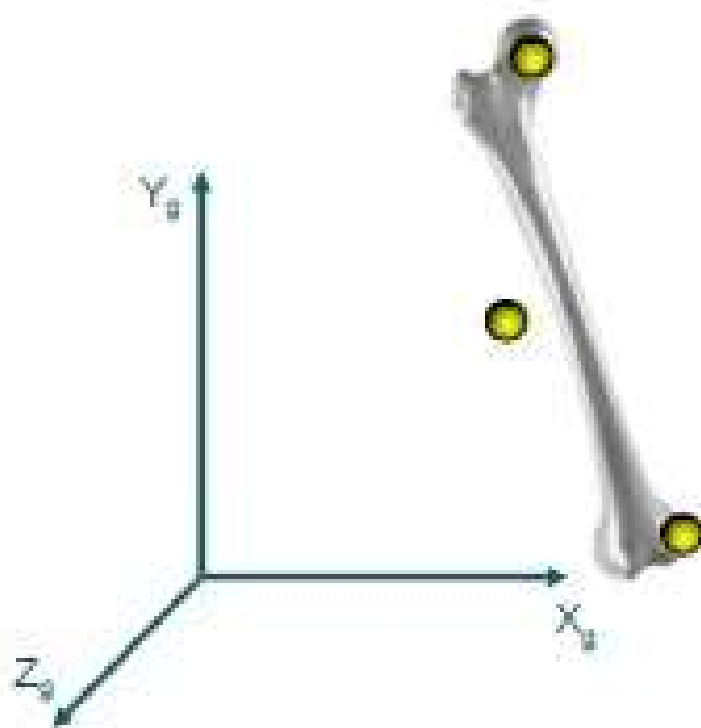
Posa di un corpo: l'insieme di posizione e orientamento



Descrizione della posa di un corpo rigido

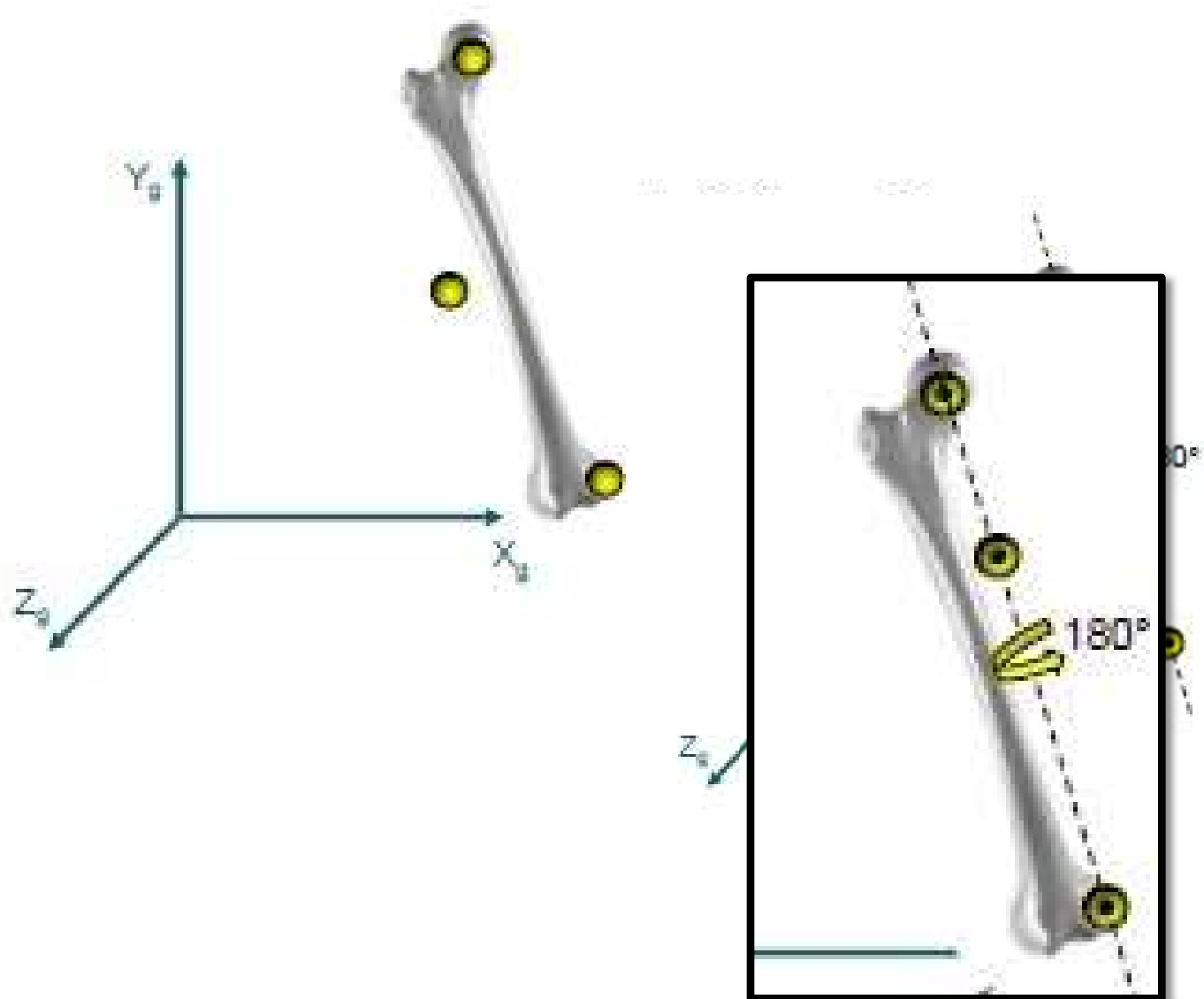


Descrizione della posa di un corpo rigido



In 3D: 2 marcatori sono insufficienti!

Descrizione della posa di un corpo rigido



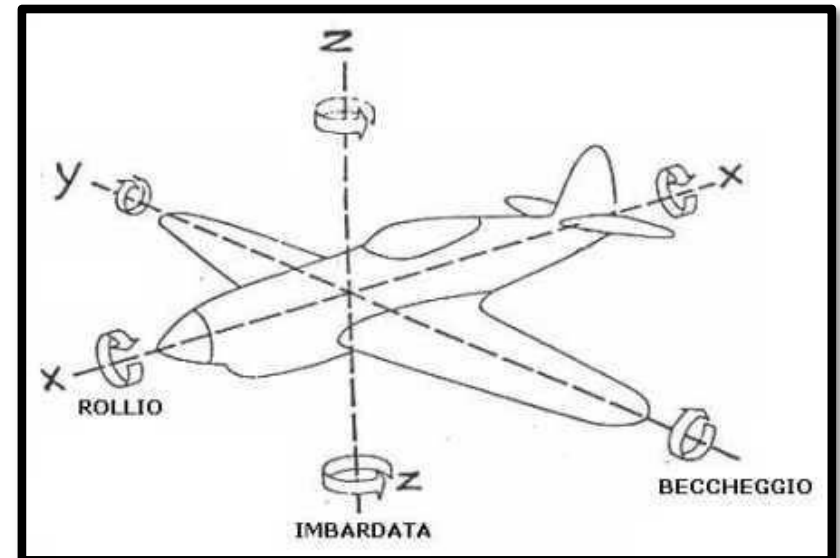
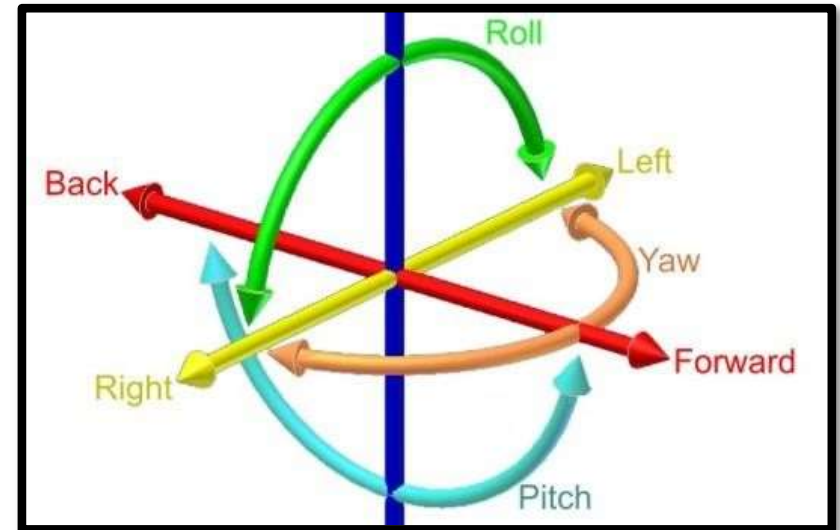
In 3D: 3 marcatori non devono essere allineati

Gradi di libertà

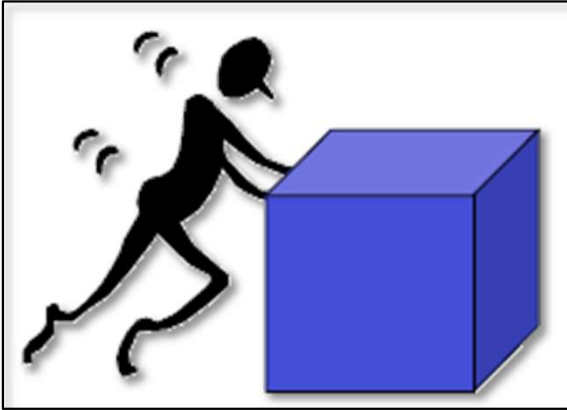
- Si definisce **grado di libertà** un movimento elementare che il corpo può compiere, sia questo una traslazione o una rotazione.
- Il numero di gradi di libertà che un corpo possiede è uguale al numero di parametri indipendenti necessari per definirne la posizione nello spazio.

Nel caso di un corpo mobile nel **piano** i gradi di libertà sono **tre**, **due traslazioni** nella direzione degli assi coordinati e **una rotazione** intorno ad un asse normale al piano del moto.

Un corpo libero nello **spazio** possiede **sei** gradi di libertà, riconducibili alle **tre traslazioni** nella direzione degli assi coordinati X,Y,Z e a **tre rotazioni** alfa, beta, gamma intorno a questi.



La dinamica



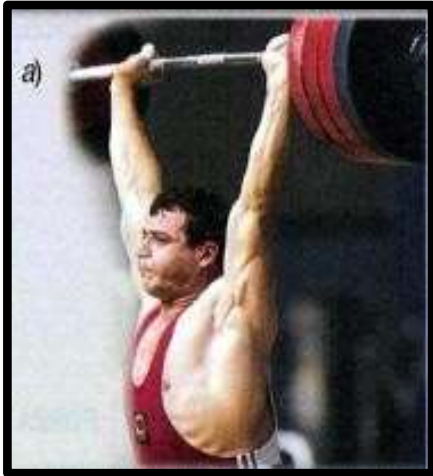
Se notiamo che la velocità di un corpo cambia, intuiamo che qualcosa deve aver causato quel cambiamento e che la variazione di velocità è da correlarsi a un'interazione tra il corpo e qualcos'altro che sta nelle vicinanze. Una tale interazione che imprime un'accelerazione a un corpo è detta **forza**.

La dinamica è il ramo della meccanica che si occupa dello studio del moto dei corpi e delle sue cause o, in termini più concreti, delle circostanze che lo determinano e lo modificano.

Essa si basa su tre principi fondamentali che a loro volta sono regolati da tre grandezze fisiche:

- la forza;
- la massa;
- l'accelerazione.

Forza



I principi della dinamica sono la base concettuale di quella branca della fisica che studia e descrive le relazioni fra i movimenti di un corpo e gli enti che lo modificano (forze).

La forza viene definita come l'agente fisico capace di alterare lo stato di quiete o di moto di un corpo (dinamica) o capace di produrre una deformazione (statica).

Le forze possono produrre sia **effetti dinamici** che **effetti statici**.

Le forze sono non solo la **causa che mette in moto** un corpo inizialmente in quiete o che arresta un corpo in movimento, ma sono anche la **causa che produce deformazioni** di un corpo vincolato.

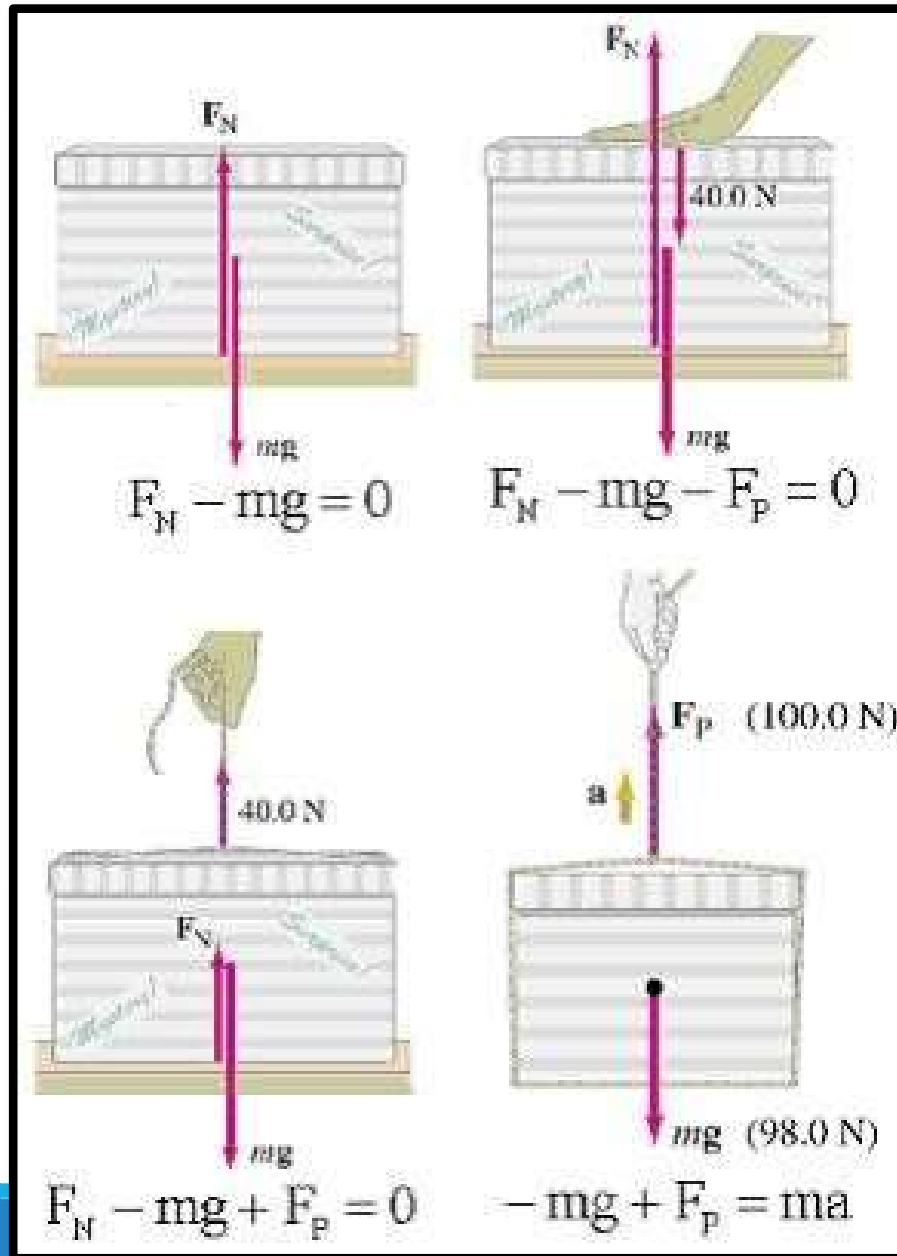
PRINCIPI DELLA DINAMICA

1. «Ciascun corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, salvo che sia costretto a mutare quello stato da forze applicate ad esso.»

2. «Il cambiamento di moto è proporzionale alla forza motrice applicata, e avviene lungo la linea retta secondo la quale la forza stessa è esercitata.»

3. «A un'azione è sempre opposta un'uguale reazione: ovvero, le azioni vicendevoli di due corpi l'uno sull'altro sono sempre uguali e dirette verso parti opposte.»

Risultanti delle forze



La forza è una grandezza vettoriale e la sua unità di misura è il Newton [N].

Per **risultante delle forze** si intende la somma vettoriale di tutte le forze che agiscono su un punto materiale.

Reazioni vincolari

Il vincolo è un impedimento che limita parzialmente o totalmente il moto di un corpo.

La reazione vincolare è la forza che il vincolo esercita su tale corpo.



Un punto materiale è in equilibrio se è nulla la somma *vettoriale* di tutte le forze applicate ad esso, comprese le reazioni vincolari.

Osservazione:

In meccanica, essendo solo le forze capaci di modificare lo stato di quiete o di moto di un sistema, l'azione dei vincoli si esplica attraverso un insieme di forze dette forze vincolari o reazioni vincolari che agiscono sui punti del sistema, limitandone il moto.

L'analisi del Movimento

“L'analisi del movimento umano mira alla raccolta di informazioni quantitative e qualitative riguardo la meccanica del sistema muscolo-scheletrico durante l'esecuzione di un compito motorio.”

(Cappozzo, Gait & Posture 2005)

mediante determinati supporti e strumenti di misura (fotografie, video, sensori etc...)

per raccogliere informazioni qualitative e/o quantitative in grado di descrivere e caratterizzare il gesto motorio a fini diagnostici e di miglioramento.

*“Il sistema naturale oggetto della nostra attenzione è **il sistema Uomo**, il fenomeno è **l'atto motorio**. Il nostro obiettivo è il razionale possesso del fenomeno.”*

(A. Cappozzo 1985).

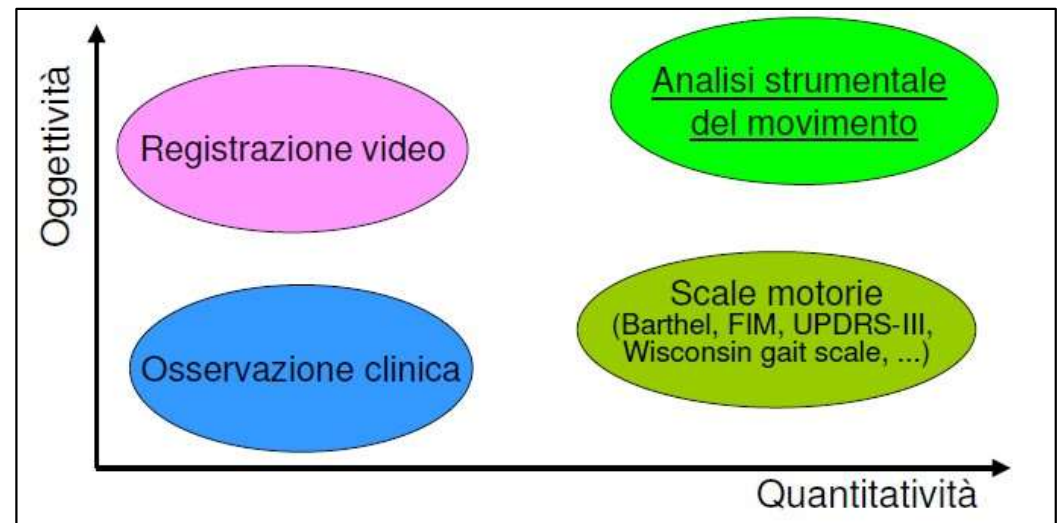
Analisi del movimento

Perchè osservare? (descrizione del fenomeno) Come osservare? (supporti e strumenti di misura)

Si possono calcolare, ad esempio, **l'angolo tra due segmenti corporei**, la **posizione del centro di massa del corpo**, la **distribuzione delle forze negli arti**, etc

E' quella disciplina scientifica che si occupa della **valutazione** del movimento umano e comprende:

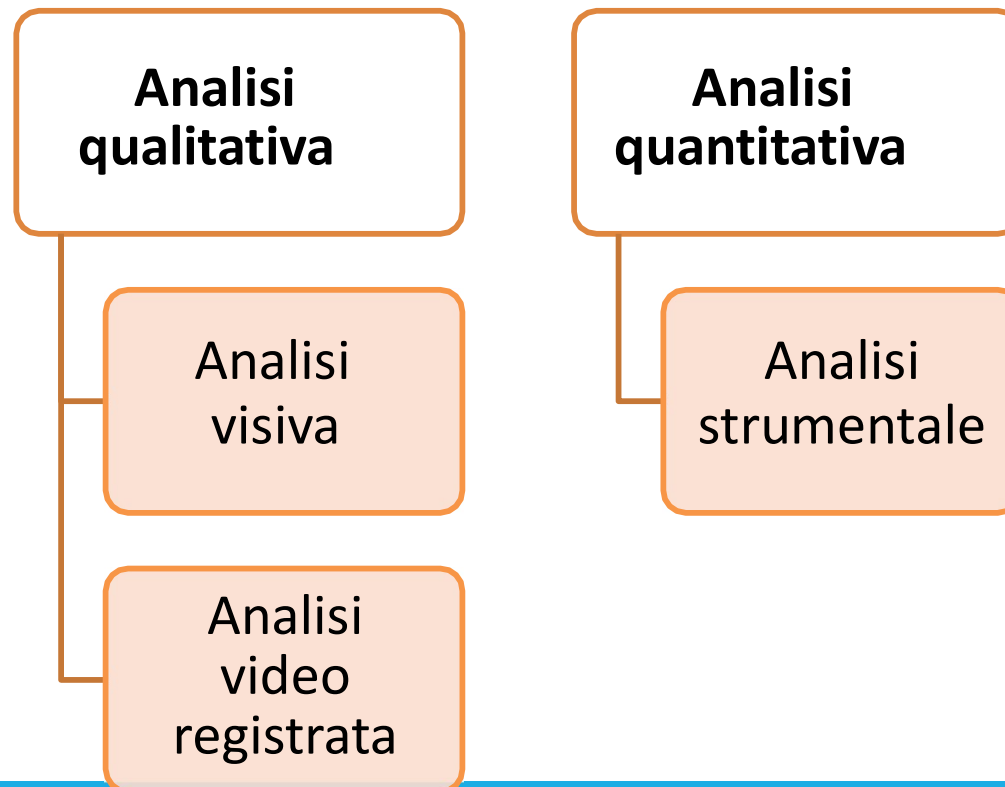
- L'acquisizione di dati sperimentali;
- L'elaborazione dei dati;
- L'interpretazione dei risultati.



Approcci all'analisi del movimento

Il sistema di valutazione da utilizzare si sceglie in base a:

- Natura del moto che si deve analizzare;
- Ambiente e condizioni in cui il moto si svolge;
- Risorse economiche e umane disponibili;
- Caratteristiche dello strumento di misura.



Analisi visiva

Si valuta il movimento per mezzo dell'**osservazione diretta**; richiede la conoscenza delle corrette dinamiche del movimento che si sta analizzando, in modo da riuscire a valutare gli eventuali cambiamenti di moto rispetto alla normalità.

Ogni movimento deve essere valutato sui tre piani: sagittale - frontale - trasversale per ciascuna articolazione coinvolta.

VANTAGGI:

E' un approccio semplice ed economico, perché non richiede attrezzature particolarmente complicate e costose.

SVANTAGGI:

- L'analisi del movimento è condizionata dall'esperienza e dall'interpretazione dell'osservatore ed è limitata ad un unico piano alla volta.
- La valutazione è molto generica e limitata ai movimenti più evidenti, tralasciando quelli minimi. Difficili i confronti tra osservazioni diverse.

Analisi video registrata

Si registra un filmato del movimento, che in seguito viene analizzato fotogramma per fotogramma. Ogni movimento deve essere valutato sui tre piani: sagittale - frontale - trasversale per ciascuna articolazione coinvolta.

VANTAGGI:

- Particolarmente semplice e relativamente economico.
- I dati possono essere analizzati anche dopo molto tempo dalla registrazione, in modo da poter essere confrontati con dati più recenti per valutare, ad esempio, i progressi effettuati durante un allenamento.

SVANTAGGI:

- La valutazione qualitativa è condizionata anche questa volta dal soggetto che osserva.
- La valutazione rimane generica e limitata ai movimenti più evidenti, tralasciando quelli minimi.

Analisi strumentale

Analisi del movimento

CINEMATICA

Accelerazioni

Velocità

Spostamenti

ATTIVITA' MUSCOLARE

Elettromiografia

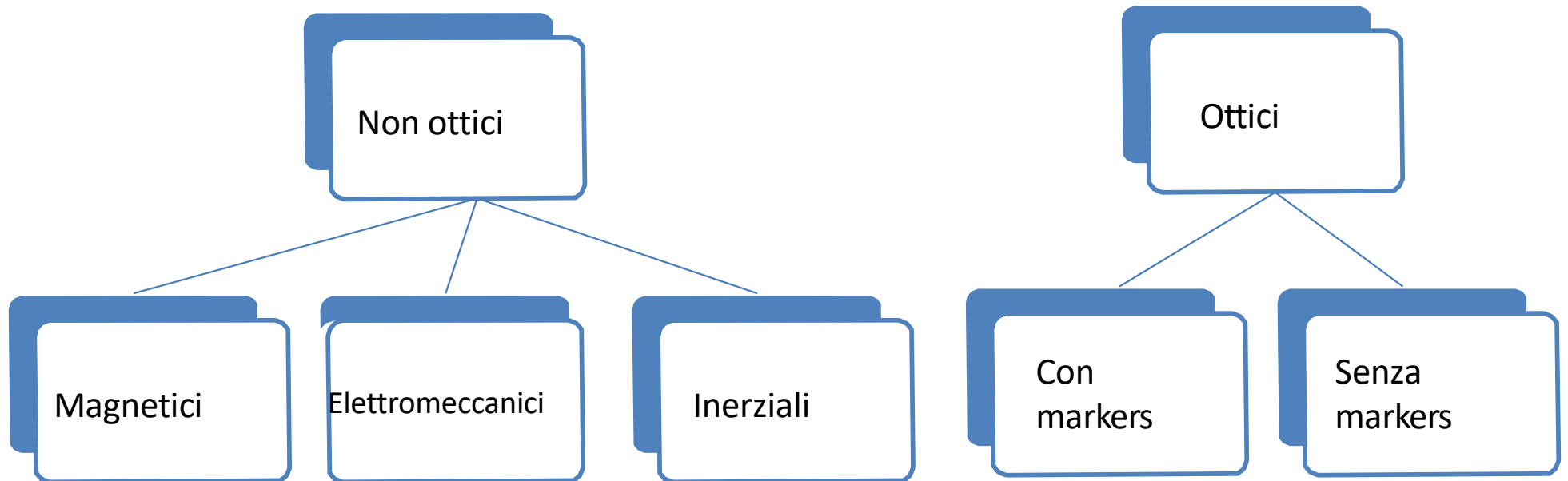
DINAMICA

Forze

Momenti

Potenze

Sistemi di analisi del movimento



Sistemi magnetici

Siccome è possibile **misurare** l'intensità e l'orientamento di un campo magnetico utilizzando degli appositi sensori, ma anche **generare** un campo magnetico di orientamento e intensità note utilizzando degli appositi generatori, *è dunque possibile calcolare la posizione e l'orientamento di un sensore rispetto ad un generatore di campo magnetico.*

- Posizionando in modo rigido un sensore magnetico su un segmento corporeo, è possibile calcolare la posizione e l'orientamento del segmento corporeo rispetto al generatore di campo.
- Integrando un generatore di campo magnetico e dei sensori magnetici è possibile costruire un sistema di motion capture.

Vantaggi: non soffre del problema delle occlusioni.

Svantaggi: scarsa portabilità (il generatore di campo magnetico deve essere tenuto in laboratorio), l'accuratezza dipende dalla distanza dal generatore, possibile influenza sulle misure di oggetti ferromagnetici, costoso.

Applicazioni: studio del movimento ove non sia possibile utilizzare sistemi ottici, animazione digitale (a piccola scala).

Sistemi elettromeccanici

I più semplici sono gli **elettrogoniometri**, che misurano l'angolo tra due segmenti corporei. Un sistema di motion capture può essere costruito integrando diversi elettrogoniometri (ad esempio costruendo una tuta da far indossare).

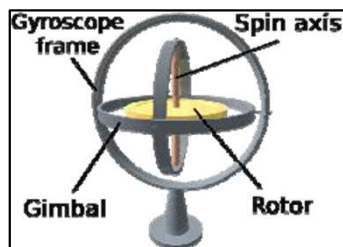
Vantaggi: economicità, facilità d'uso, possibilità di disporre immediatamente dei dati ottenuti dalla valutazione;

Svantaggi: scarsa accuratezza, i sensori possono ostacolare il movimento e forniscono solo misure angolari (non la posizione e l'orientamento tridimensionale dei segmenti corporei).

Applicazioni: usati per lo studio del movimento di singole sezioni del corporee.



Sistemi inerziali



Gli **accelerometri** sono sensori che misurano le accelerazioni lineari dei vari segmenti corporei su cui gli stessi vengono posizionati.

I **microaccelerometri** sono piccoli sensori che misurano le accelerazioni cui sono sottoposti; a partire dalle accelerazioni e da un modello che descrive la dislocazione degli accelerometri sul soggetto, si possono calcolare la posizione e l'orientamento dei vari segmenti corporei;



Vengono spesso accoppiati con dei **giroscopi**: questi sensori sono in grado di misurare le accelerazioni angolari.

Integrando microaccelerometri, giroscopi e un modello del corpo umano è possibile costruire un sistema di motion capture.

Vantaggi: economici, poco ingombranti, non soffrono del problema delle occlusioni;

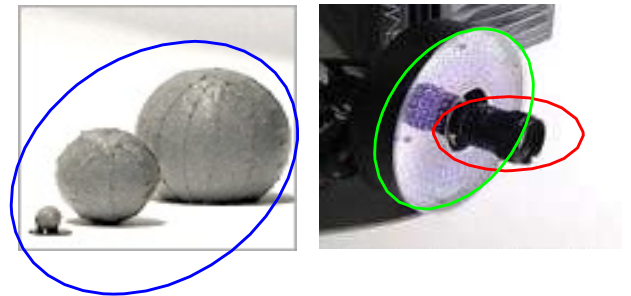
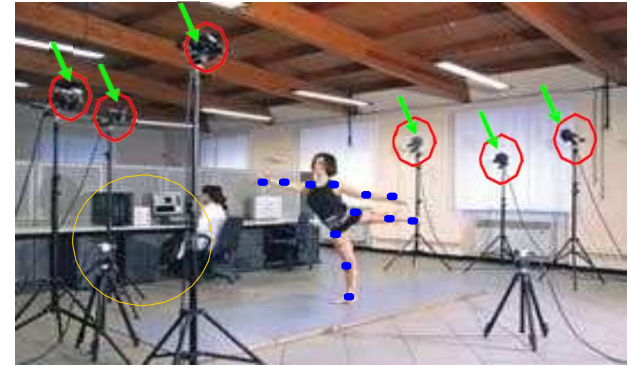
Svantaggi: l'accuratezza è limitata, diminuisce ulteriormente per acquisizioni lunghe.

Applicazioni: animazione digitale di bassa qualità (videogames), ricerca.

Sistema ottici a marker passivi

Un sistema per il motion capture ottico a marker passivi è costituito da:

- Un set di almeno due videocamere;
- Flash per l'illuminazione della scena;
- Un set di marker sferici ricoperti da materiale riflettente, fissati al soggetto;
- Un elaboratore che riceve le immagini dalle videocamere, estrae i marker dalle immagini e ne ricostruisce le posizioni tridimensionali.



Grazie all'utilizzo combinato di flash e marker riflettenti, è possibile generare immagini ad alto contrasto dove è facile identificare i marker. La luce uscente dal flash viene riflessa dal marker. Nell'immagine acquisita, i marker riflettenti sono molto luminosi (dunque facilmente identificabili) mentre il resto dell'immagine è scuro. Il sistema di motion capture ottico restituisce la posizione tridimensionale dei marker in ogni istante di tempo.

Vantaggi: elevata accuratezza, i marker non ostacolano i movimenti.

Svantaggi: costoso, i marker possono essere occlusi alla vista delle videocamere.

Applicazioni: studio del movimento (medicina, sport), animazione digitale (film).

Sistemi ottici a marker attivi

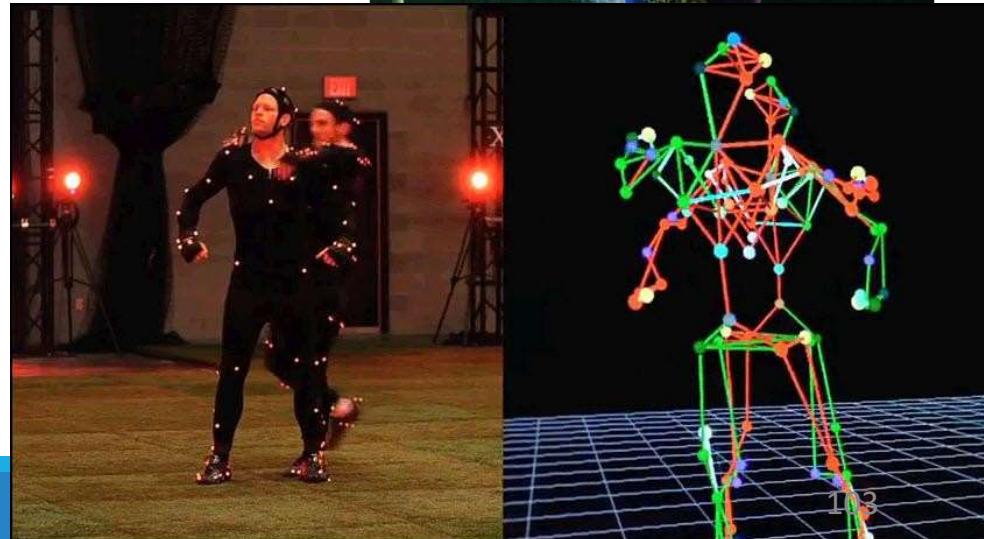
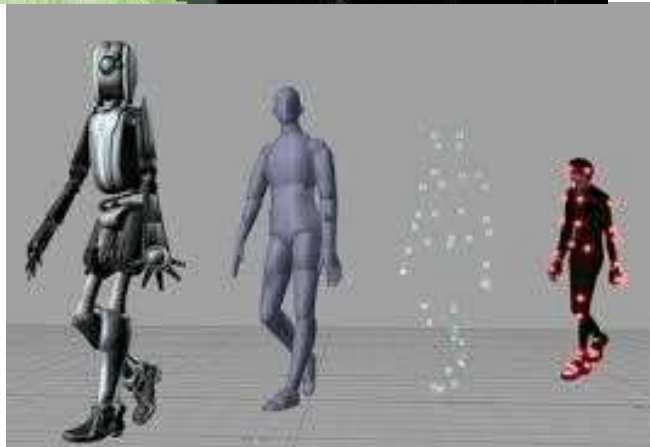
- I sistemi a marker attivi sono simili a quelli a marker passivi, ma i marker sono costituiti, ad esempio, da led colorati;
- Dal momento che ogni marker può avere un colore diverso, o può essere acceso o spento in istanti diversi, la fase di tracking dei dati risulta essere semplificata;
- Ciononostante, questi sistemi non hanno avuto il successo commerciale dei sistemi a marker passivi.

Sistemi ottici senza marker

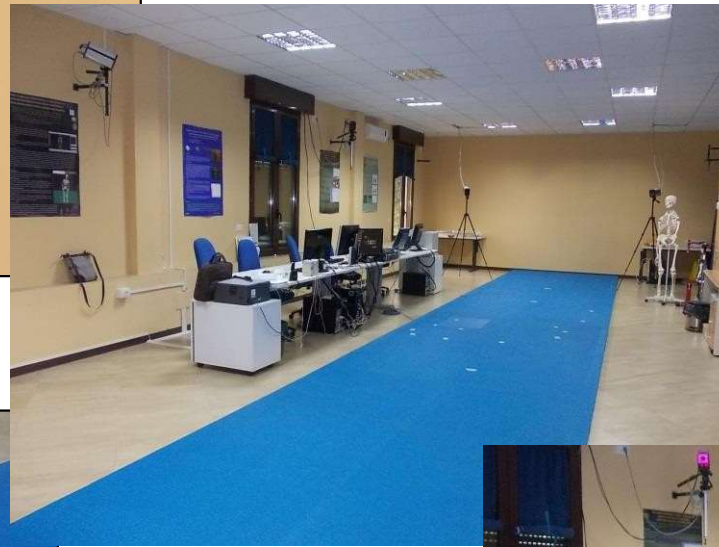
- Alcuni di questi sistemi riconoscono automaticamente i diversi segmenti corporei nelle immagini acquisite, e ne calcolano poi la **posizione** e **l'orientamento** nello spazio tridimensionale.
- Altri sistemi riconoscono l'intera figura del soggetto acquisita dalle camere, e calcolano il **volume occupato dal soggetto nello spazio** in ogni istante di tempo.
- Dal momento che l'elaborazione dei dati è parecchio dispendiosa e l'accuratezza limitata, questi sistemi sono ancora in fase di studio. Tuttavia, essi costituiscono il futuro del motion capture.



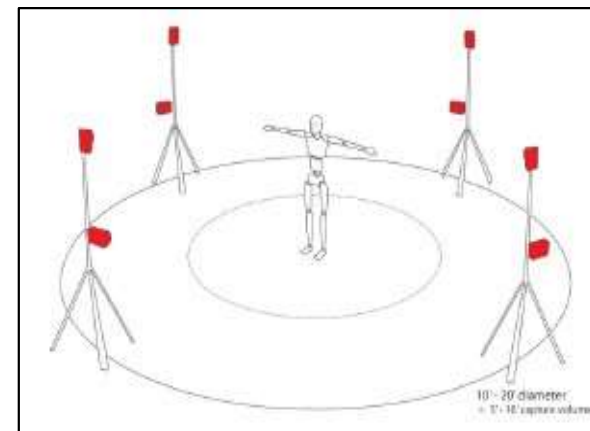
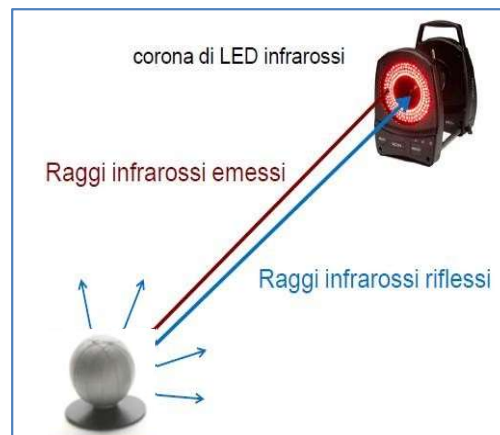
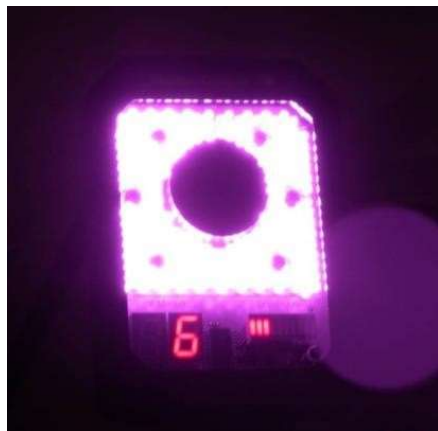
Sistemi di Motion Capture



Laboratorio di Neuromeccanica



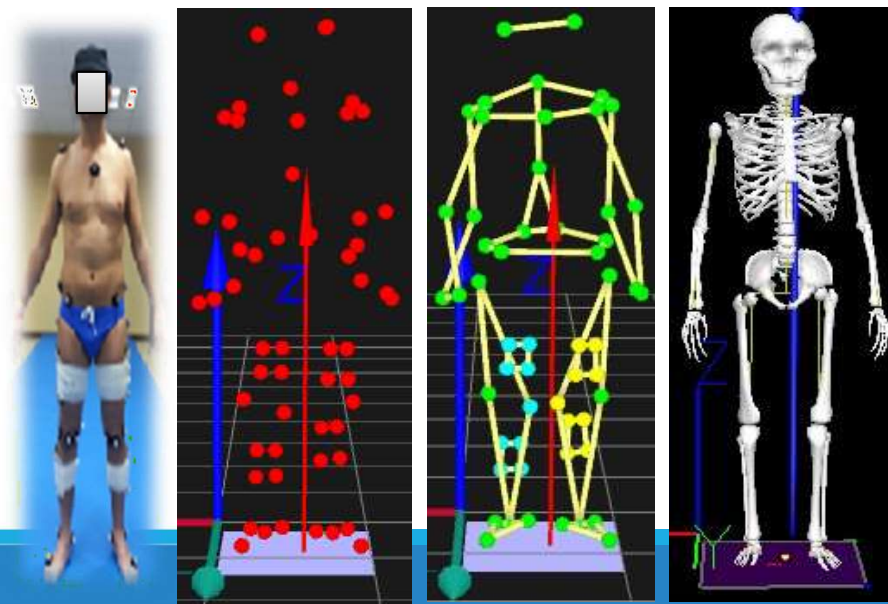
Camere



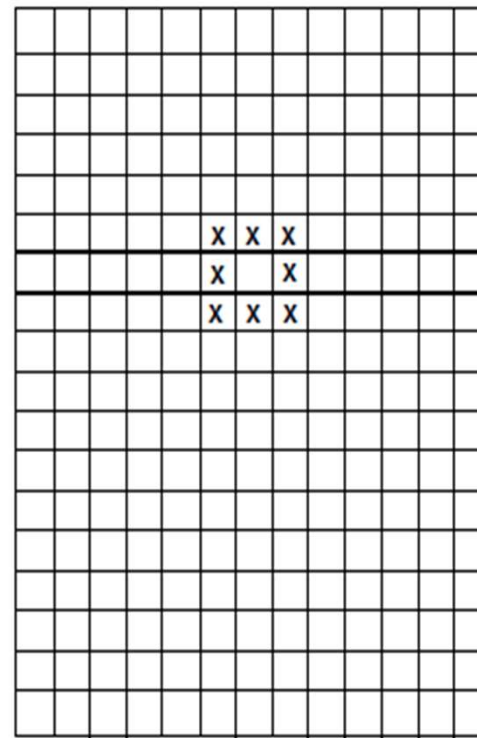
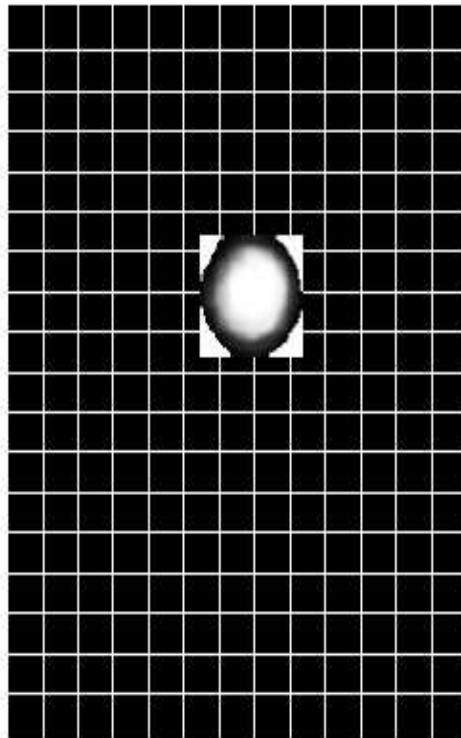
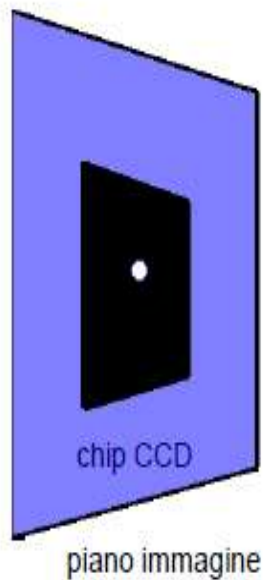
ProReflex IR (Qualisys)

Frequenza di campionamento: 240 Hz

Radiazioni infrarosse sono le onde elettromagnetiche a minore frequenza corrispondenti al colore rosso. La loro lunghezza d'onda coincide con la trasmissione del calore.



PROCESSO DI RIDUZIONE DELL'IMMAGINE 2D



6,6 7,6 8,6
6,7 8,7
6,8 7,8 8,8

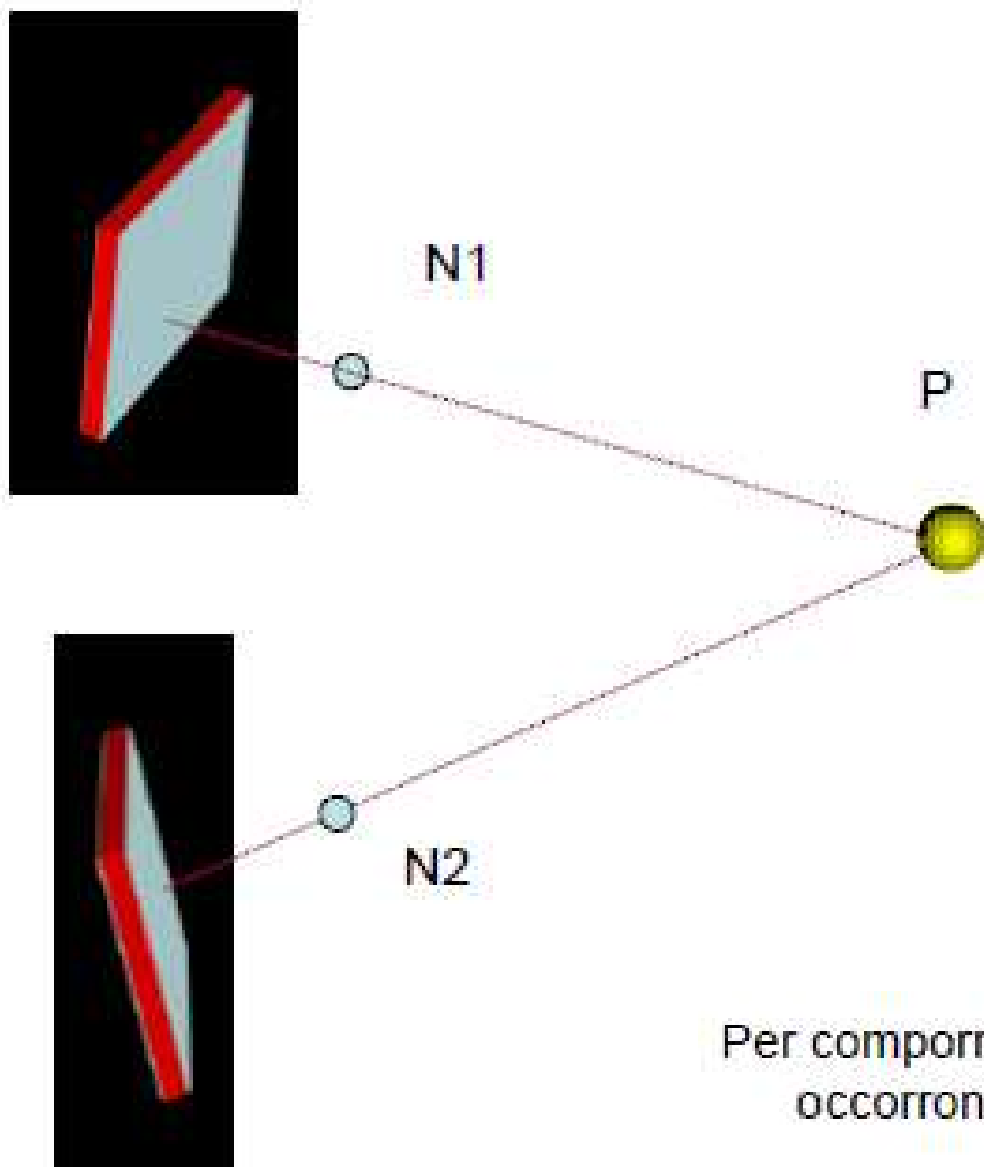


$(x,y)=(7,7)$

coordinate dell'immagine

x_{p1}, y_{p1}

RICOSTRUZIONE GEOMETRICA 3D

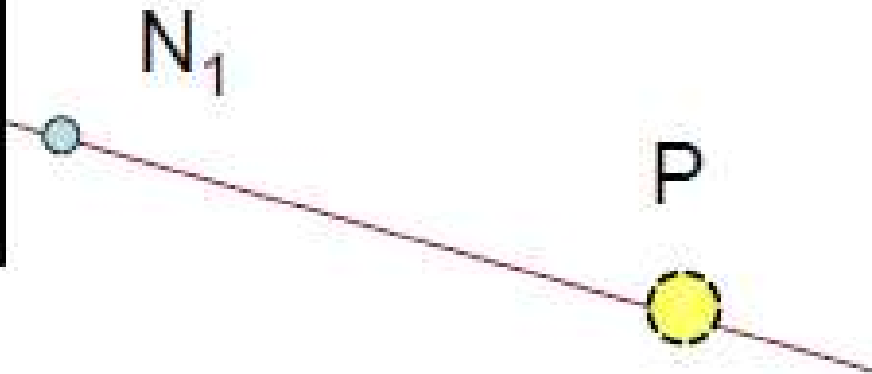
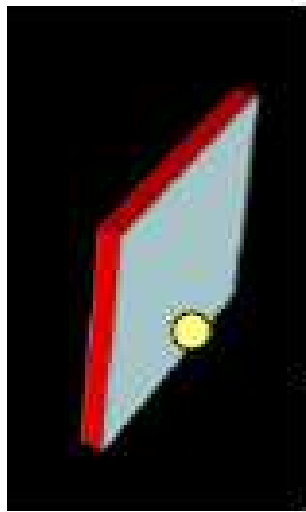


In un istante di tempo
definito

l'immagine del punto
oggetto P è proiettata sul
piano principale della
camera 1

l'immagine del punto
oggetto P è proiettata sul
piano principale della
camera 2

Per comporre un sistema stereofotogrammetrico
occorrono **almeno 2 camere** fotografiche

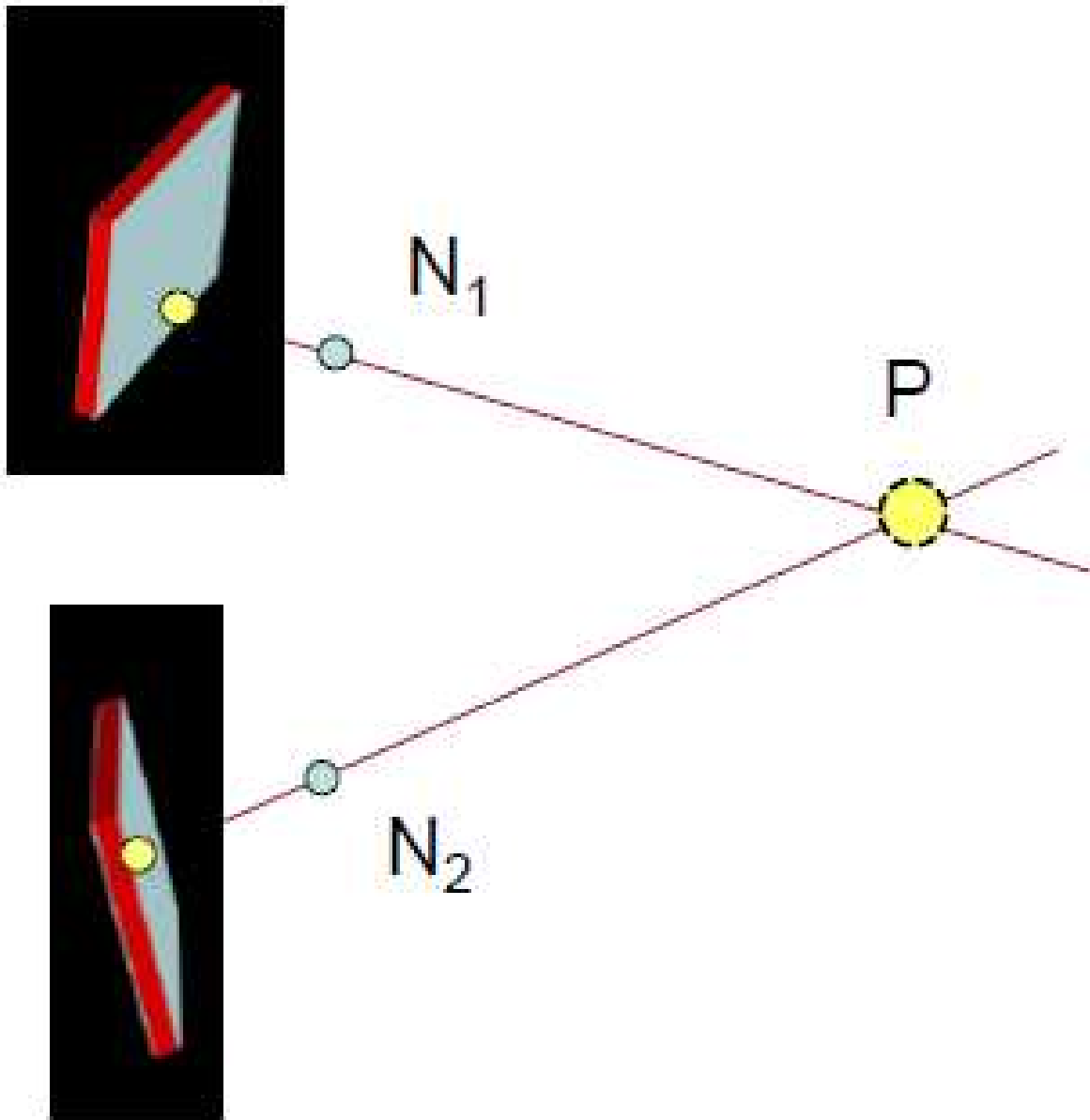


Il punto P si è mosso e a noi rimangono queste due immagini.

Una linea può essere tracciata tra il punto immagine e il punto nodale della prima camera



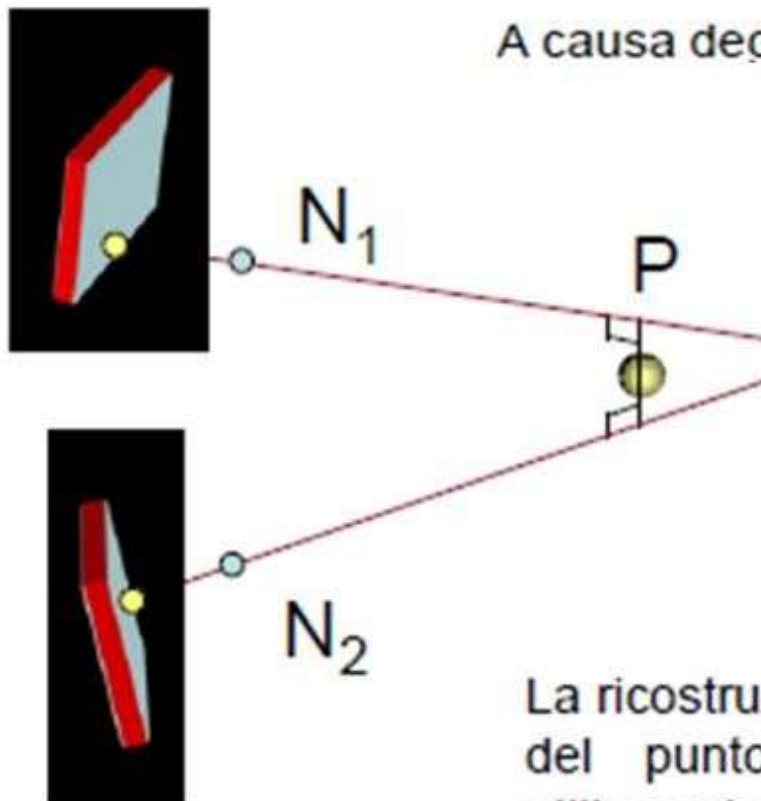
Il punto oggetto può giacere ovunque lungo questa linea



Un'altra linea può essere tracciata tra il punto immagine e il punto nodale della seconda camera.

Il punto oggetto giace sulla intersezione tra le due linee.

A causa degli errori queste linee non si intersecano.



Possibile soluzione:

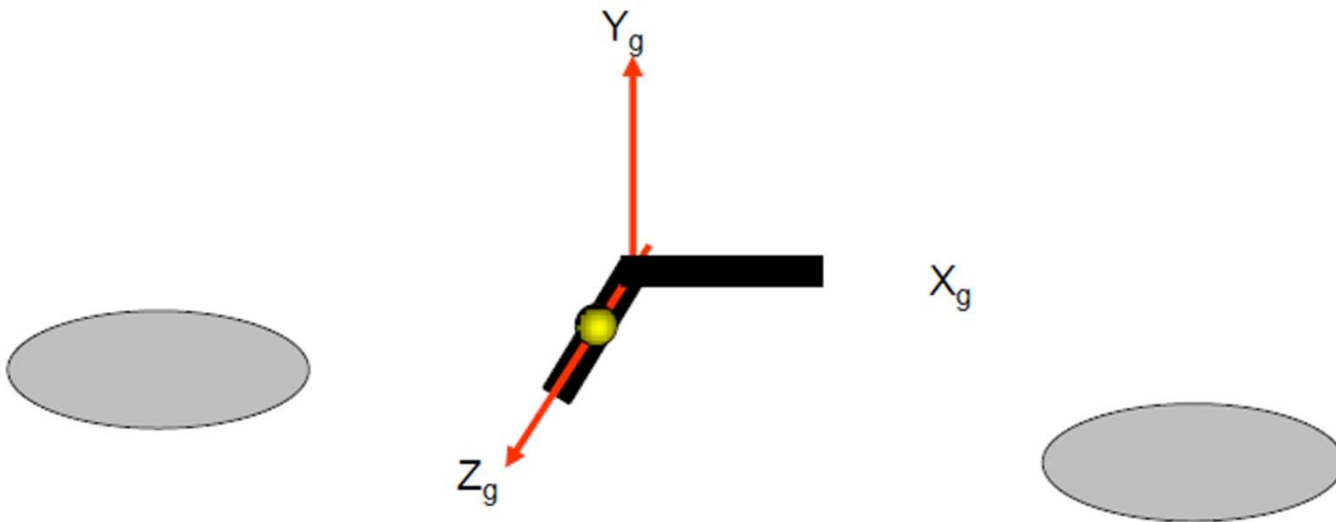
individuare la distanza minima tra tutti i punti delle due rette e stimare la posizione del punto P nel punto medio di questa distanza.

La ricostruzione geometrica della posizione del punto oggetto è stata effettuata utilizzando informazioni che riguardano:

- **posizione e l'orientamento** di due camere (inclusi i punti nodali) calibrazione del sistema (**invarianti nel tempo**)
- **posizione nei piani principali dei due punti immagine** variabili misurate (**varianti nel tempo**)

Calibrazione

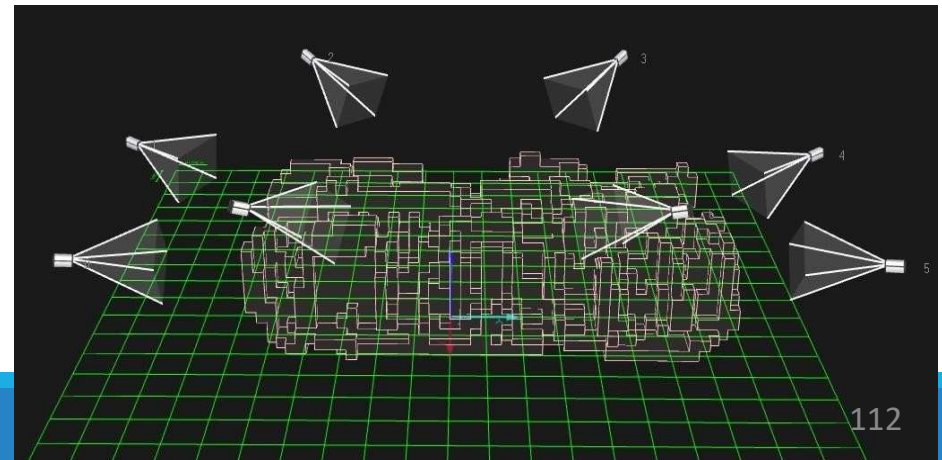
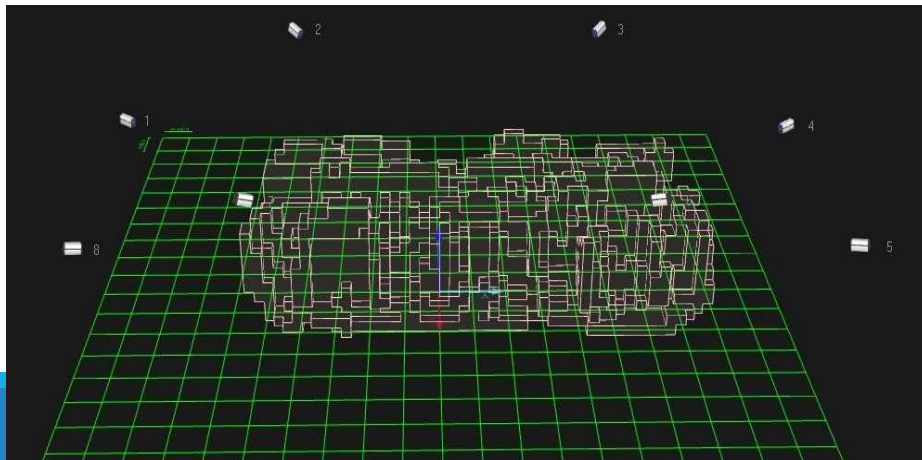
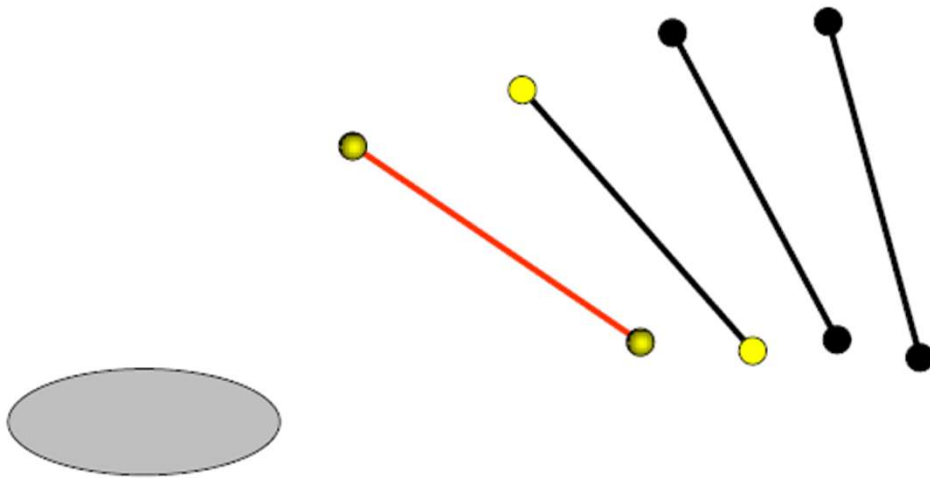
I marcatori (punti di controllo) sono localizzati in posizioni note. Il sistema di riferimento rispetto al quale le coordinate dei punti di controllo sono fornite diventa il **sistema di riferimento del sistema stereofotogrammetrico**.



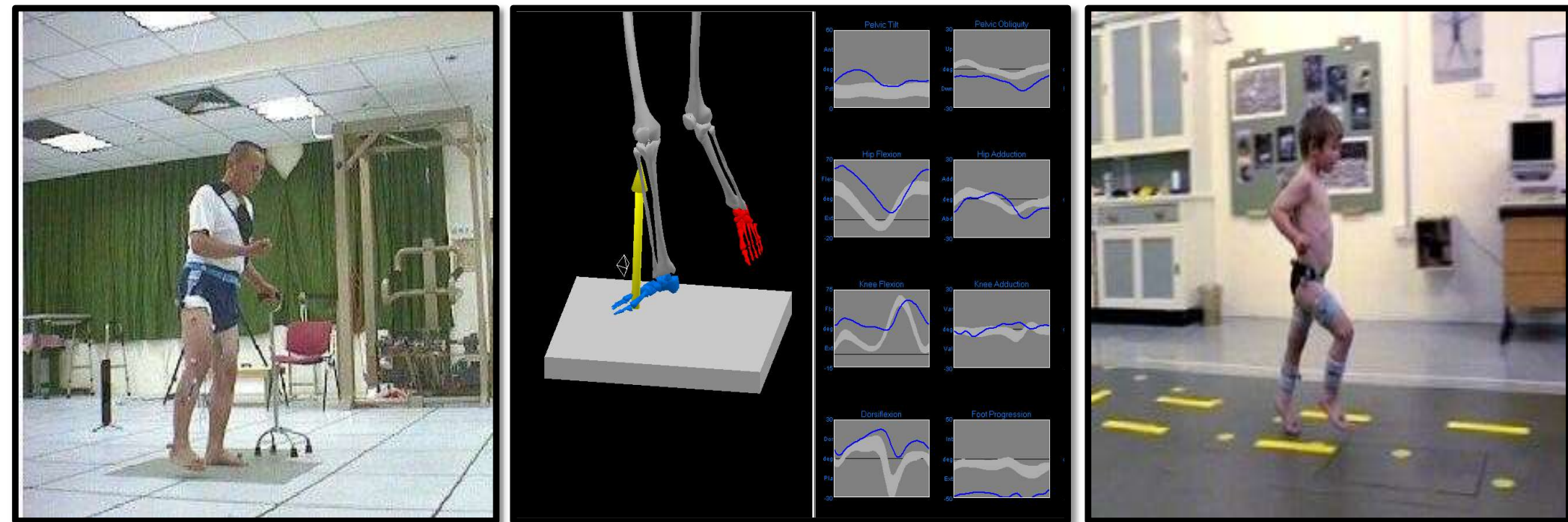
Serve a definire il sistema di riferimento GLOBALE (x, y, z) , il volume di cattura per il corretto riconoscimento dei marker in fase di acquisizione.

Calibrazione

Si effettua una acquisizione mentre un'asta, dotata di due marcatori a **distanza relativa nota**, è mossa nel volume di misura. La calibrazione è raffinata iterativamente minimizzando una funzione obiettivo basata sull'errore con cui si stima la distanza tra i due marcatori.

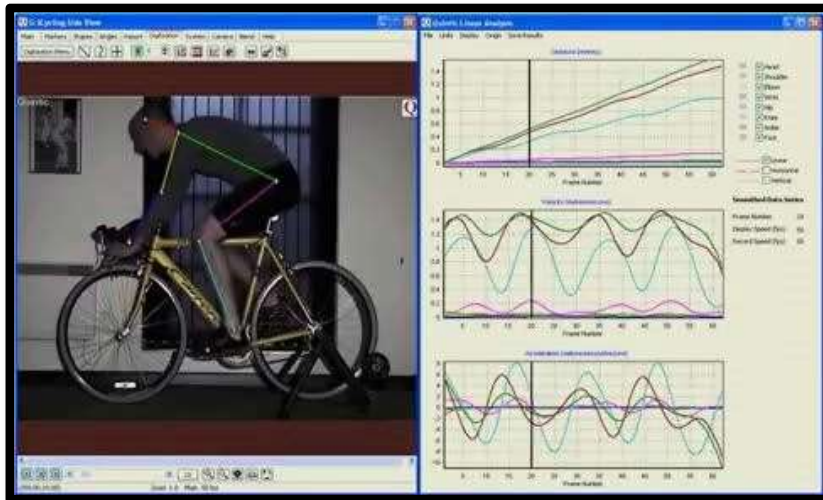


Applicazioni biomedicali

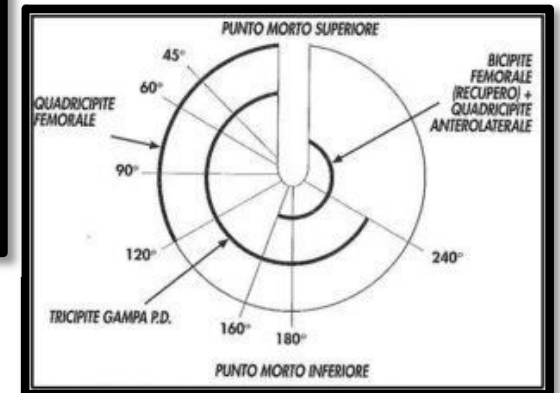
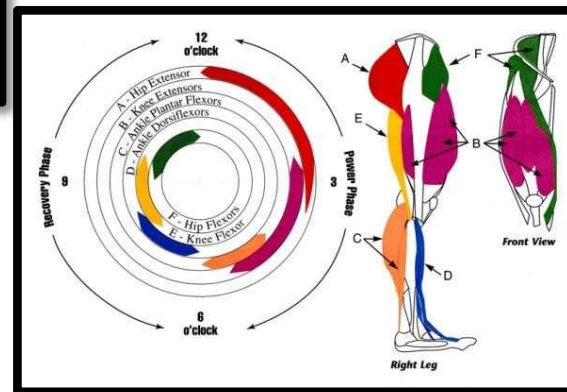


- Quantificare le limitazioni funzionali in maniera oggettiva
- Definire percorsi terapeutici e supportare le decisioni cliniche
- Monitorare gli andamenti di una terapia riabilitativa
- Documentare l'efficacia di nuovi ausili o protesi

Applicazioni nello sport



Miglioramento della prestazione

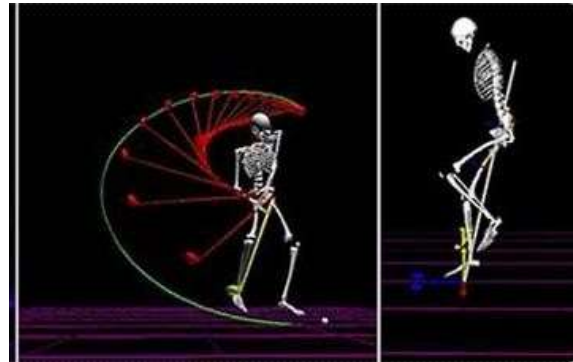


Identificare la postura ottimale dell'atleta (altezza della sella, del manubrio etc...) attraverso l'osservazione di variabili meccaniche come la flessione-estensione del ginocchio in relazione della forza impressa sul pedale per sfruttare al massimo la propulsione.

Applicazioni nello sport



Miglioramento della prestazione



Accorgersi, ad esempio, che l'atleta non incrementa adeguatamente la sua velocità di rotazione oppure che l'attrezzo viene lanciato in un istante temporale "meccanicamente" poco vantaggioso.

Correzioni del genere possono fare la differenza anche di diversi metri di gittata.

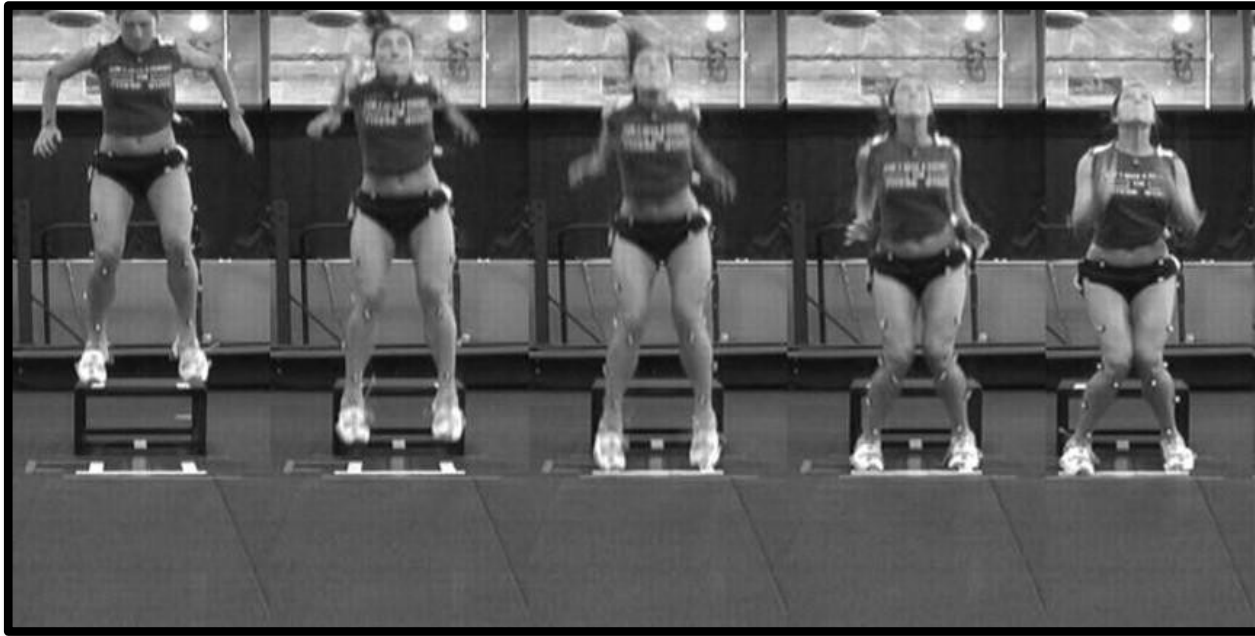
Applicazioni nello sport



Prevenzione infortuni

In curva, seppur per pochi centesimi di secondo, il carico che questi ragazzi poco più che adolescenti si trovano a dover sostenere va oltre il doppio del loro peso. Tradotto in termini di pratici, nonostante la contrarietà dei loro genitori e le varie “credenze popolari”, l’allenamento con i sovraccarichi, anche a quell’età, è opportuno.

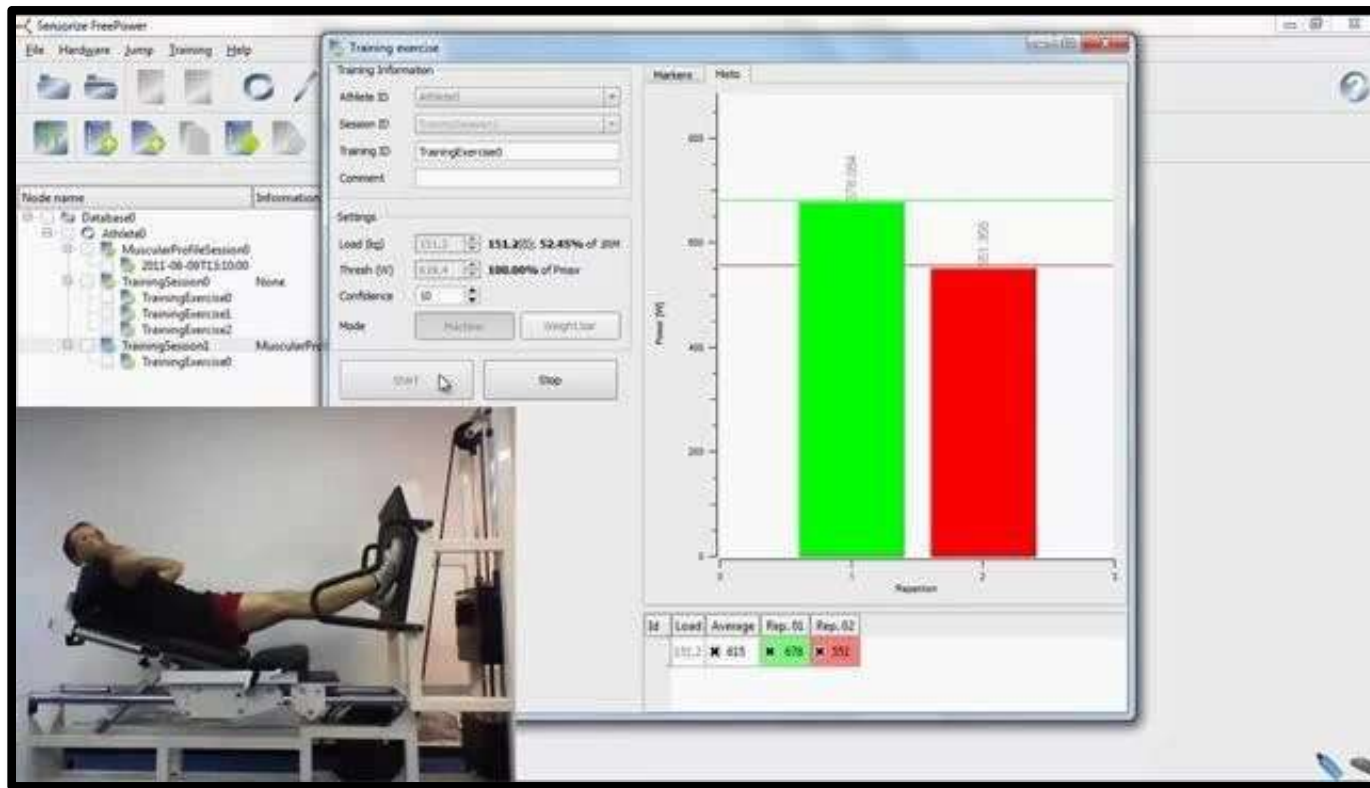
Applicazioni nello sport



**Valutazione rischio
infortuni**

La valutazione posturale parte da una anamnesi del soggetto al fine di identificare comportamenti e abitudini preponderanti che possa compromettere o determinare una postura dell'apparato muscolo scheletrico "viziosa".

Applicazioni nello sport



**Recupero
infortuni**

Controllare la velocità con cui il carico viene sollevato aiuta la programmazione del corretto carico da somministrare e del numero delle ripetizioni che vanno eseguite per il recupero della forza muscolare in conseguenza ad un evento traumatico.

Applicazioni nei video games

Le case di produzione di video games fanno largamente uso di sistemi di Motion Capture per realizzare l'animazione dei personaggi virtuali. I vantaggi offerti da questa tecnologia consistono nella possibilità di acquisire contemporaneamente più personaggi, di catturare in volumi molto ampi, di catturare simultaneamente i movimenti del corpo, del viso e delle mani. Tecniche sempre più evolute di MoCap sono richieste al fine di rendere l'esperienza dello spettatore o del giocatore sempre più immersiva e coinvolgente.



Applicazioni in cinematografia

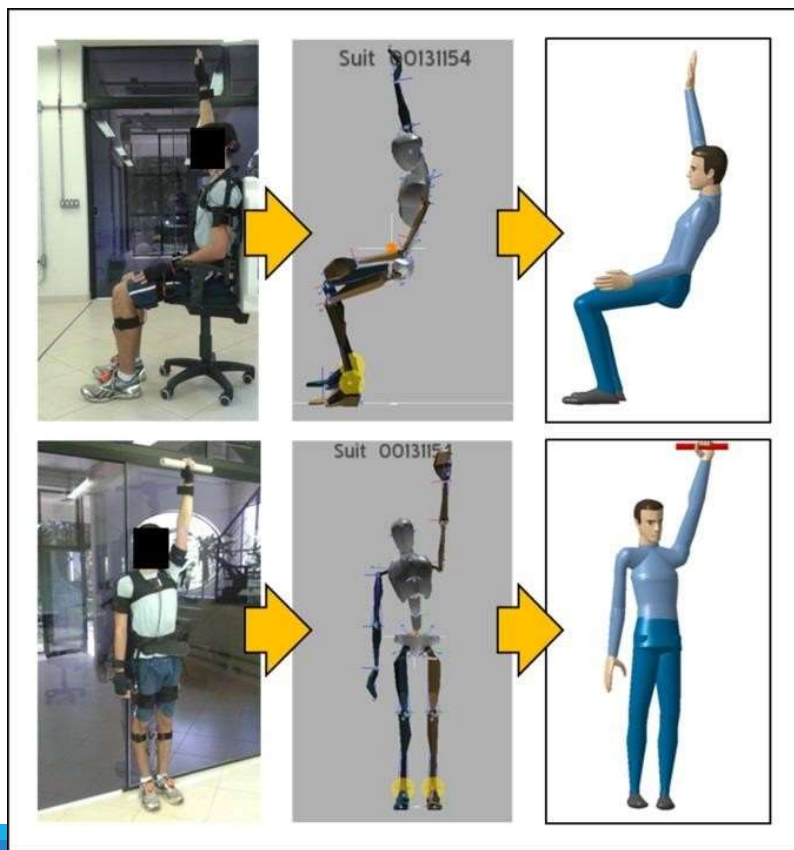
La Motion Capture permette di acquisire in modo perfetto le espressioni facciali e del corpo dei personaggi, in modo da ricostruirne il carattere. Una funzione importante che offre la Motion Capture è il retargetting del personaggio, che consiste nell'assegnare i movimenti effettuati da un attore ad un personaggio virtuale (puppet) di diverse caratteristiche antropometriche (diversa altezza, peso, etc.).

Nel film "The Polar Express" Tom Hanks ha animato 5 diversi personaggi con la cattura simultanea di corpo e viso.



Applicazioni nell'ergonomia

La progettazione ergonomica dell'attività produttiva nell'industria si basa sullo studio dei movimenti del lavoratore centrato su uomo-posto di lavoro-ambiente- organizzazione, studiati congiuntamente per assicurare all'uomo il massimo del "comfort". La Motion Capture consente di acquisire il movimento reale del soggetto, di catturarlo nel tempo per analizzare le differenze dovute all'affaticamento, di effettuare analisi posturali



Per il lancio di un nuovo modello vengono infatti eseguite fino a 900 simulazioni digitali, effettuate da 2 a 3 anni prima rispetto al lancio dell'auto per permettere di analizzare ogni singolo dato in modo da ottimizzare tutto il processo di produzione creando linee di assemblaggio che tengano conto dello sforzo e della sicurezza. Tra i test eseguiti troviamo persino quelli che si avvalgono dei moderni sistemi di **motion-capture**; i partecipanti ai test indossano per l'occasione **tute speciali dotate di 52 punti di riferimento** distribuiti su tutto il corpo che vengono riconosciuti e tracciate da speciali telecamere 3D. I dati vengono poi elaborati dal computer che **misura lo stress muscolare, gli effetti sulle giunture e sull'equilibrio del corpo.**