

# 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:

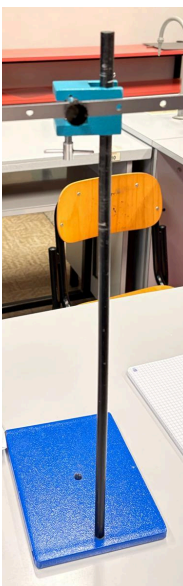
- Dinamometro (sensibilità=1cN, portata=1N)



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



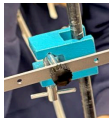
- Treppiede



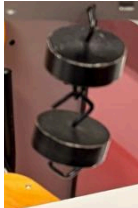
- Asta



- 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 dà come risultato una grandezza scalare.

→ → → →

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

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

$$\vec{A} \wedge \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \sin \alpha$$

## 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.

$$\vec{F}_p = m \cdot \vec{g}$$

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

$$|\vec{F}_p| = m \cdot |\vec{g}|$$

- “m” indica la massa del corpo

$$\vec{g} = \begin{pmatrix} 0 \\ -9,81 \end{pmatrix}$$

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

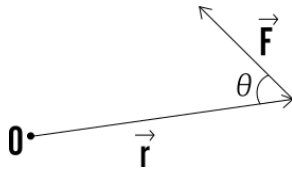
$$\vec{g} = (0, -9,81);$$

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

## I MOMENTI E LE LEVE:

## **-I MOMENTI:**

Il momento la forza che esprime la rotazione



"O" è il fulcro di rotazione della leva.

→

F è la forza relativa al momento.

→

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

→ →

$\alpha$  è l'angolo compreso tra r e F.

→ → →

$$\mathbf{M} = \mathbf{r} \wedge \mathbf{F}$$

→ →

Il momento è uguale al prodotto vettoriale tra r e F.

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

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

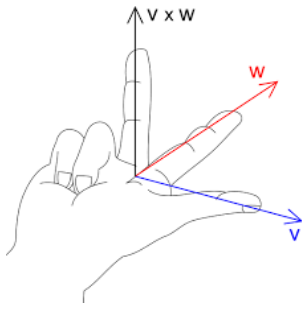
L'unità di misura del momento è N·m.

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  $90^\circ$  è 1, allora :

→ →

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

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**

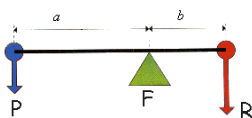
→

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

**-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.

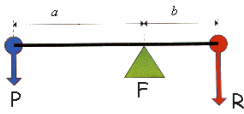
**P** è la potenza, cioè la forza che vince la resistenza.

**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).

→

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

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

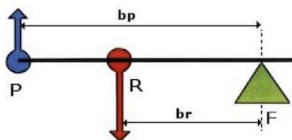
$$\frac{R}{P} = \frac{b_p}{b_r}$$

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).

→

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

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

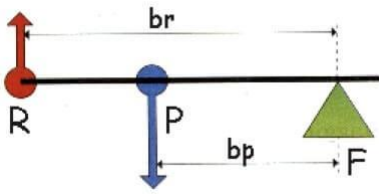
$$\frac{R}{P} = \frac{b_p}{b_r}$$

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).

→

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

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

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

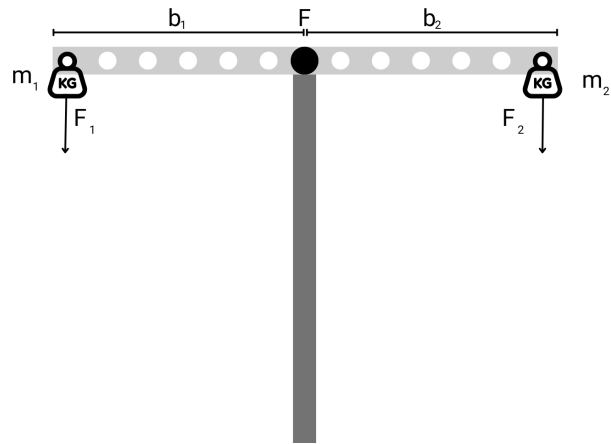
Le leve di terzo genere sono sempre svantaggiose perché  $b_r > b_p$  e

quindi (necessariamente)  $P > R$ .

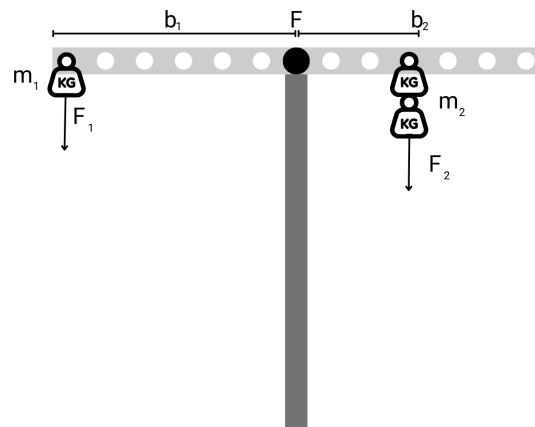
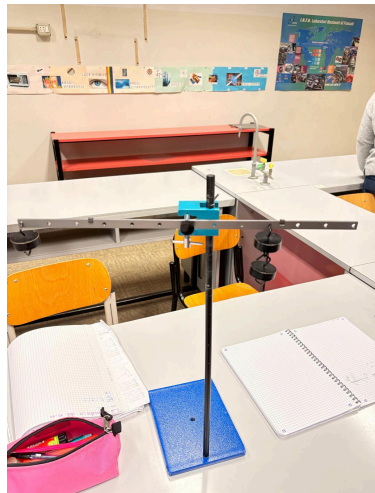
Alcuni esempi di leve di terzo genere sono: le pinzette, la ruota dell'arrotino, le molle da focolare.

### Esecuzione dell'esperienza:

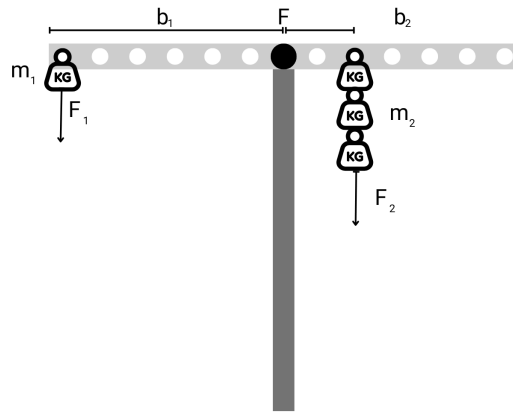
1. Abbiamo verificato che il peso del pesetto corrispondeva all'incirca a quello che era scritto su di esso ( $m = 50g = 0,050 \text{ kg}$ ).
2. Abbiamo pesato l'asta ( $m_{\text{asta}} = 28g = 0,028 \text{ kg}$ ).
3. Abbiamo calcolato le misure delle masse e dei bracci (e negli ultimi due casi anche 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 ( $b_2$ )

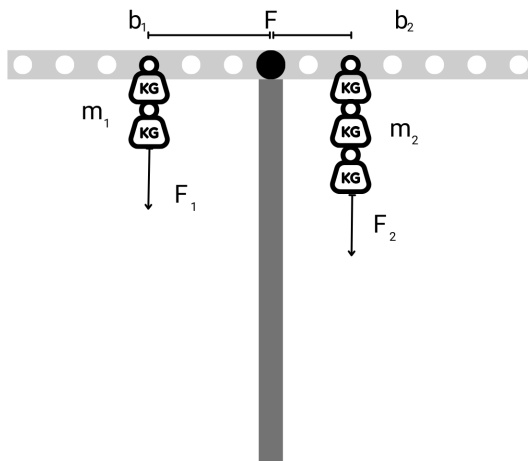


3. Per equilibrare (asta bucherellata deve restare orizzontale) una massa ( $m_1$ ) posizionata al SESTO buco ( $b_1$ ) abbiamo dovuto posizionarne altre TRE ( $m_2$ ) al SECONDO BUCO ( $b_2$ )



#### 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 ( $b_2$ ).

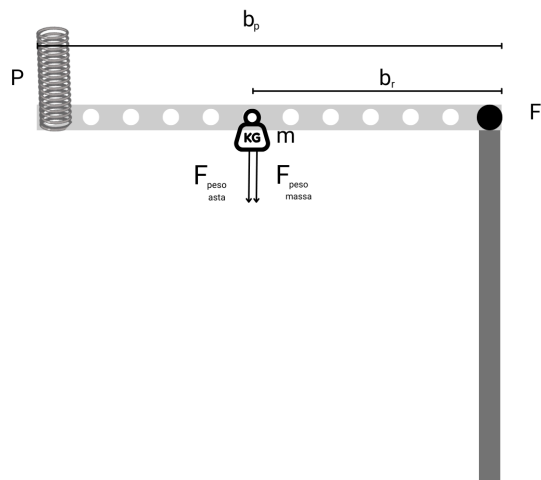


#### 5. LEVA DI SECONDO GENERE

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

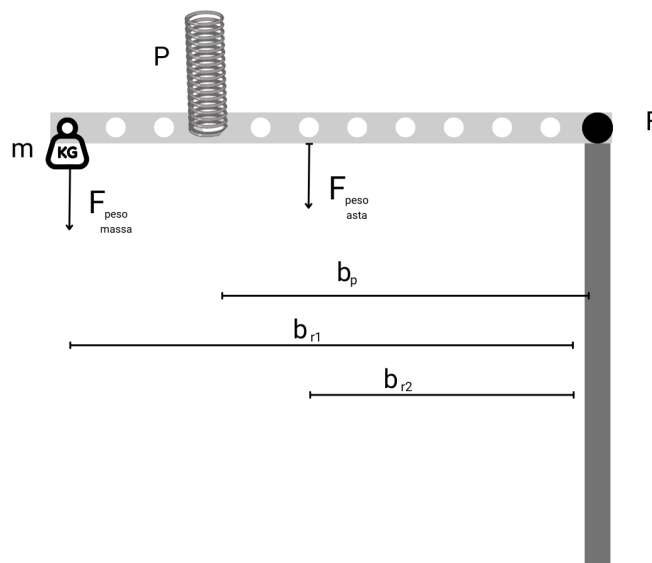
Per equilibrare (asta bucherellata deve restare orizzontale) una massa ( $m_r$ ) posta al SESTO BUCO (metà dell'asta) ( $b_r$ ) e il peso dell'asta, abbiamo dovuto agganciare il dinamometro al PRIMO

**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:

| <b>casi:</b> | $m_1$ (Kg)           | $m_2$ (Kg)           | $b_1$ (m)    | $b_2$ (m)    |
|--------------|----------------------|----------------------|--------------|--------------|
| <b>1</b>     | <b>0,050</b>         | <b>0,050</b>         | <b>0,185</b> | <b>0,185</b> |
| <b>2</b>     | <b>0,050</b>         | <b>2·0,050=0,100</b> | <b>0,185</b> | <b>0,092</b> |
| <b>3</b>     | <b>0,050</b>         | <b>3·0,050=0,150</b> | <b>0,185</b> | <b>0,061</b> |
| <b>4</b>     | <b>2·0,050=0,100</b> | <b>3·0,050=0,150</b> | <b>0,092</b> | <b>0,061</b> |

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

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

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

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

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

→

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

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

**CASO 2:**

→

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

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

**CASO 3:**

→

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

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

**CASO 4:**

→

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

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

**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:**

→

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

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

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

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

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).