

Massa e peso

La **massa** è una proprietà fisica intrinseca di ciascun corpo. Si utilizza la massa come misura della "quantità di materia" contenuta in un corpo.

La fisica moderna distingue forza peso e massa come due grandezze sostanzialmente diverse: mentre la **massa** di un corpo è una sua proprietà intrinseca e non dipende dalla sua posizione nello spazio, il **peso** è l'effetto prodotto su tale massa dalla presenza di un *campo gravitazionale*, e dipende pertanto anche dall'entità dell'accelerazione di gravità in quel punto (g). In particolare, l'entità della forza peso di un corpo in un dato punto dello spazio è pari al prodotto tra la sua massa e l'accelerazione di gravità presente in quel punto.

L'unità di massa è il chilogrammo, ma nell'uso comune "chilogrammo" è un'abbreviazione per "la forza peso di un corpo di un chilogrammo di massa a livello del mare sulla terra".

1

Massa e peso

La gravità genera su ogni oggetto una forza, la Forza Peso.

$$\vec{P} = m \vec{g}$$

m = massa (kg, g), g = accelerazione gravitazionale = 9,81 m/s²

Ad un corpo di massa pari a 1 kg situato sulla superficie della Terra, si attribuisce un peso di 9,8 N. Lo stesso corpo, sulla superficie della Luna, ha un peso di circa 1,6 N.

$$P = mg \qquad m = P / g = 10 \text{ N} / 9,81 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ kg circa}$$

una forza $F = 10 \text{ N}$ equivale circa alla forza peso di un oggetto di massa 1 kg !

quanto è grande una Forza di 10 N? è circa la forza peso esercitata da 1 kg.

2

Centro di massa e baricentro

Il centro di massa è comunemente detto **baricentro**.

Questo nome etimologicamente significa centro del peso e deriva dal fatto che quando un corpo è immerso in un campo di gravità **uniforme** (come avviene, con buona approssimazione, sulla superficie terrestre, dove l'accelerazione di gravità si può ritenere costante), allora il moto del **baricentro** è equivalente al moto di caduta, sotto l'azione della forza peso, di un punto materiale in cui fosse concentrata la massa totale del corpo.

Solo nel caso, che difficilmente si presenta in pratica, in cui un corpo sia immerso in un campo gravitazionale esterno non uniforme, allora queste ultime proprietà non valgono, poiché la risultante delle forze (che determina l'accelerazione del centro di massa, come si è detto) può differire dalla forza peso che si eserciterebbe sul baricentro se in esso fosse concentrata tutta la massa del corpo.

Ciononostante, nel linguaggio scientifico i termini "centro di massa" e "baricentro" sono usati come sinonimi a tutti gli effetti, ed entrambi si riferiscono alle proprietà inerziali del sistema, indipendentemente dalla natura delle forze applicate.

3

Centro di massa o baricentro

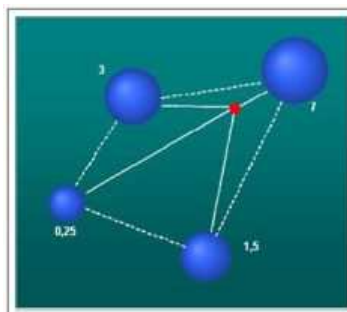
Si definisce **centro di massa** di un sistema (discreto) di N punti materiali il punto geometrico le cui coordinate, in un dato sistema di riferimento, sono date da

$$\mathbf{R} = \frac{m_1\mathbf{r}_1 + m_2\mathbf{r}_2 + \dots + m_N\mathbf{r}_N}{M} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i\mathbf{r}_i}{\sum_{i=1}^N m_i}$$

dove $M = m_1 + m_2 + \dots + m_N$ è la massa totale del sistema e le quantità \mathbf{r}_i sono i raggi vettori dei punti materiali rispetto al sistema di riferimento usato.

Nel caso di un sistema continuo le sommatorie sono sostituite da integrali estesi al dominio occupato dal sistema.

Definizione



Centro di massa di un sistema di quattro sfere di massa diversa

4

Statica ed equilibrio

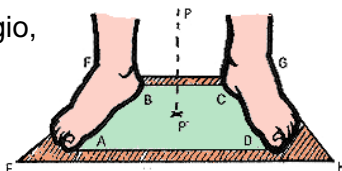
Tutte le forze applicate ad un corpo rigido possono immaginarsi applicate in un punto particolare detto **centro di massa**.

Se si tratta di **forza peso** il punto è detto **BARICENTRO**.

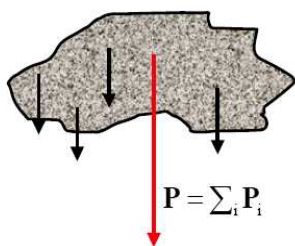
Se un oggetto possiede un centro di simmetria (es. quadrato, cerchio, ...) il baricentro coincide con questo centro.

La forza peso tende a dare un moto accelerato ai corpi (caduta libera), ma se il corpo è sostenuto da vincoli può essere in condizione di **EQUILIBRIO**.

Se il corpo poggia su una base di appoggio, il suo equilibrio è **STABILE** quando il baricentro cade verticalmente entro la base di appoggio.

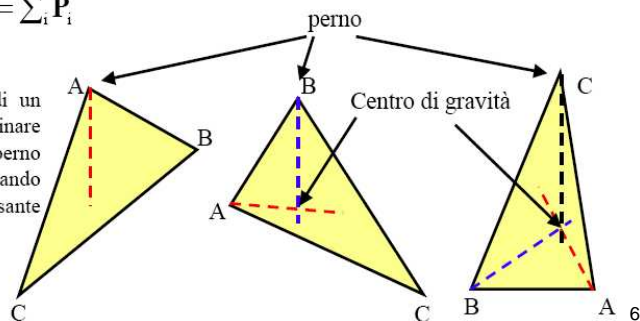


Baricentro o centro di massa o Centro di gravità

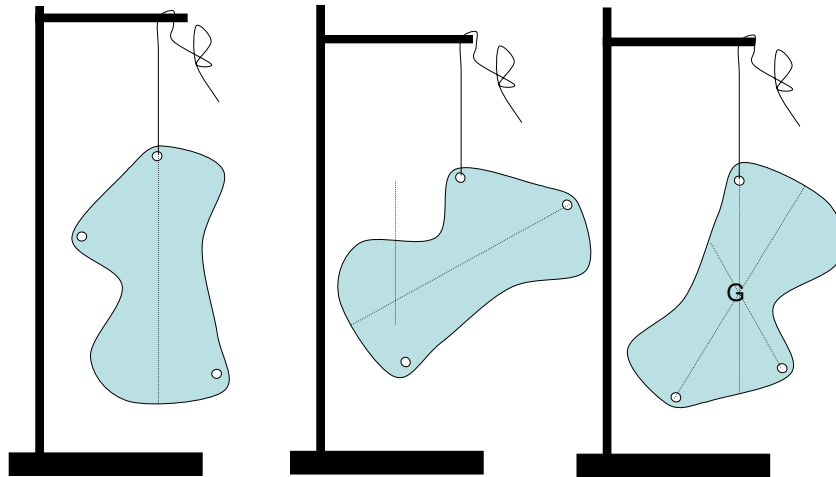


I pesi P_i di tutte le particelle che costituiscono un corpo possono essere sostituiti con il peso totale P del corpo, **applicato nel centro di gravità**, che è il punto rispetto al quale il momento risultante delle forze P_i è nullo.

Il centro di gravità di un corpo si può determinare sospendendolo ad un perno in punti diversi e tracciando la retta verticale passante per il perno.



Determinazione sperimentale del baricentro di un corpo

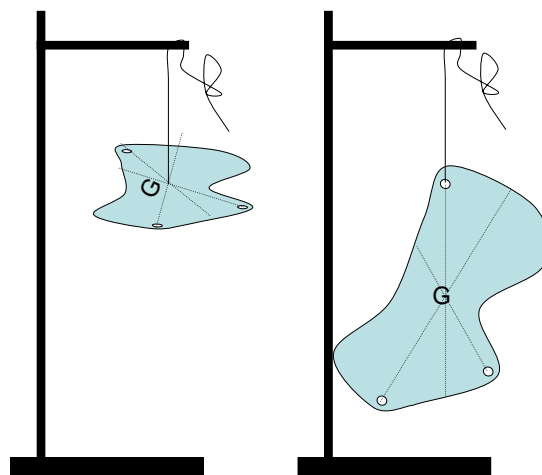


7

Determinazione sperimentale del baricentro di un corpo

Il corpo sospeso per il baricentro sta in equilibrio indifferente

(comunque lo si disponga resta fermo – si trova in equilibrio)



8

Equilibrio nel corpo umano

Equilibrio:

la condizione in cui tutte le forze che agiscono sul corpo sono bilanciate in modo da mantenere il controllo posturale sia da fermo (equilibrio statico), sia durante il movimento (equilibrio dinamico).

Postura:

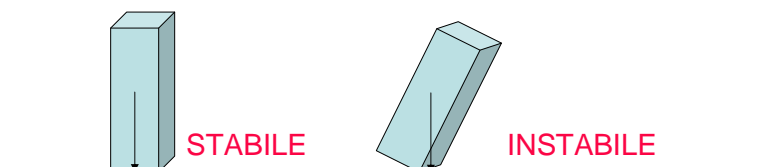
la posizione relativa delle diverse parti del corpo nei confronti l'una dell'altra, dell'ambiente e della gravità.

Disequilibrio:

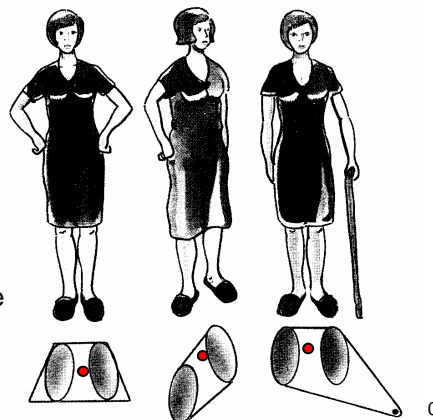
Abitualmente durante il movimento siamo inconsapevoli dei complessi processi neuromuscolari richiesti dal controllo posturale. Notiamo la sua presenza quando cadiamo accidentalmente o quando patologie ne danneggiano una parte determinando disequilibrio



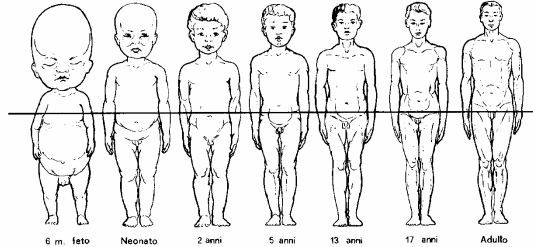
Equilibrio del corpo umano



Questo spiega come mai, in condizioni di equilibrio precario (es. quando siamo in piedi sull'autobus) teniamo le gambe un po' aperte, o il motivo per cui agli anziani con difficoltà di deambulazione è consigliato l'uso del bastone: in tutte queste circostanze, quando un urto improvviso potrebbe spostare il nostro baricentro, è opportuno rendere il più grande possibile il poligono di appoggio.



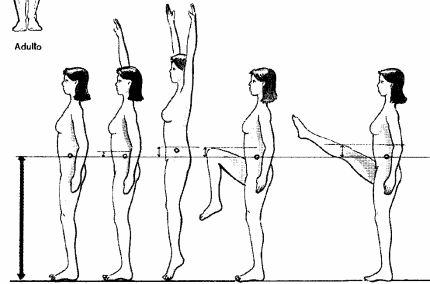
Posizione del baricentro



Varia in base alla distribuzione del peso e dell'età. Nella donna è più basso e nel bambino piccolo è più alto

Il centro di gravità nel corpo umano si trova anteriormente al rachide, a circa il 56% dell'altezza totale da terra.

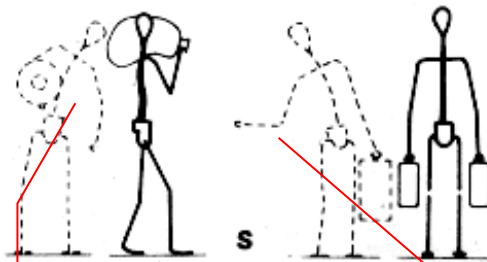
Il corpo è tanto più stabile quanto minore è l'altezza del baricentro rispetto all'altezza del soggetto.



Le variazioni di posizione del busto e degli arti modificano la posizione del baricentro.

11

Attenzione al baricentro!



la colonna si curva per centrare la nuova posizione del baricentro

un braccio si allontana dal corpo per compensare il carico e riportare il baricentro al di sopra dei piedi

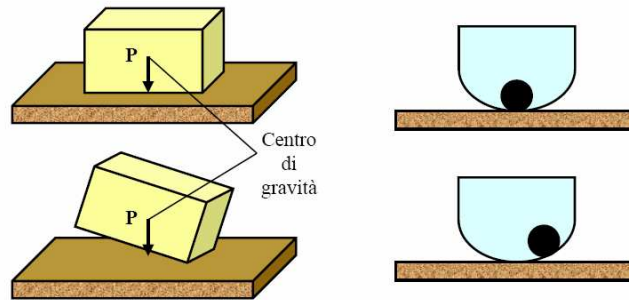
Portare carichi asimmetrici forza il corpo a curvarsi per compensare lo squilibrio, per influire sulla posizione del baricentro e ripristinare l'equilibrio. Se l'attività è continuativa, la colonna vertebrale ne soffre e può cronicizzare una errata curvatura.

Nelle persone con arti amputati, gli arti artificiali sono anche funzionali alla distribuzione del peso.

12

Equilibrio stabile

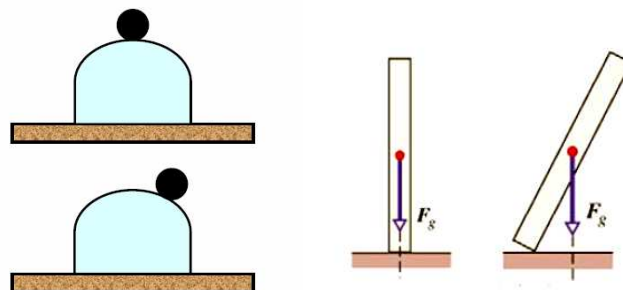
L'equilibrio di un corpo può essere di tre tipi: **stabile**, **instabile** o **indifferente**.
L'equilibrio **stabile** si ha se le forze o i momenti di forza risultanti che insorgono a causa di un piccolo spostamento del corpo spingono il corpo indietro verso la sua posizione di equilibrio.



13

Equilibrio instabile

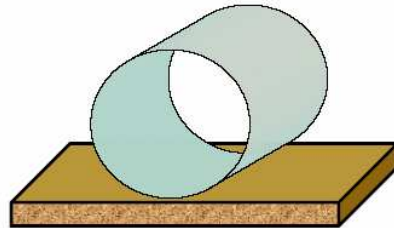
L'equilibrio **instabile** si ha se le forze o i momenti di forza risultanti che insorgono a causa di un piccolo spostamento del corpo spingono il corpo lontano dalla sua posizione iniziale.



14

Equilibrio indifferente

L'equilibrio **indifferente** si ha quando, in seguito ad un piccolo spostamento del corpo, non vi sono forze o momenti di forza risultanti che tendano a riportarlo verso la sua posizione iniziale o ad allontanarlo da essa.



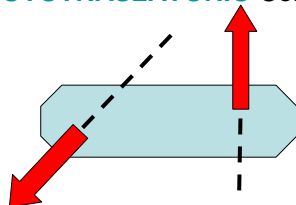
Se si ruota leggermente il cilindro, esso è di nuovo in equilibrio.

15

Tipi di moto

Moti del corpo rigido esteso:

- **TRASLATORIO** Tutti i punti del corpo rigido subiscono lo stesso spostamento nello stesso intervallo di tempo. Il moto si può studiare attraverso il moto del centro di massa
- **ROTATORIO** I diversi punto del CR subiscono spostamenti diversi. In particolare esistono dei punti allineati lungo un asse che non subiscono alcuno spostamento (asse di rotazione)
- **ROTOTRASLATORIO** Composizione dei due tipi precedenti



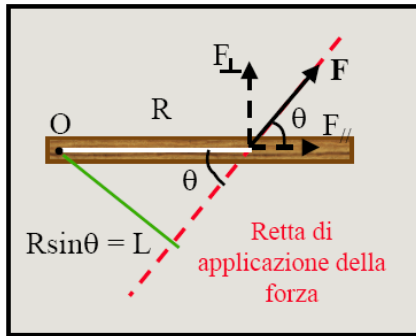
Se più forze non parallele sono applicate in punti diversi del corpo esteso, non basta sommarle ed applicarle nel baricentro.....oltre alla **traslazione** avverrà anche una **rotazione** del corpo .

16

Momento di una forza

La grandezza che misura l'efficacia di una forza nel produrre la rotazione è chiamata **momento della forza M**. Il momento di una forza può essere orario oppure antiorario, a seconda del senso di rotazione che tende a produrre: in tal caso viene considerato rispettivamente negativo (rotazione oraria) o positivo (rotazione antioraria).

Nell'esempio illustrato in figura, il momento della forza **F** è dato da:



$$M = F_{\perp}R = (F \sin \theta)R = F(R \sin \theta) = FL$$

R è la distanza tra il punto di applicazione della forza e il punto O , in cui la sbarra è fissata.

L è il braccio della forza.

Il momento è dato dal prodotto della forza per il braccio.

$$|M| = r \cdot \sin \theta \cdot F \quad b = \text{braccio della Forza}$$

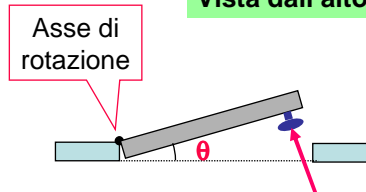
$$\vec{M} = \vec{b} \times \vec{F}$$

17

Rotazione attorno ad un asse fisso



Vista dall'alto



Per aprire la porta, dovrò spingere in un punto lontano dall'asse di rotazione (le maniglie sono sempre alla massima distanza possibile dai cardini!). Quanto più sono distanti dai cardini, tanto è inferiore la forza che devo applicare.

$$M = r \cdot \sin \theta \cdot F$$

$$M = b \times F$$

Una forza esercitata sulla retta passante per l'asse di rotazione non ha alcun effetto.

Il momento infatti dipende dal "braccio" della forza, cioè dalla distanza dai cardini.

18

Condizioni per l'equilibrio

“Perché un corpo sia in equilibrio statico, il momento risultante in senso orario delle forze, calcolato rispetto ad un punto qualsiasi, deve essere uguale al momento risultante in senso antiorario calcolato rispetto allo stesso punto.”

Se chiamiamo positivi i momenti di forza in senso antiorario e negativi quelli in senso orario, questa condizione equivale a dire che la somma algebrica dei momenti di forza rispetto a un punto qualsiasi deve essere nulla.

$$\sum F_i = 0$$

$$\sum M_i = 0$$

CONDIZIONI PER L'EQUILIBRIO
STATICO DI UN CORPO ESTESO

$$\sum F_i = 0 \quad \text{assenza di traslazioni}$$

$$\sum M_i = 0 \quad \text{assenza di rotazioni}$$

19

Leve

Le leve sono un tipico esempio di macchine semplici, utilizzate per tagliare, per sollevare, per spostare con la minore fatica possibile.

L'**equilibrio** si ottiene quando

$$\text{Potenza (P) x Braccio della Potenza (a) =}$$
$$= \text{Resistenza (R) x Braccio della Resistenza (b)}$$

che equivale alla condizione:

$$\text{Momento della Potenza = Momento della Resistenza}$$

Col termine **potenza** intendiamo la forza in entrata, col termine **resistenza** intendiamo la forza in uscita. Il **braccio** è la distanza tra il punto di applicazione della potenza (o della resistenza) e un punto detto **fulcro**. Col termine **momento** (che ritroveremo più avanti) intendiamo il prodotto forza x braccio.

Una leva ha vantaggio > 1 quando $R > P$.

Le leve possono essere classificate in tre tipi:

> [le leve di 1° genere](#)

> [le leve di 2° genere](#)

> [le leve di 3° genere](#)

CONDIZIONE DI EQUILIBRIO

$$P \cdot b_P = R \cdot b_R$$

20

Leve

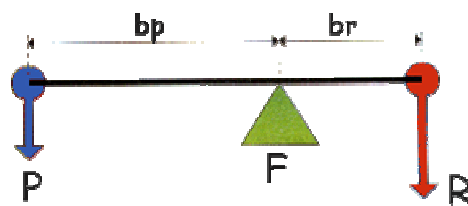
Sono un esempio di macchine semplici che consiste in un'asta rigida che ruota intorno a un punto fisso detto "**fulcro**".

Sono utilizzate per tagliare, spostare, sollevare con la minore fatica possibile.

A un'estremità dell'asta si applica la forza che deve essere vinta, "resistenza" e all'altra estremità la forza vincitrice, "potenza".

La distanza dal fulcro alla resistenza è detta: "braccio della resistenza" (b_r).

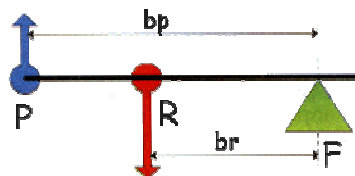
La distanza tra la potenza e il fulcro è detta: "braccio della potenza" (b_p).



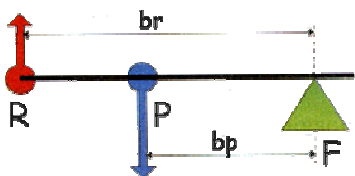
leva di **primo genere**:
il fulcro è posto fra
resistenza e **potenza**

vantaggiosa solo se $b_p > b_r$

21



leva di **secondo genere**:
la resistenza è posta tra il
fulcro e la potenza
sempre vantaggiosa
perchè $b_p > b_r$



leva di **terzo genere**:
la potenza è posta fra il fulcro
e la resistenza
sempre svantaggiosa
perchè $b_r > b_p$

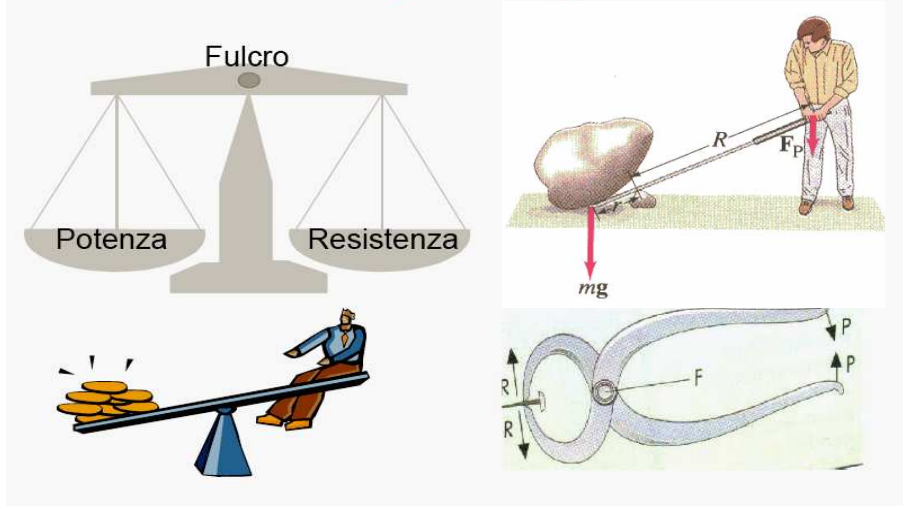
Per "**vantaggio**" si intende che la potenza impiegata è inferiore alla resistenza da vincere: $P < R$

Ma è da notare che il vantaggio in forza viene pagato con un maggior movimento della potenza rispetto quello della resistenza.

La maggior parte delle macchine in realtà richiedono grande possibilità di movimento e adottano quindi leve **svantaggiose**.

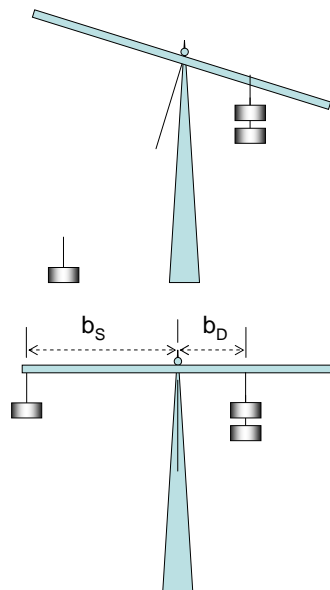
22

Leve di primo genere



23

La bilancia a bracci uguali



IPOSTESI

Si vuole ripristinare la situazione iniziale di equilibrio utilizzando solo un altro pesetto.

INTERVENTO

Si deve appendere il pesetto sul braccio di sinistra a distanza doppia dall'asse di sospensione rispetto a quella dei due pesetti posti sul braccio di destra.

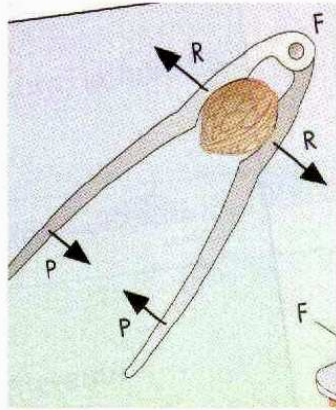
$$b_s = 2 b_d$$

$$b_s = (P_D/P_S) b_d$$

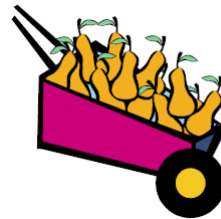
$$b_s P_S = b_d P_D$$

$M_S = M_D$ I momenti delle forze hanno lo stesso modulo

Leve di secondo genere



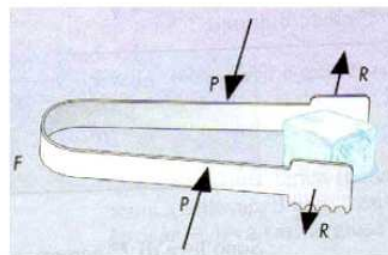
- Hanno il fulcro all'estremità.
- Hanno la resistenza fra il fulcro e la potenza.
- Sono sempre vantaggiose.
- $a > b$ quindi $P < R$.



25

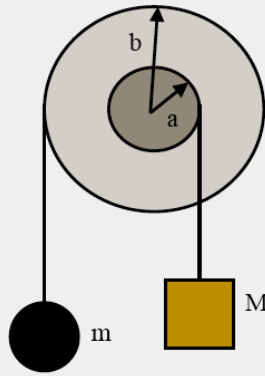
Leve di terzo genere

- Queste leve sono sempre svantaggiose, ma sono molto usate perché permettono di afferrare e manipolare con precisione oggetti anche molto piccoli.
- Hanno la potenza fra il fulcro e la resistenza.
- Esempi: gli aghi, la canna da pesca, il braccio, le molle per il camino, le pinze per il ghiaccio...



26

Un esempio di macchina semplice: carrucola o puleggia



Determinare la massa m che equilibri M .

$a =$ raggio interno = 1 cm

$b =$ raggio esterno = 6 cm

$M = 12$ kg

Resistenza: $R = M \cdot g = 117.6$ N

Rispetto al fulcro (il centro della ruota), il momento della forza resistente è:

$$M_R = R \cdot a = M \cdot g \cdot a = 1.176 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Rispetto al fulcro, il momento della potenza è:

$$M_p = F \cdot b$$

Nelle condizioni di equilibrio:

$$M_p = M_R \text{ quindi: } F = R \cdot (a/b) = 19.6 \text{ N}$$

$F = mg$, quindi $m = 2$ kg.

27

Leve nel corpo umano

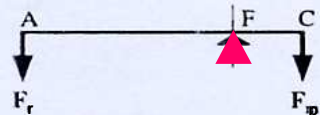
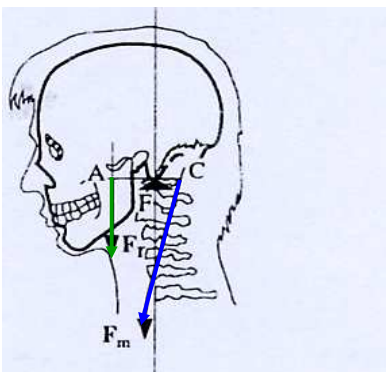


Fig. 3.14. Leva di primo tipo: articolazione di appoggio della testa.

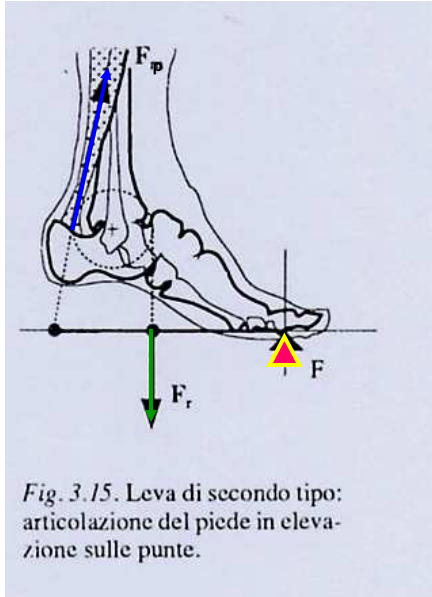
Leva di bilanciamento del capo
(1° genere).

La potenza è esercitata dai muscoli della nuca che mantengono la posizione eretta, facendo perno sull' atlante.

La resistenza è il suo peso, concentrato nella parte anteriore.

28

Leve nel corpo umano



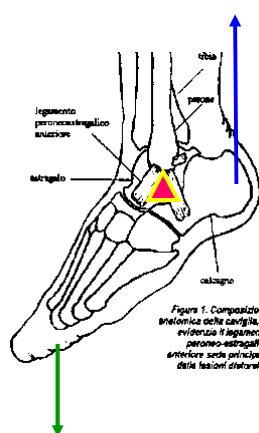
L'articolazione del piede in elevazione sulla punta è di **2° genere**.

La potenza è data dalla trazione del tendine di Achille, contro il peso del corpo che si scarica sul collo del piede e rappresenta la resistenza.

VANTAGGIOSA: $b_p < b_r$.

29

Leve nel corpo umano



Il piede umano agisce anche come una leva con fulcro **nella caviglia**. Questa leva è di **1° genere**.

L'estremo posteriore di questa leva, nel calcagno, è unito ai muscoli del polpaccio dal tendine di Achille, e l'estremo anteriore è l'avanpiede a contatto con il suolo.

La distensione della caviglia è provocata dalla contrazione del muscolo, che fa ruotare il calcagno, premendo l'avanpiede a terra.

30

Leve nel corpo umano

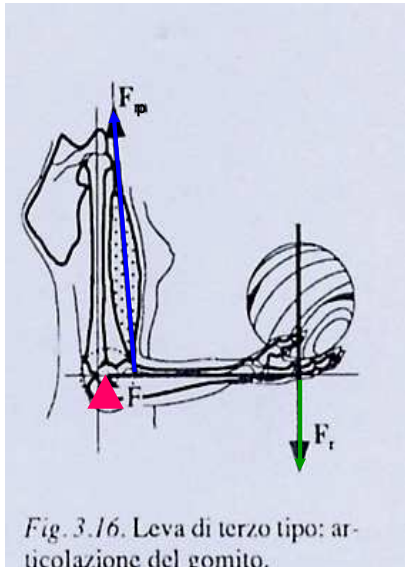


Fig. 3.16. Leva di terzo tipo: articolazione del gomito.

Il sollevamento di un oggetto con l'avambraccio teso sfrutta una leva di **3° genere**, tipica degli arti.

Il muscolo bicipite, che esercita la potenza, si inserisce sull'avambraccio a pochi cm dal fulcro che è il gomito.

La resistenza è il peso dell'oggetto sulla mano.

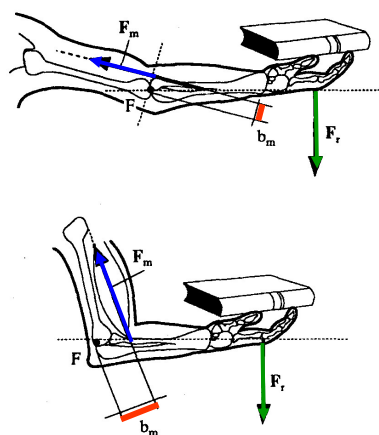
SVANTAGGIOSA. $b_p < b_r$
La forza esercitata dal muscolo è maggiore della forza peso dell'oggetto.

Corrisponde però a un grande braccio della resistenza.

E' quindi favorito lo spostamento ampio e la velocità alla forza.

31

Leve nel corpo umano



a)

b)

BRACCIO - AVAMBRACCIO

Perchè è più faticoso tenere sollevati i pesi con il braccio disteso che con il braccio piegato vicino al tronco?

Il "braccio" fisico che entra nella definizione del momento M è $b = r \cdot \sin(\theta)$, cioè la distanza della retta di applicazione della Forza dal punto di rotazione (fulcro).

Nel caso b) è molto maggiore che nel caso a). Lo sforzo muscolare richiesto nel caso a) quindi è maggiore perchè **gli sforzi sono inversamente proporzionali ai rispettivi bracci**.

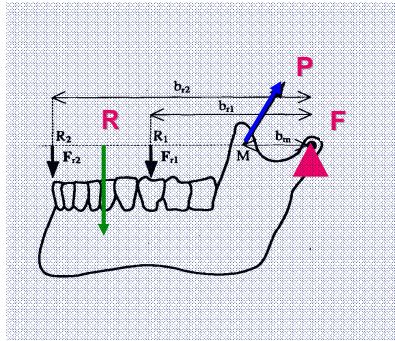
Lo stesso momento, applicato con braccio minore richiede una Forza maggiore.

$$M = r \cdot \sin \theta \cdot F$$

$$M = b \times F$$

32

Leve nel corpo umano

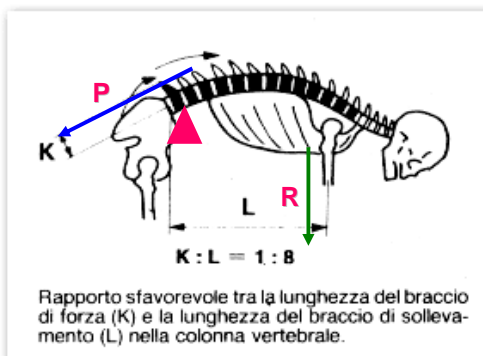


Anche l'articolazione della mandibola è di **3° genere**.

Si privilegia il movimento alla forza.

33

Leve nel corpo umano



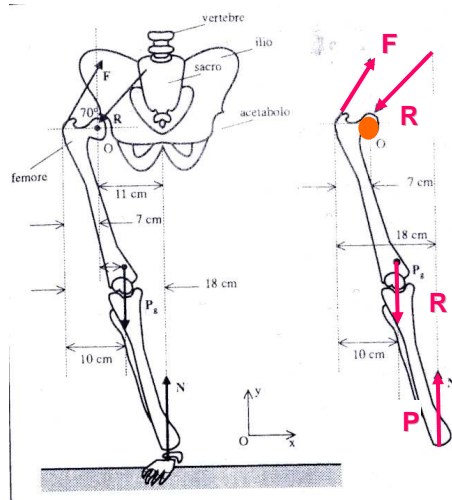
Leva di terzo genere, svantaggiosa.

Quando il tronco è inclinato in avanti, fa perno intorno alla quinta vertebra lombare. Il peso del tronco e della testa danno la forza resistente **R**, applicata nella parte alta del tronco. La muscolatura estensoria è collegata in un punto a 2/3 della colonna ed ha un braccio K molto piccolo.

Una forza notevole deve essere esercitata sulla quinta vertebra lombare. Non sorprende che il mal di schiena si verifichi spesso in questo punto.

34

Altre leve nel corpo umano



Caso + complesso, in cui occorre scomporre le forze applicate sugli assi x e y .

Consideriamo il peso dell'arto (18,5%) applicato nel suo punto medio. Un gruppo di muscoli fissa il femore al bacino, e scaricano il peso del corpo sull' articolazione dell' anca.

Risulta che l' articolazione è soggetta ad una forza pari a circa due volte e mezzo il peso del corpo: $R = 2,5 P$

Questa forza si esercita ogni volta che il peso del corpo viene appoggiato su una sola gamba: quindi sempre durante la deambulazione!!

35

ESERCIZIO

Nel caso dell' avambraccio, se il braccio della Forza muscolare (POTENZA) è di 5 cm, e quello della RESISTENZA data dal peso dell' oggetto è 35 cm, quale è la Forza muscolare esercitata per tenere sollevato un oggetto di 5 Kg?

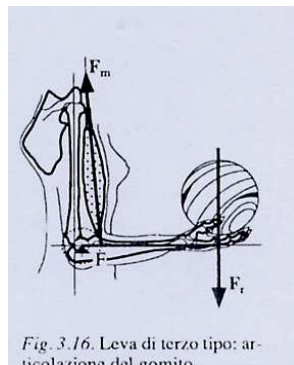


Fig. 3.16. Leva di terzo tipo: articolazione del gomito.

Un peso di 5 kg esercita una forza $mg = 5 \cdot 9,81 =$ circa 50 N

$$F b_F = R b_R$$

$$F = (b_R / b_F) R = (35 / 5) \cdot 50 = 7 \cdot 50 \text{ N} = 350 \text{ N}$$

La forza è 7 volte maggiore del peso, perchè il suo braccio è 7 volte minore.

36