
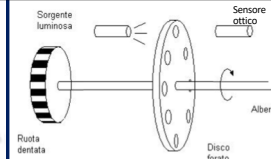


LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE
Ingegneria meccanica
A.A. 2018-2019

Sesta esperienza:
momenti e rotazioni

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

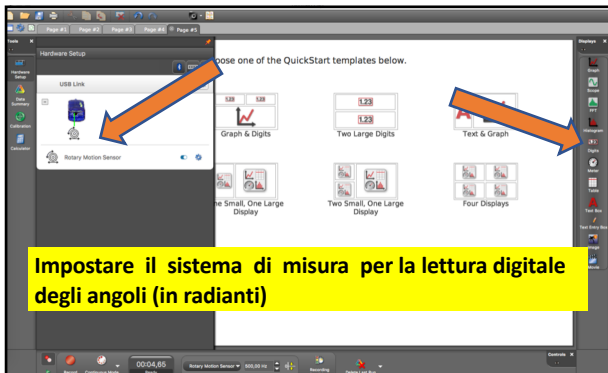
LaDifi
laboratorio di didattica in Fisica

4000 punti: $360^\circ/4000 = 0,09^\circ = 1,57 \text{ mrad}$

Three-step Pulley	10, 29 and 48 mm diameter
Sensor Dimensions	10 cm by 5 cm by 3.75 cm, 6.35 mm diameter shaft
Resolution	$\pm 0.09^\circ$ or 0.0078 mm 0.02 mm (linear) and 0.09° (angular) at 4,000 points per revolution
Rotational Resolution	0.00157 radian
Maximum Rotation Rate	30 revolutions per second
Optical Encoder	Bidirectional, indicates direction of motion, 4,000 divisions/revolution

massima velocità angolare misurabile: $2\pi \times 30 \text{ Hz} = 200 \text{ rad/s}$




Impostare il sistema di misura per la lettura digitale degli angoli (in radianti)

Verificare che una rotazione completa corrisponda a circa 6 radianti

1) Taratura di un sensore angolare

Graficare la relazione θ vs N fra:
- l'angolo di rotazione complessivo θ (in ordinate)
e
- il numero di rotazioni complete N del perno del sensore con N = 0, 1, 2, 3, 4, 5 (in ascisse)

Discutere la bontà del sensore in termini di pendenza e intercetta del grafico



2) Momento della forza d'attrito e accelerazione angolare

2° cardinale @ corpo rigido

$$\sum_{i=1,N} \vec{M}_i^{(e)} = I \vec{\alpha}$$

accelerazione angolare

momento d'inerzia assiale $M_{att} = I \alpha$

momenti delle forze esterne $\alpha = \frac{M_{att}}{I} < 0$

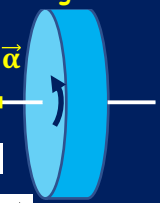
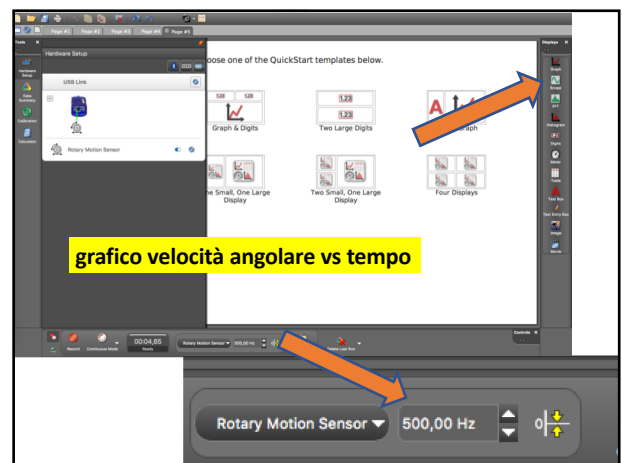



grafico velocità angolare vs tempo

2) Misura del momento della forza d'attrito

visualizzare velocità angolare vs tempo

2) avviare la registrazione dei dati

3) imprimere una brusca rotazione

4) determinare l'accelerazione angolare α = pendenza ω vs t

5) calcolare il momento della forza d'attrito ($I = 20 \text{ g cm}^2$)

6) verificare che M_{att} sia dell'ordine di $\sim 10^{-4} \text{ Nm}$

$$M_{att} = I \alpha$$

3) Pendolo di torsione

Un piattello di alluminio con momento di inerzia assiale I_0 è appeso tramite un filo di acciaio ad un sostegno

Se il piattello di alluminio viene ruotato di un angolo θ l'elasticità del filo, che agisce come una molla torsionale, genera un momento di forze $M_{el} = -c \theta$

$c = \frac{\pi}{2} G \frac{r^4}{l}$ r: raggio del filo
l: lunghezza del filo
G: modulo di scorrimento dell'acciaio ($8 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$)

Se il piattello viene lasciato andare inizia ad oscillare con oscillazioni isocrone
(consiglio un angolo iniziale di circa 3 rad)

$$M = I \alpha \Rightarrow -c \theta = I \ddot{\theta} \quad \ddot{\theta} + \frac{c}{I} \theta = 0$$

3) Pendolo di torsione

È possibile posizionare sul piattello (I_0) dei dischi forati ognuno dei quali incrementa di ΔI il momento di inerzia del sistema rotante. In particolare il numero N di dischi che può essere posto sul piattello senza alterarne l'equilibrio statico è: 0, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10 $\rightarrow I = I_0 + N \Delta I$

$\sum_{i=1, N} \vec{M}_i^{(e)} = I \vec{\alpha} \quad -c \theta = (I_0 + N \Delta I) \ddot{\theta}$

$$\ddot{\theta} + \frac{c}{I_0 + N \Delta I} \theta = 0$$

$$T^2 = (2\pi)^2 \frac{I_0 + N \Delta I}{c}$$

3) Pendolo di torsione

- Per ognuna delle 5 configurazioni ($N = 3, 4, 6, 8, 10$; solo queste 5) misurare la durata t_3 di 3 oscillazioni
- Tabulare N , t_3 e il quadrato del periodo di oscillazione T^2
- Graficare T^2 vs N
- Determinare i valori della pendenza e della intercetta della retta graficata
- Calcolare il rapporto $r = q/p = I_0/\Delta I$ (intercetta divisa per la pendenza) che misura il momento d'inerzia del piattello in termini del momento d'inerzia del singolo dischetto

$$T^2 = (2\pi)^2 \frac{I_0 + N \Delta I}{c} = N p + q \quad q = \frac{(2\pi)^2 I_0}{c}$$

$$p = \frac{(2\pi)^2 \Delta I}{c}$$

3) Pendolo di torsione

- Calcolare il rapporto $r = q/p = I_0/\Delta I$ (intercetta divisa per la pendenza) che misura il momento d'inerzia del piattello in termini del momento d'inerzia del singolo dischetto
- Quando vale il momento d'inerzia I_0 del disco di alluminio? Calcolarlo a partire da r , dalla massa del singolo dischetto $M = 80 \text{ g}$, dal diametro $2R$ dei dischi aggiunti (trascurare l'esistenza del taglio e del foro) e dalla distanza d del centro dei dischetti dall'asse di rotazione (Huygens-Steiner)

$$\Delta I = \frac{1}{2} MR^2 + Md^2 \quad q = \frac{(2\pi)^2 I_0}{c}$$

$$p = \frac{(2\pi)^2 \Delta I}{c}$$

Commentare il confronto fra I_0 ottenuto a partire da $r = q/p = I_0/\Delta I$ con quello calcolabile a partire dalla densità del disco di alluminio ($\rho = 2,7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$), dal suo diametro e dal suo spessore