



## VIDEOLABORATORIO 4

### La dinamica del moto rotatorio

#### Scopo del videolaboratorio

Questo videolaboratorio, prendendo le mosse dalle considerazioni di natura cinematica svolte nel videolaboratorio 1, ripropone lo stesso apparato sperimentale per condurre lo studente a un'analisi dinamica della situazione, introducendo il concetto di momento d'inerzia e dimostrando come il valore sperimentale di accelerazione angolare, già ricavato, ben collimi con il valore teorico che risulta dall'applicazione della seconda legge della dinamica per i moti rotatori ( $M = I\alpha$ ).

#### L'apparato sperimentale

La strumentazione utilizzata è identica a quella del videolaboratorio 1, di cui questo esperimento costituisce uno sviluppo.

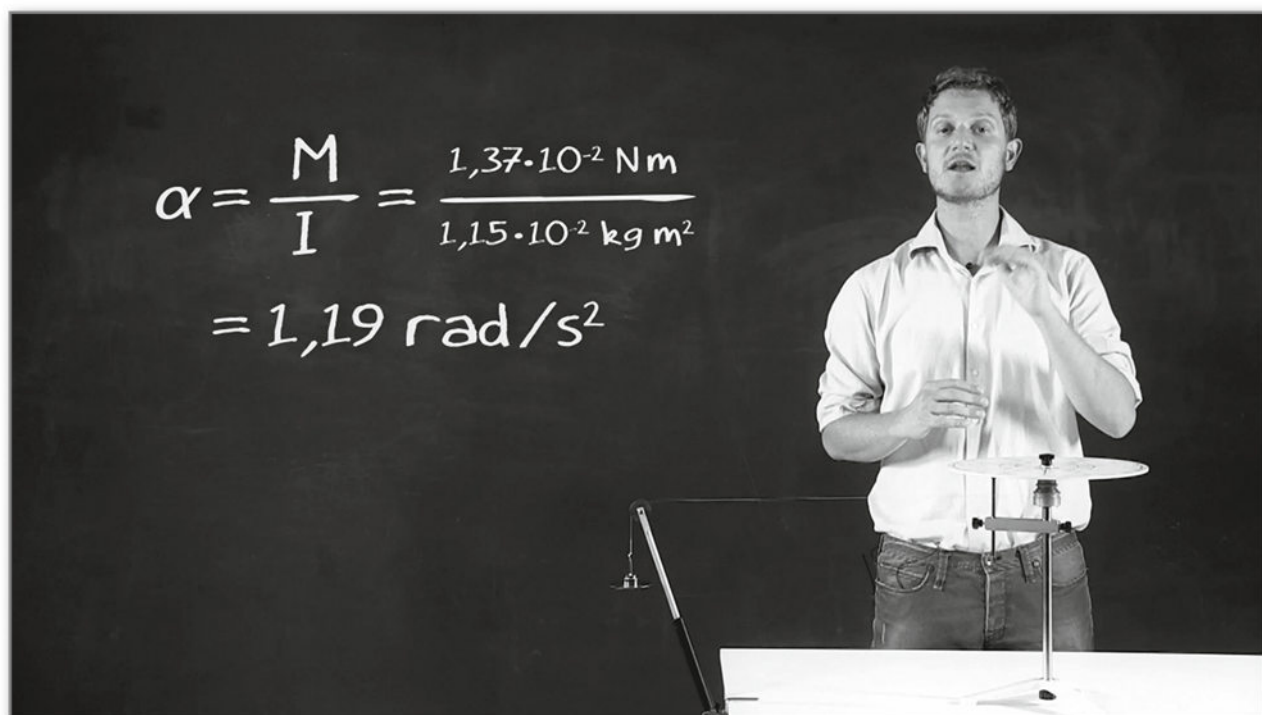
#### Concetti fondamentali

Il videolaboratorio sviluppa l'analogia tra moti traslatori e rotatori proposta nel video precedente, introducendo la seconda legge della dinamica per i moti rotatori:  $M = I\alpha$ , dove  $I$  rappresenta il momento d'inerzia del disco, pari a  $\frac{1}{2} m r^2$ . Anche se ciò è sottinteso nel video, può essere utile

ricordare alla classe che si tratta di una relazione vettoriale: l'accelerazione angolare  $\vec{\alpha}$  è un vettore parallelo al momento meccanico  $\vec{M}$ ; il verso di  $\vec{\alpha}$  è legato al verso del moto dalla regola della mano destra (con il pollice perpendicolare alle altre dita, quando queste sono orientate nel verso del moto il pollice indica il verso di  $\vec{\alpha}$ ).

#### Dati e grandezze

- Massa del disco:  $(900,0 \pm 0,1)$  g, misurata tramite bilancia digitale.
- Raggio del disco:  $(16,0 \pm 0,1)$  cm, misurato tramite un comune righeglio da disegno.
- Massa del cilindretto:  $(70,0 \pm 0,1)$  g, misurata tramite bilancia digitale; per brevità, nel video è menzionato direttamente il peso, pari a  $(0,686 \pm 0,001)$  N.
- Raggio del mandrino = braccio della forza:  $(2,0 \pm 0,1)$  cm, misurato tramite un comune righeglio da disegno.
- Accelerazione angolare (teorica):  $1,19 \text{ rad/s}^2$ , calcolata come rapporto  $M / I$  (per l'incertezza si veda l'analisi dei dati).
- Accelerazione angolare (calcolata):  $(1,2 \pm 0,3) \text{ rad/s}^2$ , calcolata nel videolaboratorio 1 come rapporto  $a / r = (\Delta v / \Delta t) / r$ .



**Analisi dei dati**

La stima teorica di  $\alpha$ , determinata come rapporto  $M/I$ , vale  $1,19 \text{ rad/s}^2$ . Per ricavarne l'incertezza, che nel videolaboratorio non è calcolata per brevità, è opportuno esprimere  $\alpha$  in funzione delle grandezze note:

$$\alpha = M/I = 2(Fb)/(mr^2)$$

dove  $F$  indica il peso del cilindretto,  $b$  è il braccio della forza (ovvero il raggio del mandrino),  $m$  è la massa del disco e  $r$  è il suo raggio.

Sostituendo i valori misurati, si ottiene

$$\alpha = \frac{2(0,686 \text{ N})(2,0 \text{ cm})}{(900,0 \text{ g})(16,0 \text{ cm})^2} = 1,19 \text{ rad/s}^2$$

L'incertezza relativa su questo valore è pari a

$$\begin{aligned} \delta(\alpha)/\alpha &= 2[\delta(F)/(F) + \delta(b)/(b) + \delta(m)/(m) + \\ &+ 2\delta(r)/(r)] = \\ &= 2[(0,001 \text{ N})/(0,686 \text{ N}) + (0,1 \text{ cm})/(2,0 \text{ cm}) + \\ &+ (0,1 \text{ g})/(900,0 \text{ g}) + 2(0,1 \text{ cm})/(16 \text{ cm})] = 0,13 \end{aligned}$$

e pertanto

$$\alpha = (1,2 \pm 0,2) \text{ rad/s}^2$$

La stima teorica di  $\alpha$  risulta dunque in accordo con il valore sperimentale ricavato nel videolaboratorio 1, pari a  $(1,2 \pm 0,3) \text{ rad/s}^2$ .

Possedendo strumenti di misura più precisi, a priori sarebbe lecito aspettarsi di ottenere un valore teorico leggermente superiore a quello sperimentale, che evidentemente risente degli attriti del disco con la sua base, nonché del filo con la carrucola. Inoltre il valore teorico risulta sovrastimato in quanto il momento d'inerzia del mandrino, ritenuto trascurabile rispetto a quello del disco, è omissso nel calcolo.

**Approfondimenti**

Un possibile approfondimento legato alla corrispondenza formale tra le leggi del moto traslatorio e quelle del moto rotatorio è dato dal teorema dell'impulso angolare, che costituisce l'analogo rotatorio del teorema dell'impulso già noto agli studenti per quanto riguarda i moti traslatori.

Secondo il teorema dell'impulso angolare, l'impulso del momento agente su corpo rigido durante un dato intervallo di tempo  $\Delta t$  è pari alla variazione del suo momento angolare nello stesso intervallo di tempo.

A partire dalla formulazione usuale del teorema dell'impulso ( $m \Delta v = F \Delta t$ ), gli studenti possono essere chiamati a enunciarne in simboli l'analogo rotatorio,  $I \Delta \omega = M \Delta t$ , e a escogitare un esperimento in grado di evidenziarne la veridicità.