

I momenti e le leve

Irene Liviero

Sabato 8 novembre 2025, Laboratorio di fisica n°1 del Liceo del Viale dei Tigli di Gallarate

Scopo: verifica dell'equilibrio dei momenti.

Materiale utilizzato:

- Dinamometro (sensibilità=1cN, portata=1N)



- Metro (sensibilità= $1 \cdot 10^{-3}$ m)



- Treppiede



- Asta



- Vite (per fissare l'asta in un punto fulcro)



- Pesetti ($m = \sim 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ kg}$).



Premessa teorica:

SCALARI E VETTORI

Le grandezze fisiche si dividono in:

- Scalari: cioè i numeri con segno (per esempio la massa)
- Vettori: cioè grandezze dotate di modulo, direzione, verso, punto di applicazione.
- Tensori

LE OPERAZIONI TRA VETTORI

-La somma tra vettori = vettore che ha come componenti la somma ordinata delle componenti dei vettori dati.

(graficamente si utilizza la tecnica del punta-coda o del parallelogramma).

-La differenza tra vettori: dati due vettori, la differenza tra essi corrisponde alla somma del primo vettore con l'opposto del secondo.

-Sono presenti diversi tipi di prodotti:

— Il prodotto per scalare: corrisponde al prodotto tra un vettore e uno scalare

— Il prodotto scalare: corrisponde al prodotto di due vettori, che da come risultato una grandezza scalare.

$\rightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow$

$A \cdot B = |A| \cdot |B| \cos \alpha$ ($\alpha = \text{argomento} = \text{angolo compreso tra i due vettori}$)

— Il prodotto vettoriale: corrisponde al prodotto di due vettori, che da come risultato una grandezza vettoriale.

→ → → →

$$A \wedge B = |A| \wedge |B| \sin \alpha$$

LE FORZE

La forza è una grandezza fisica che determina una deformazione o variazione del moto di un corpo.

L'unità di misura della forza è il Newton

$$N = Kg \cdot \frac{m}{s^2}$$

Le forze si misurano con il DINAMOMETRO: uno strumento costituito da una scala graduata e da una molla, basato sulla legge di Hooke.

LA FORZA PESO

La forza peso è la forza con cui un corpo è attratto verso il centro della terra.

La forza peso è un vettore verticale il cui verso è proprio il centro della terra.

→ →

$$F_p = m \cdot g$$

Il modulo della forza peso si può calcolare con la seguente formula:

$$|F_p| = m \cdot |g|$$

- "m" indica la massa del corpo

→

→

- "|g|" indica il modulo del vettore g, cioè il vettore dell'accelerazione di gravità:

→

$$g = (0, -9,81);$$

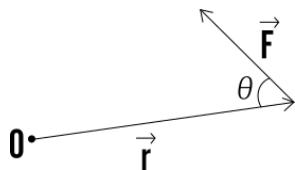
→

$$|g| = 9,81 \frac{m}{s^2};$$

I MOMENTI E LE LEVE:

-I MOMENI:

Il momento la forza che esprime la rotazione



“0” è il fulcro di rotazione della leva.

→

\vec{F} è la forza relativa al momento.

→

\vec{r} Congiunge il fulcro di rotazione e la retta d'azione della forza (cioè la retta su cui giace la forza).

→ →

α è l'angolo compreso tra \vec{r} e \vec{F} .

→ → →

$$M = r \wedge F$$

→ →

Il momento è uguale al prodotto vettoriale tra \vec{r} e \vec{F} .

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

Di conseguenza il modulo del momento corrisponde al prodotto tra r , F e il seno di α .

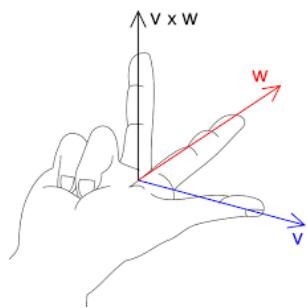
L'unità di misura del momento è N·m.

Siccome il momento è un prodotto vettoriale, la sua direzione è perpendicolare al piano.

Il verso del momento si calcola con la regola della mano destra.

→ →

(il pollice corrisponde a r , l'indice a F mentre il medio indica se il verso è entrante o uscente).



Per la proprietà associativa: $M = F \cdot (r \sin \alpha)$.

Il braccio è la distanza tra il fulcro di rotazione e la retta d'azione della forza, quindi è sottinteso che $\alpha=90^\circ$.

Sapendo che il seno di 90° è 1, allora :

$\rightarrow \rightarrow$

$$r \cdot (\sin \alpha) = b$$

Possiamo affermare quindi che il modulo del momento è uguale al prodotto del modulo della forza per il modulo del braccio.

$$M = F \cdot b.$$

Per calcolare l'equilibrio dei momenti è importante sapere che:

- un momento è positivo se gira in senso ANTIORARIO
- un momento è negativo se gira in senso ORARIO

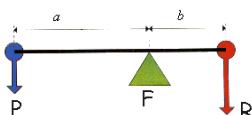
\rightarrow

La condizione di equilibrio della rotazione è: $\sum M$.

-LE LEVE:

La leva è uno strumento in grado di vincere una forza.

La leva è una "macchina semplice" costituita da un asta incernierata in un punto fisso detto fulcro.



F è il fulcro, cioè il punto intorno al quale la leva ruota.

R è la resistenza, cioè la forza da vincere.

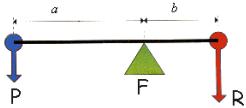
P è la potenza, cioè la forza che vince la resistenza.

a corrisponde al braccio della potenza.

b corrisponde al braccio della resistenza.

Esistono tre tipi di leve:

— LEVE DI PRIMO GENERE:



$R < F < P$ (il fulcro è compreso tra la potenza e la resistenza).

→

$$\Sigma M: R \cdot b_r - P \cdot b_p = 0$$

$$R \cdot b_r = P \cdot b_p$$

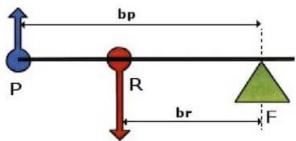
$$\frac{R}{P} = \frac{b_p}{b_r}$$

Da tale condizione possibile affermare che le due forze sono inversamente proporzionali ai bracci.

Le leve di primo genere sono vantaggiose solo nel caso in cui: $P < R$ e $b_r < b_p$.

Alcuni esempi di leve di primo genere sono: la bilancia a due bracci, la stadera, le forbici, l'altalena, il teschio umano.

— LEVE DI SECONDO GENERE:



$F < R < P$ (la resistenza è compresa tra il fulcro e la potenza).

→

$$\Sigma M: R \cdot b_r - P \cdot b_p = 0$$

$$R \cdot b_r = P \cdot b_p$$

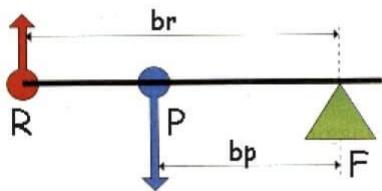
$$\frac{R}{P} = \frac{b_p}{b_r}$$

Le leve di secondo genere sono sempre vantaggiose perché $b_r < b_p$ e

quindi (necessariamente) $P < R$.

Alcuni esempi di leve di secondo genere sono: lo schiaccia noci, la carriola, il piede.

— LEVE DI TERZO GENERE:



$F < P < R$ (la potenza è compresa tra il fulcro e la resistenza).

→

$$\Sigma M: R \cdot b_r - P \cdot b_p = 0$$

$$R \cdot b_r = P \cdot b_p$$

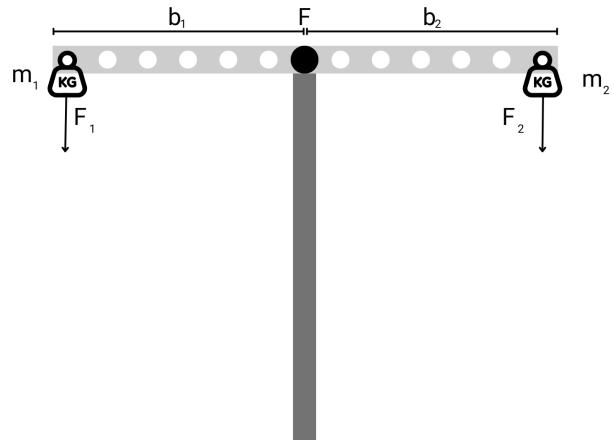
$$\frac{R}{P} = \frac{b_p}{b_r}$$

Le leve di terzo genere sono sempre svantaggiose perché $b_r > b_p$ e quindi (necessariamente) $P > R$.

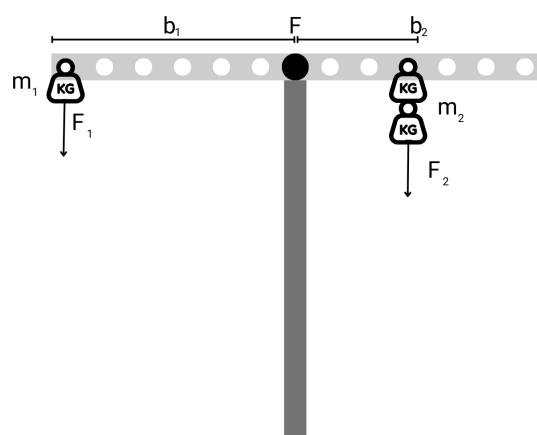
Alcuni esempi di leve di terzo genere sono: le pinzette, la ruota dell'arrotino, le molle da focolare.

Esecuzione dell'esperienza:

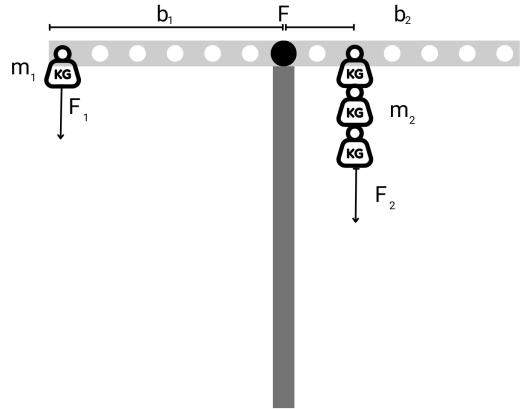
1. Abbiamo verificato che il peso del pesetto corrispondesse all'incirca a quello che era scritto su di esso ($m=50\text{g}=0,050\text{ kg}$).
2. Abbiamo pesato l'asta ($m_{\text{asta}} = 28\text{g} = 0,092\text{kg}$).
3. Abbiamo calcolato le misure delle masse e dei bracci (e negli ultimi due casi anche la potenza) delle diverse casistiche affinché potessimo successivamente verificarne l'equilibrio dei momenti.
 1. Per equilibrare (asta bucherellata deve restare orizzontale) una massa (m_1) posizionata al SESTO buco (b_1) abbiamo dovuto posizionarne un'altra (m_2) al SESTO BUCO (b_2)



2. Per equilibrare (asta bucherellata deve restare orizzontale) una massa (m_1) posizionata al SESTO buco (b_1) abbiamo dovuto posizionarne altre DUE (m_2) al TERZO BUCO (b_2)

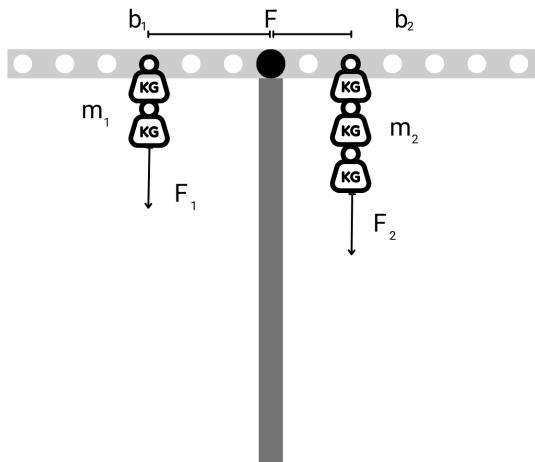


3. Per equilibrare (asta bucherellata deve restare orizzontale) una massa (m_1) posizionata al SESTO buco (b_1) abbiamo dovuto posizionarne altre TRE (m_2) al SECONDO BUCO (b_2)



4. LEVA DI PRIMO GENERE

Per equilibrare (asta bucherellata deve restare orizzontale) una massa (m_1) DUE masse al TERZO BUCO (b_1) abbiamo dovuto posizionarne altre TRE (m_2) al SECONDO BUCO (b_2).

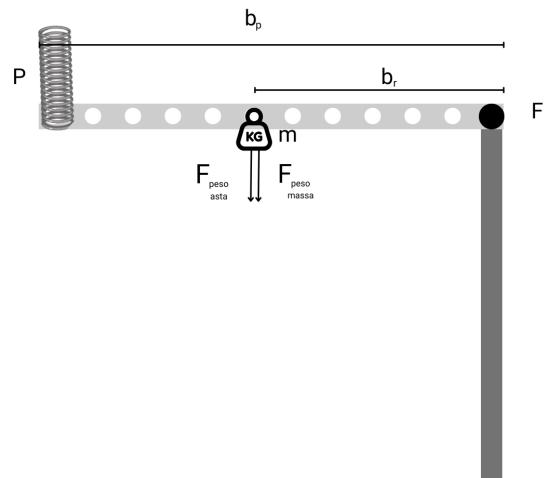
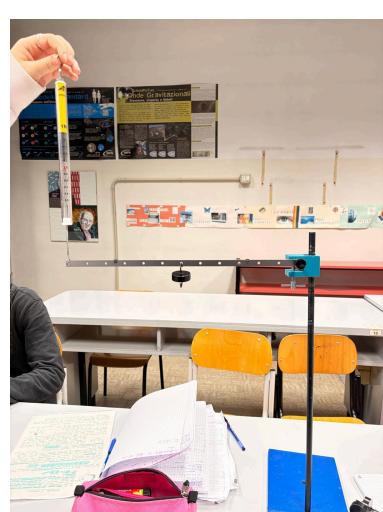


5. LEVA DI SECONDO GENERE

Dopo aver incernierato l' asta affinché il fulcro fosse posizionato all'estremità di essa.

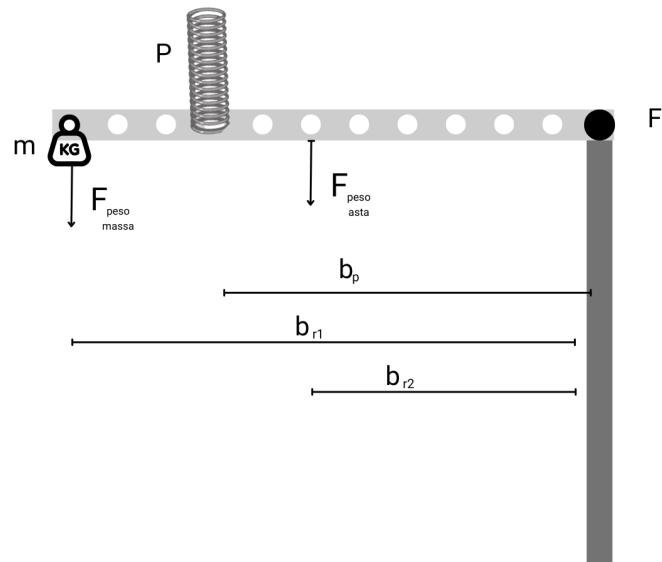
Per equilibrare (asta bucherellata deve restare orizzontale) una massa (m_r) posta al SESTO BUCO (metà dell'asta) (b_r) e il peso dell'asta, abbiamo dovuto agganciare il dinamometro al PRIMO

BUCO(P)(calcolandone così la potenza necessaria a garantire l'equilibrio).



6. LEVA DI TERZO GENERE

Per equilibrare(asta bucherellata deve restare orizzontale) una massa (m_r)posta al PRIMO BUCO(b_r) e il peso dell'asta, abbiamo dovuto agganciare il dinamometro al QUARTO BUCO(P)(calcolandone così la potenza necessaria a garantire l'equilibrio).



Dati ed elaborazione dei dati:

casi:	m_1 (Kg)	m_2 (Kg)	b_1 (m)	b_2 (m)
1	0,050	0,050	0,185	0,185
2	0,050	$2 \cdot 0,050 = 0,100$	0,185	0,092
3	0,050	$3 \cdot 0,050 = 0,150$	0,185	0,061
4	$2 \cdot 0,050 = 0,100$	$3 \cdot 0,050 = 0,150$	0,092	0,061

casi:	m_r (Kg)	m_{asta} (Kg)	b_{r1} (m)	b_{r2} (m)	b_p (m)	$P(N)$
5	0,050	0,028	0,185	0,185	0,370	0,40
6	0,050	0,028	0,370	0,185	0,246	0,89

Siccome siamo a conoscenza delle masse è possibile ricavarne le forze (in particolare forze peso) che agiscono sul sistema.

casi:	$F_1 = m_1 \cdot g(N)$	$F_2 = m_2 \cdot g(N)$
1	$0,050 \text{Kg} \cdot 9,81 \text{m/s}^2 = 0,49$	$0,050 \text{Kg} \cdot 9,81 \text{m/s}^2 = 0,49$
2	$0,050 \text{Kg} \cdot 9,81 \text{m/s}^2 = 0,49$	$0,100 \text{Kg} \cdot 9,81 \text{m/s}^2 = 0,98$
3	$0,050 \text{Kg} \cdot 9,81 \text{m/s}^2 = 0,49$	$0,150 \text{Kg} \cdot 9,81 \text{m/s}^2 = 1,47$

4	$0,100\text{Kg} \cdot 9,81\text{m/s}^2 = 0,98$	$0,150\text{Kg} \cdot 9,81\text{m/s}^2 = 1,47$
---	--	--

caso:	$F_{\text{peso massa}} = m_{\text{massa}} \cdot g(\text{N})$	$F_{\text{peso asta}} = m_{\text{asta}} \cdot g(\text{N})$	$P(\text{N})$
5	$0,050 \text{ Kg}$ $\cdot 9,81\text{m/s}^2 =$ $0,49$	$0,028 \text{ Kg}$ $\cdot 9,81\text{m/s}^2 =$ $0,27$	0,40
6	$0,050 \text{ Kg}$ $\cdot 9,81\text{m/s}^2 =$ $0,49$	$0,028 \text{ Kg}$ $9,81\text{m/s}^2 = 0,27$	0,89

Nei primi 4 casi (tutti relativi a leve di primo) non abbiamo dovuto prendere in considerazione la forza peso dell'asta in quanto a bilanciare la forza peso della prima massa è stata solo ed esclusivamente la forza peso della seconda.

Negli altri due casi (leva di secondo e terzo genere) abbiamo dovuto tenere in considerazione anche la forza peso esercitata dall'asta in quanto il dinamometro era agganciato a essa e quindi, oltre a misurare la forza peso della massa, ha misurato anche la forza peso dell'asta stessa.

Inoltre, nei casi 5 e 6 la forza peso esercitata dalla massa, è stata considerata come se applicata al baricentro (nonché il centro geometrico dell'asta in quanto essa è un oggetto omogeneo).

Dopo aver raccolto tutti i dati è necessario dimostrare teoricamente ciò che abbiamo svolto sperimentalmente in laboratorio: quindi dobbiamo verificare le condizioni di equilibrio dei momenti dei sei casi.

Nei primi quattro casi (leve di primo genere):

→

$$\Sigma M: M_1 - M_2 = 0$$

$$F_1 \cdot b_1 - F_2 \cdot b_2 = 0$$

CASO 1:

→

$$\Sigma M: 0,49N \cdot 0,185m - 0,49N \cdot 0,185m = 0$$

$0,09N \cdot m - 0,09N \cdot m = 0 \rightarrow$ Il sistema è in equilibrio

CASO 2:

→

$$\Sigma M: 0,49N \cdot 0,185m - 0,98N \cdot 0,092m = 0$$

$0,09N \cdot m - 0,09N \cdot m = 0 \rightarrow$ Il sistema è in equilibrio

CASO 3:

→

$$\Sigma M: 0,49N \cdot 0,185m - 1,47N \cdot 0,061m = 0$$

$0,09N \cdot m - 0,09N \cdot m = 0 \rightarrow$ Il sistema è in equilibrio

CASO 4:

→

$$\Sigma M: 0,98N \cdot 0,092m - 1,47N \cdot 0,061m = 0$$

$0,09N \cdot m - 0,09N \cdot m = 0 \rightarrow$ Il sistema è in equilibrio

CASO 5:

In questo caso l'esperimento è stato svolto con una leva di secondo genere (la resistenza è compresa tra la potenza e il fulcro).

Facendo attenzione ai segni dei momenti, è possibile trovare la seguente condizione di equilibrio:

→

$$\Sigma M: M_{r1} + M_{r2} - M_p = 0$$

$$F_{peso\ massa} \cdot b_{r1} + F_{peso\ asta} \cdot b_{r2} - P \cdot b_p = 0$$

$$0,49N \cdot 0,185m + 0,27N \cdot 0,185m - 0,40N \cdot 0,370m = 0$$

$$0,09N \cdot m + 0,05N \cdot m - 0,15N \cdot m = -0,01N \cdot m \rightarrow$$

Possiamo definire questo sistema in equilibrio nonostante la presenza di piccoli errori che hanno portato a ottenere, come risultante, un numero vicino ma non uguale a 0.

CASO 6:

In questo caso l'esperimento è stato svolto con una leva di terzo genere (la potenza è compresa tra la resistenza e il fulcro).

$$\Sigma M: M_{r1} + M_{r2} - M_p = 0$$

$$F_{\text{peso massa}} \cdot b_{r1} + F_{\text{peso asta}} \cdot b_{r2} - P \cdot b_p = 0$$

$$0,49N \cdot 0,370m + 0,27N \cdot 0,185m - 0,89N \cdot 0,246m = 0$$

$$0,18N \cdot m + 0,05N \cdot m - 0,22N \cdot m = 0,01N \cdot m$$

→ Possiamo definire questo sistema in equilibrio nonostante la presenza di piccoli errori che hanno portato a ottenere, come risultante, un numero vicino ma non uguale a 0.

Possiamo quindi definire l'equilibrio di questi sei sistemi verificato.

La presenza di cifre vicine ma non uguali a 0 (caso 5 e 6) è dovuta a errori come:

- la taratura errata del dinamometro (in quanto la farfallina dello strumento non era perfettamente posizionata in corrispondenza dello 0).

- Errori casuali.

Conclusioni:

Attraverso questo esperimento è stato possibile verificare teoricamente le condizioni di equilibrio di quattro sistemi, leve di primo, secondo e di terzo genere, verificate precedentemente solo in maniera sperimentale (in laboratorio).