

MOTO DI UN VOLANO

SOMMARIO

Lo scopo dell'esperienza è lo studio del moto di un volano sotto l'azione di una forza esterna.

MATERIALE A DISPOSIZIONE

- Un volano dotato di *encoder*;
- un piattino ed una serie di pesetti;
- sistema di acquisizione.

MISURE DA EFFETTUARE ED ANALISI

L'equazione fondamentale che regola il moto del nostro sistema è

$$I \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \vec{\tau}, \quad (1)$$

dove I è il momento di inerzia del volano (i.e., di *tutte* le componenti del volano), $\vec{\omega}$ la sua velocità angolare e $\vec{\tau}$ il momento totale delle forze esterne.

MISURA DEL MOMENTO DELLA FORZA DI ATTRITO

Nel caso di moto libero l'unica forza esterna che fa momento è quella di attrito. La prima misura richiesta è proprio la stima del modulo τ_a del momento della forza di attrito attraverso la misura dell'accelerazione (o, meglio, decelerazione) angolare per il moto libero. Assumendo che τ_a non dipenda da ω (si tratta di un'ipotesi di lavoro da verificare a posteriori), per la (1) si ha

$$\omega(t) = \omega_0 - \frac{\tau_a}{I} t. \quad (2)$$

Si costruisca un grafico cartesiano della velocità in funzione del tempo e si esegua un *fit* con una retta. Dal coefficiente angolare, e avendo preliminarmente stimato I , si può ricavare τ_a . Per la stima di I si schematizzi la parte mobile dell'apparato come una serie di dischi coassiali di alluminio ($\rho_{Al} = 2.70 \pm 0.02 \text{ g/cm}^3$), ricordando che il momento di inerzia I_d di un disco di raggio r_d e massa m_d è

$$I_d = \frac{1}{2} m_d r_d^2. \quad (3)$$

L'ipotesi di lavoro iniziale (cioè la costanza del momento della forza di attrito) è verificata?

MOTO SOTTO L'AZIONE DI UNA FORZA ESTERNA

Si avvolga un filo di nylon attorno al rocchetto (di raggio r) coassiale con il volano. All'estremità libera del filo, tramite un piattello, si appenda una massa sufficiente a mettere in moto il volano (nel seguito chiameremo m la massa totale di pesino più piattello).

Durante la fase di discesa del pesino, detto T_d il modulo della tensione del filo e z la posizione verticale del

pesino, le equazioni del moto del sistema sono

$$m\ddot{z}_d = mg - T_d \quad (4)$$

$$I \frac{d\omega_d}{dt} = T_d r - \tau_a, \quad (5)$$

(abbiamo assunto l'asse z orientato verso il basso). A queste due va aggiunta la condizione di inestensibilità del filo, che si scrive come

$$\ddot{z}_d = r \frac{d\omega_d}{dt}, \quad (6)$$

che permette di scrivere la soluzione in forma chiusa:

$$\frac{d\omega_d}{dt} = \frac{mgr - \tau_a}{I + mr^2} \quad (> 0). \quad (7)$$

Analogamente per la fase di salita:

$$\frac{d\omega_s}{dt} = \frac{-mgr - \tau_a}{I + mr^2} \quad (< 0). \quad (8)$$

Si misurino le accelerazioni angolari del sistema durante la salita e la discesa e si confrontino i valori ottenuti con quelli attesi dalla teoria.

CONSIDERAZIONI PRATICHE

Si consiglia di eseguire la misura iniziale di τ_a per valori di ω non troppo diversi da quelli che si registrano durante il moto forzato.

Per completezza, il momento di inerzia I del sistema dovrebbe essere dell'ordine $\sim 3 \times 10^5 \text{ g cm}^2$.

IL FORMATO DEI DATI

Il programma di acquisizione fornisce un *file* di uscita contenente due colonne che rappresentano, rispettivamente:

1. il tempo t (in s), dall'inizio dell'acquisizione;
2. la velocità angolare (in rad/s) mediata sull'ultimo 1/20 di giro (l'*encoder* è a 20 segmenti).

NOTE SUL PROGRAMMA DI ACQUISIZIONE

Una volta acceso il calcolatore, selezionare dal menù principale (in alto a sinistra) *Application* \rightarrow *Education* \rightarrow *plasduino*. Questo dovrebbe mostrare la finestra principale del programma di acquisizione. Per questa esperienza, tra la lista dei moduli, lanciate *Wheel* (doppio click sulla linea corrispondente, oppure selezionate la linea stessa e premete *Open*).

Di norma al termine di ogni sessione di presa dati il programma vi chiede se volete salvare una copia del *file* dei dati in una cartella a vostra scelta (il che può essere comodo per l'analisi successiva). Se questa funzionalità dovesse essere disabilitata potete ri-abilitarla attraverso il menù di *plasduino Configuration* \rightarrow *Change settings*: nella finestra che si apre selezionate il tab *daq* e abilitate l'opzione *prompt-save-dialog*.