

LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE
Ingegneria meccanica
A.A. 2022-2023



Seconda esperienza
la molla:

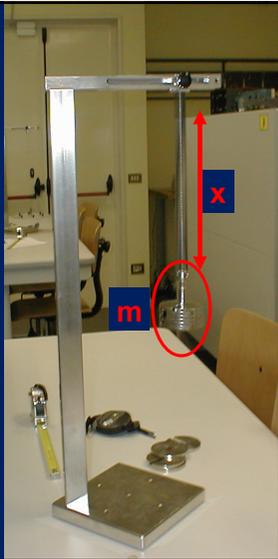
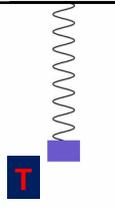
- il regime di Hooke
- l'oscillatore armonico

lasciate il tavolo di laboratorio in ordine e pulito;
ne siete responsabili (anche della strumentazione)



1

- 1) Relazione fra x e m
- 2) Relazione fra T e m
- 3) Conclusioni
- 4) Isocronismo (forse)

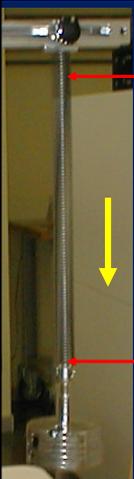
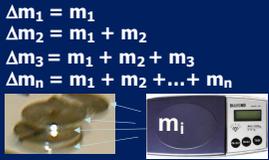
2

$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = m \vec{a}$ forza peso $F_p = m g$
forza elastica $F_e = -K(x - x_0)$

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

dove $m = m_0 + \Delta m$

Δm assume i valori:
 $\Delta m_0 = 0$
 $\Delta m_1 = m_1$
 $\Delta m_2 = m_1 + m_2$
 $\Delta m_3 = m_1 + m_2 + m_3$
 $\Delta m_n = m_1 + m_2 + \dots + m_n$

m_i $m_0 + \Delta m$

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

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

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

3

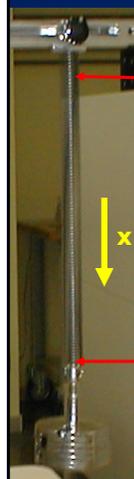
Studiare (misure, tabella, grafico, LabCalc)
la relazione fra x e Δm (x vs Δm) $\rightarrow K_s = g/p$

MOLLA [1/4]
 $Y = f(X) \leftrightarrow Y$ VS X
 $Y = p X + q$
 $x = g/K \Delta m + c$

Δm assume i valori:
 $\Delta m_0 = 0$
 $\Delta m_1 = m_1$
 $\Delta m_2 = m_1 + m_2$
 $\Delta m_3 = m_1 + m_2 + m_3$
 $\Delta m_n = m_1 + m_2 + \dots + m_n$

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

Confermare se si è in regime di Hooke, l'esistenza o meno del pretensionamento della molla e determinare K_s



4

Δm assume gli 11 valori:

$\Delta m_0 = 0$
 $\Delta m_1 = m_1$
 $\Delta m_2 = m_1 + m_2$
 $\Delta m_3 = m_1 + m_2 + m_3$
 $\Delta m_n = m_1 + m_2 + \dots + m_n$



i	m_i (g)	Δm_i (g)	x (cm)	t_{10} (s)	T^2 (s ²)
0	0	0	10,8		
1	80,7	80,7	10,7		
2	79,9	160,6	10,5		
3	78,7	239,3	12,1		
4	81,0	320,3	13,8		
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...

5

x (cm)	Δm (g)
10,6	0
10,7	80,7
10,5	160,6
12,1	239,3
13,8	320,3
16,1	400,1
18,9	479,6
20,1	561,2
21,7	628,7
24,3	701,4
25,6	796,4

simbolo della grandezza con unità di misura

Attenzione: questi valori sono simulati. Le misure reali possono essere molto diverse

tutte le cifre fornite dallo strumento digitale

tutte le cifre corrispondenti a 1/10 della divisione dello strumento analogico.

In questo caso, data la difficoltà della misura, tutte le cifre corrispondenti alla divisione

6

$x = c + \frac{g}{K} \Delta m$ x vs Δm

utilizzando un foglio di carta millimetrata le scale devono essere facilmente leggibili: ogni centimetro deve corrispondere a multipli di 1 o 2 o 5 (o 2,5) x 10^{±n} in questo esercizio (50 g)/cm e (2 cm)/cm

x(cm)	Δm (g)
10,6	0
10,7	80,7
10,5	160,6
12,1	239,3
13,8	320,3
16,1	400,1
18,9	479,6
20,1	561,2
21,7	628,7
24,3	701,4
25,6	796,4

7

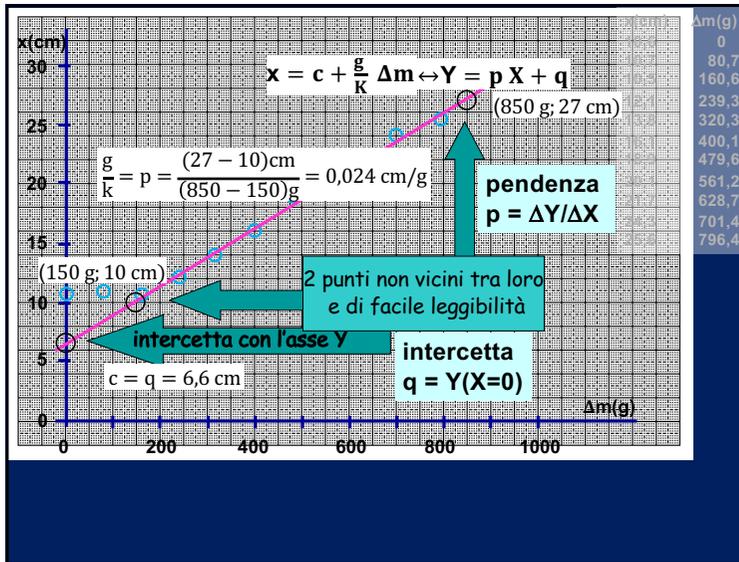
$x = c + \frac{g}{K} \Delta m \leftrightarrow Y = pX + q$

la retta che meglio approssima i punti sperimentali

pretensionamento

x(cm)	Δm (g)
10,6	0
10,7	80,7
10,5	160,6
12,1	239,3
13,8	320,3
16,1	400,1
18,9	479,6
20,1	561,2
21,7	628,7
24,3	701,4
25,6	796,4

8



9

$Y = pX + q$

più quantitativamente

Per il calcolo dei parametri di una retta (verificato che sia una retta!!!) si può utilizzare **LabCalc** che fornisce la pendenza con la deviazione standard l'intercetta con la deviazione standard

$p \pm \sigma_p$ inserire tutti i dati
 $q \pm \sigma_q$ **tranne** quelli influenzati dal pretensionamento

Stabilire se la misura della pendenza della relazione x vs Δm è:

- molto precisa: $\sigma_p / |p| < 1\%$
- precisa: $1\% < \sigma_p / |p| < 5\%$
- poco precisa: $5\% < \sigma_p / |p| < 20\%$
- imprecisa: $\sigma_p / |p| > 20\%$

10

ATTENZIONE MOLLA [2/4]

- 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 e lasciare scendere liberamente

11

DINAMICA MOLLA [2/4]

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

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

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

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

Per ridurre gli errori misurare la durata t_{10} di 10 periodi

$T^2 = (t_{10}/10)^2$

determinare K_d

Δm NON assume tutti gli 11 valori:

- $\Delta m_0 = 0$
- $\Delta m_1 = m_1$
- $\Delta m_2 = m_1 + m$
- $\Delta m_3 = m_1 + m_2 + m_3$
- $\Delta m_n = m_1 + m_2 + \dots + m_n$

per bassi valori di massa il sistema non oscilla liberamente $\rightarrow \Delta m_3 \Delta m_4 \Delta m_6 \Delta m_7 \Delta m_8 \Delta m_9 \Delta m_{10}$

12

1) Stabilire se la misura della **pendenza** della relazione T^2 vs Δm è stata **più o meno precisa**. **MOLLA [3/4]**

2) Ricavare dalla pendenza il valore K_d della costante elastica della molla ottenuta dallo studio dinamico

3) **Calcolare: la media aritmetica** dei due valori $(K_s+K_d)/2$ che rappresenta la migliore stima che possiamo ottenere della costante elastica;

lo **scarto relativo** $S = \frac{K_s - K_d}{(K_s + K_d)/2}$ che indica l'accordo fra i due risultati e quindi dà un'indicazione dell'accuratezza della misura:

- molto accurata: $|s| < 1\%$
- accurata: $1\% < |s| < 5\%$
- poco accurata: $5\% < |s| < 20\%$
- inaccurata: $|s| > 20\%$

RISULTATO FINALE $K = 30-50$ N/m

RIPORTARE I COMMENTI NEL FOGLIO

13

INSERIRE 5 DISCHI **MOLLA [4/4]**

Verificare l'isocronismo delle oscillazioni misurando t_3 11 volte (ogni 30 s, fino a 300 s)



t_3 : durata di 3 oscillazioni per migliorare la precisione

Se le oscillazioni fossero isocrone allora t_3 vs t avrebbe l'andamento di una retta di pendenza nulla... t_3 è sostanzialmente costante?

LabCalc: $|p| < \sigma_p$? oppure $< 2\sigma_p$? oppure $< 3\sigma_p$?

RIPORTARE I COMMENTI NEL FOGLIO

14

quanto abbiamo influenzato le misure effettuate 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 arrestandolo 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 dal punto 1) per altre 4 volte
- 5) calcoli la media aritmetica dei 5 tempi
- 6) RIPORTARE SUL FOGLIO I 3 TEMPI DI REAZIONE

dobiamo tener conto del tempo di reazione nelle misure di periodo?

SI', cioè: NO!

15

LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE
Ingegneria meccanica
A.A. 2022-2023



a giovedì 30 MARZO

lasciate il tavolo di laboratorio in ordine e pulito; ne siete responsabili (anche della strumentazione)



16