



VIDEOLABORATORIO 1

La cinematica del moto rotatorio

Scopo del videolaboratorio

Questo videolaboratorio propone lo studio del moto rotatorio uniformemente accelerato di un disco circolare, a cui è agganciato, tramite un filo fatto passare per una carrucola, un pesetto libero di cadere.

Dopo aver valutato la velocità del grave in due istanti successivi del moto, il valore medio dell'accelerazione nell'intervallo di tempo è ricavato attraverso l'espressione $a = \Delta v / \Delta t$.

Dal valore dell'accelerazione lineare si ricava, tramite la relazione $\alpha = a / r$, l'accelerazione angolare del disco.

L'apparato sperimentale

Un cilindro metallico è agganciato a un filo che – passando per una carrucola – è avvolto attorno al mandrino che sorregge un disco circolare. Durante la caduta del pesetto, il filo si svolge e il disco viene messo in rotazione sul proprio asse.

La posizione del grave è misurata da un sensore di distanza posto sul pavimento, collegato a un sistema di acquisizione e analisi dati online, che consente di tracciare in tempo reale sullo schermo del computer la curva oraria e il grafico della velocità in funzione del tempo.

I valori di velocità sono calcolati dallo stesso computer in base ai dati ricavati dal sensore di distanza, senza necessità di ulteriori sensori o strumenti di misura.

Concetti fondamentali

Il videolaboratorio è costruito in modo tale da suggerire l'analogia tra il moto rettilineo uniformemente accelerato e il moto rotatorio uniformemente accelerato.

Nella discussione in classe, è opportuno richiamare l'attenzione dello studente sulle coppie di grandezze cinematiche omologhe che interessano i moti traslatori e rotatori (per esempio posizione e angolo, velocità lineare e angolare...). Una particolare rilevanza è assunta, nel caso specifico del moto uniformemente accelerato, dalla relazione $\alpha = a / r$, che lega tra loro l'accelerazione lineare (a) e quella angolare (α). È importante osservare

come r non sia il raggio del disco, bensì del mandrino, poiché è attorno a quest'ultimo che è avvolto il filo che sorregge il pesetto.

È inoltre evidente un parallelismo tra le cause del moto: se il moto rettilineo uniformemente accelerato ha origine dall'applicazione di una forza costante, il moto rotatorio uniformemente accelerato ha origine dall'applicazione di un momento torcente costante.

Moti traslatori	Moti rotatori
Tempo	Tempo
Distanza	Angolo
Velocità lineare	Velocità angolare
Accelerazione lineare	Accelerazione angolare
Forza	Momento torcente

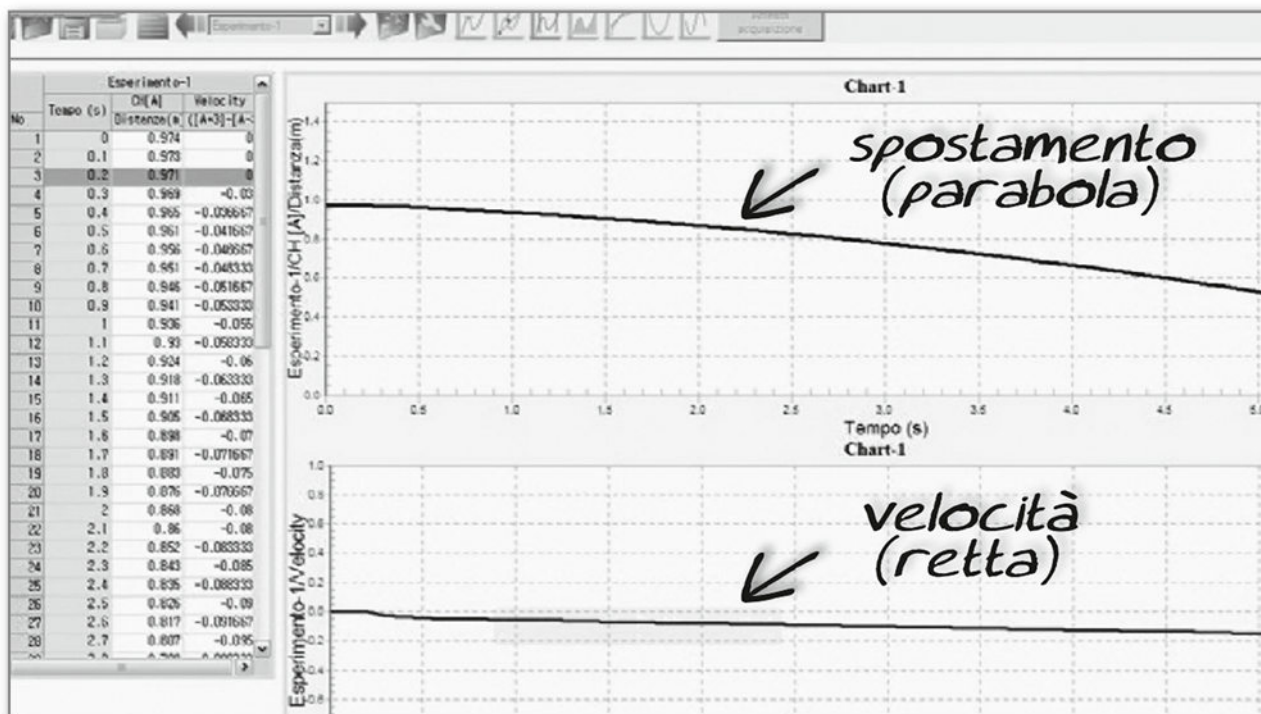
Dati e grandezze

- Istanti in cui è misurata la velocità:
 $t_1 = (1,00 \pm 0,01) \text{ s}$; $t_2 = (5,00 \pm 0,01) \text{ s}$.
- Velocità del pesetto nei due istanti:
 $v_1 = 0,06 \text{ m/s}$; $v_2 = 0,15 \text{ m/s}$. Le velocità sono calcolate dal computer come pendenza della tangente alla curva oraria del moto. L'incertezza su questi valori è di $0,01 \text{ m/s}$, secondo le indicazioni del costruttore.
- Accelerazione periferica (sperimentale):
 $0,023 \text{ m/s}^2$, calcolata come rapporto $\Delta v / \Delta t$ (per il calcolo dell'incertezza si veda l'analisi dei grafici e dei dati).
- Accelerazione angolare (sperimentale):
 $1,15 \text{ rad/s}^2$, calcolata come rapporto a/r (per il calcolo dell'incertezza si veda l'analisi dei grafici e dei dati).
- Raggio del mandrino = braccio della forza:
 $(2,0 \pm 0,1) \text{ cm}$.

Analisi dei grafici e dei dati

Dopo una prima proiezione in aula del videolaboratorio, può essere utile riproporre un fermo immagine della curva oraria del moto del pesetto e del grafico della velocità, così come appaiono nel filmato al tempo 01:30.

A livello qualitativo, è interessante per lo studente comprendere perché il grafico delle velocità è una retta mentre quello dello spostamento è una parabola con la concavità rivolta verso il basso. Quest'ultima proprietà discende, evidentemente,



dalla scelta di posizionare il sensore di distanza sul pavimento, al di sotto del pesetto.

Nel videolaboratorio, l'accelerazione media del grave viene calcolata considerando l'intervallo di tempo compreso tra gli istanti $t_1 = (1,00 \pm 0,01)$ s e $t_2 = (5,00 \pm 0,01)$ s, in cui il pesetto è caratterizzato da una velocità rispettivamente pari a $v_1 = (0,06 \pm 0,01)$ m/s; $v_2 = (0,15 \pm 0,01)$ m/s. A partire da questi valori si ottiene un'accelerazione media di:

$$a = \Delta v / \Delta t = (0,15 \text{ m/s} - 0,06 \text{ m/s}) / (5,00 \text{ s} - 1,00 \text{ s}) = 0,0225 \text{ m/s}^2$$

affetto da un'incertezza relativa che può essere stimata pari a

$$\begin{aligned} \delta(a) / a &= \delta(\Delta v) / (\Delta v) + d(\Delta t) / (\Delta t) = \\ &= (2 \cdot 0,01 \text{ m/s}) / (0,15 \text{ m/s} - 0,06 \text{ m/s}) + \\ &+ (2 \cdot 0,01 \text{ s}) / (5,00 \text{ s} - 1,00 \text{ s}) = 0,23 \end{aligned}$$

In questo modo si ottiene:

$$a = (0,023 \pm 0,005) \text{ m/s}^2.$$

Dalla relazione $\alpha = a / r$ si ricava infine un'accelerazione angolare di:

$$\alpha = (0,023 \text{ m/s}^2) / (2,0 \text{ cm}) = 1,15 \text{ rad/s}^2$$

affetta da un'incertezza relativa pari a:

$$\begin{aligned} \delta(\alpha) / \alpha &= \delta(a) / (a) + \delta(b) / (b) = \\ &= (0,005 \text{ m/s}^2) / (0,023 \text{ m/s}^2) + \\ &+ (0,1 \text{ cm}) / (2,0 \text{ cm}) = 0,27 \end{aligned}$$

e pertanto

$$\alpha = (1,2 \pm 0,3) \text{ rad/s}^2.$$

Nota

L'esperimento costituisce un'utile premessa all'enunciazione della seconda legge della dinamica per i moti rotatori, che è oggetto del video successivo e necessita dell'introduzione del concetto di momento d'inerzia di un corpo.