

**LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE**  
Ingegneria meccanica

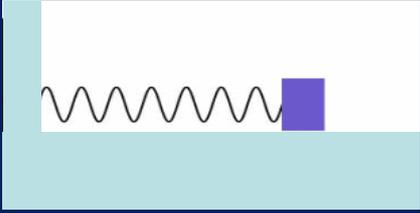
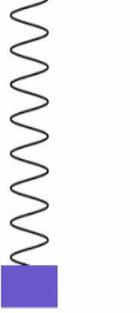
A.A. 2016-2017

Quinta esperienza:  
il regime di Hooke  
e l'oscillatore armonico

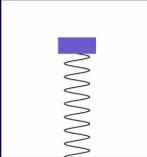


**MISURE DI TEMPI**

fenomeni periodici → PERIODO



quanto influenziamo la misura effettuata col cronometro?



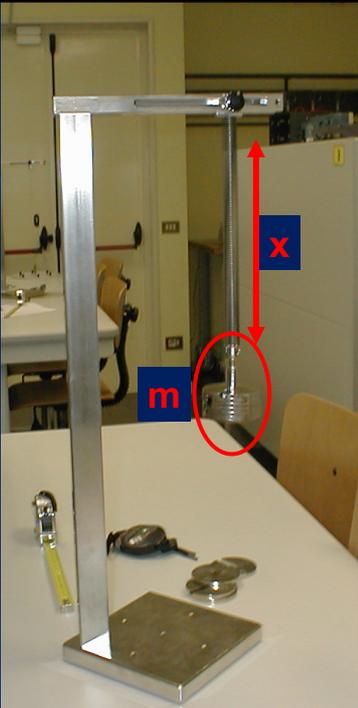
## TEMPO DI REAZIONE

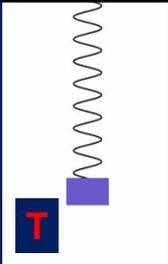
Ogni componente del gruppo:

- 1) esegua misurazioni del tempo di reazione  $t$  coprendo l'indicazione dei decimi e dei centesimi di secondo, facendo partire il cronometro e arretandolo non appena viene visualizzato 1 secondo
- 2) riporti il risultato in una colonna della tabella
- 3) passi il cronometro ad un altro componente del gruppo
- 4) esegua il punto uno per altre 4 volte
- 5) calcoli la media aritmetica dei 5 tempi

**dobbiamo tener conto del tempo di reazione nelle misure di periodo?**

- 1) Relazione fra  $x$  e  $m$
- 2) Relazione fra  $T$  e  $m$
- 3) Elasticità e geometria
- 4) Isocronismo

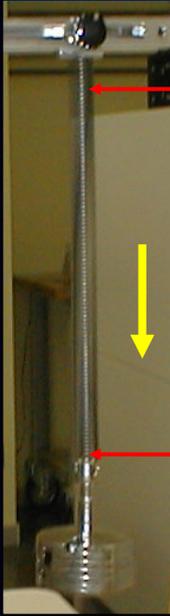




$$\sum_{i=1,N} \vec{f}_i = m\vec{a}$$

forza peso  $f_p = m g$   
 dove  $m = m_0 + \Delta m$   
 forza elastica  $f_e = -K(x - x_0)$

Per non smontare l'apparecchiatura non viene utilizzato il valore  $m_0$  della massa complessiva della molla e del supporto delle masse



$\Delta m$  assume gli 11 valori:  
 $M0 = 0$   
 $M1 = m_1$   
 $M2 = m_1 + m_2$   
 $M3 = m_1 + m_2 + m_3$   
 $Mn = m_1 + m_2 + \dots + m_n$



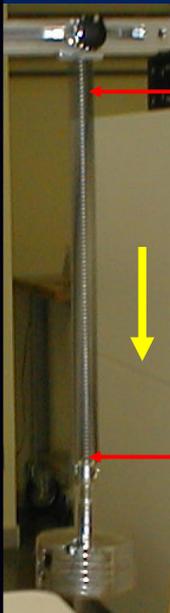
La molla è pretensionata  $\rightarrow$  la lunghezza a riposo  $x_0$  non è misurabile perché è inferiore allo spessore delle N spire

$$(m_0 + \Delta m) g - K(x - x_0) = (m_0 + \Delta m) \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m_0 + \Delta m} x = \frac{K x_0}{m_0 + \Delta m} + g$$

**Studiare (misure, tabella, grafico) la relazione fra  $x$  e  $\Delta m$  ( $x$  vs  $\Delta m$ )  $\rightarrow K_s = g/p$**

**MOLLA [1/4]**



Confermare con il grafico l'esistenza o meno del pretensionamento della molla

$\Delta m$  assume gli **11** valori:  
 $M0 = 0$   
 $M1 = m_1$   
 $M2 = m_1 + m_2$   
 $M3 = m_1 + m_2 + m_3$   
 $Mn = m_1 + m_2 + \dots + m_n$

**METODO STATICO**

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m_0 + \Delta m} x = \frac{K x_0}{m_0 + \Delta m} + g$$

$$\frac{K}{m_0 + \Delta m} x = \frac{K x_0}{m_0 + \Delta m} + g$$

$$x = x_0 + \frac{g}{K} (m_0 + \Delta m) = c + \frac{g}{K} \Delta m$$

**Dinamometro  
Bilancia gravitazionale**



**MOLLA [2/4]**

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{K}{m_0 + \Delta m} x = \frac{K x_0}{m_0 + \Delta m} + g$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = c \quad \left| \quad \omega^2 = \frac{K}{m_0 + \Delta m} = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2\right.$$

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{m_0 + \Delta m}{K} = \frac{4\pi^2}{K} \Delta m + \frac{4\pi^2 m_0}{K}$$

**METODO DINAMICO**

**Studiare (misure, tabella, grafico) la relazione fra T e M:**  
 $T^2 \text{ vs } \Delta m \rightarrow K_d = 4\pi^2/p$




$\Delta m$  non assume tutti gli 11 valori:

M0 = 0

M1 = m<sub>1</sub>

M2 = m<sub>1</sub> + m<sub>2</sub>

M3 = m<sub>1</sub> + m<sub>2</sub> + m<sub>3</sub>

Mn = m<sub>1</sub> + m<sub>2</sub> + ... + m<sub>n</sub>

per bassi valori di massa il sistema non oscilla liberamente

Per ridurre gli errori misurare la durata t<sub>10</sub> di 10 periodi

**Oscillatore armonico**  
**Bilancia inerziale**

**ATTENZIONE**

- 1) durante il moto il numero di spire "attive" della molla non deve variare
- 2) le oscillazioni devono essere quanto più possibile solo in direzione verticale
- 3) la base non deve oscillare

sollevare le masse per non più di 1-2 cm dal punto di equilibrio

**MOLLA [3/4]**

$$K = \frac{\pi}{2} G \frac{r^4}{l R^2}$$

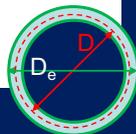
$l$  = lunghezza del filo della molla

**METODO GEOMETRICO (modulo di scorrimento)**

Con buona approssimazione la costante elastica della molla è  $K = \frac{Gd^4}{8ND^3}$  dove:

- $G$  è il **modulo di scorrimento dell'acciaio** ( $8 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ )
- $d$  è il diametro del filo che costituisce la molla (1 mm)
- $D$  è il diametro medio delle spire (**diametro dell'elica**) definito da  $D = D_e - d$  ( $D_e$  è il diametro esterno misurabile col calibro)
- $N$  è il numero delle spire

• Calcolare il valore di  $K_G$  ( $K$  determinato col metodo geometrico)



**RISULTATO FINALE** (30-40 N/m)

- Confrontare i tre valori ottenuti per  $K$

**MOLLA [4/4]**

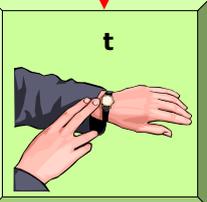


**Verificare l'isocronismo delle oscillazioni  
misurare  $t_3$  (ogni 30 s, fino a 300 s)**

$t_3$



$t$



Se le oscillazioni fossero isocrone allora **T vs t**  
avrebbe l'andamento di una retta di pendenza nulla ...

**RIPORTARE I RISULTATI NEL QUADERNO**

**LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE**  
Ingegneria meccanica

A.A. 2016-2017

**a venerdì 21 aprile**

