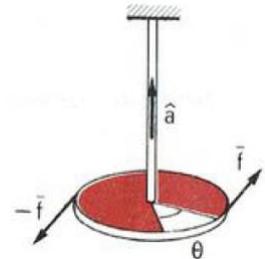


## PENDOLO DI TORSIONE

In questa esercitazione chi è in presenza e i componenti del gruppo a distanza studieranno due diversi aspetti dello stesso fenomeno.

### Scopo dell'esperienza

Si tratta di cronometrare il periodo di oscillazione di un oggetto, appeso ad un filo/nastro flessibile (tipo scotch), mentre ruota su sé stesso. Mentre il corpo ruota, il filo/nastro subisce una torsione e la sua elasticità sviluppa una coppia di forze (momento) che tende a riportare il corpo nella posizione iniziale facendolo oscillare (pendolo di torsione).



*Durante il corso di Fisica I verrà caratterizzato il moto di un corpo che può oscillare intorno ad un asse fisso sotto l'azione della gravità: il pendolo fisico. L'equazione che descrive tale moto è  $I \ddot{\vartheta} + c \vartheta = 0$  (notare l'analogia con l'equazione  $L \ddot{\vartheta} + g \vartheta = 0$  del pendolo detto semplice o matematico) dove  $I$  è il momento d'inerzia del corpo,  $\vartheta$  è l'angolo che varia nel tempo e  $c$  dipende dal sistema studiato.*

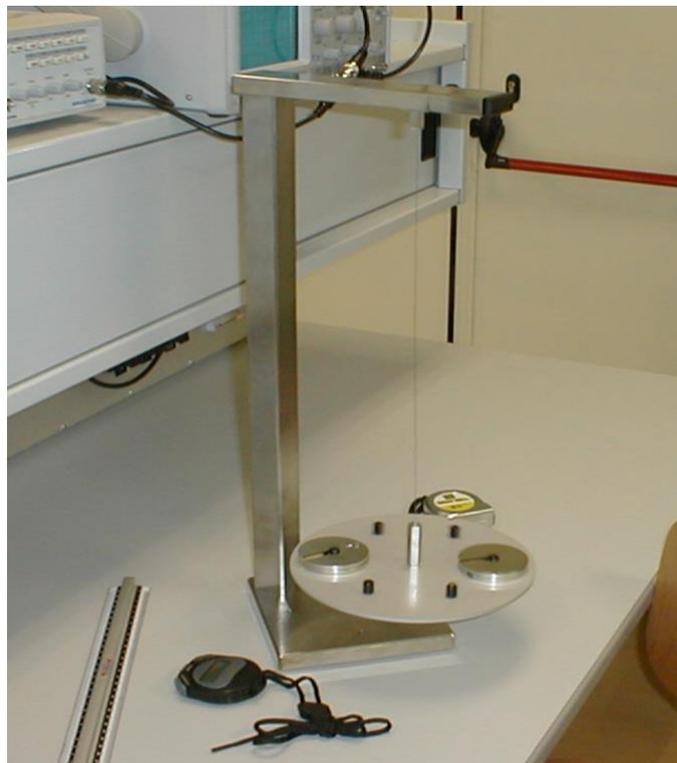
*In questa esperienza  $c$  è la costante elastica torsionale nel filo/nastro (notare l'analogia con la costante  $k$  dell'equazione  $m \ddot{x} + k x = 0$  della molla). Essendo  $c$  inversamente proporzionale a  $L$  si può ricavare una legge di proporzionalità fra  $T^2$  e  $L$ .*

*In laboratorio potrà essere variato  $I$  aggiungendo  $n$  masse uguali alla stessa distanza dall'asse di rotazione; si ha una legge di proporzionalità anche fra  $T^2$  e il numero  $n$  di masse.*

### Materiale occorrente:

**In laboratorio:** supporto con piattello rotante a distanza fissa da un supporto. E' possibile variare la massa del piattello (e contemporaneamente il suo momento d'inerzia) aggiungendo dischetti di massa all'incirca pari a 80 g.

**Le operazione da svolgere in presenza saranno descritte in aula**



**A DISTANZA** ogni componente del gruppo dovrà utilizzare:

- un corpo di massa 100-200 g circa con un asse di simmetria verticale;
- un tratto di scotch largo meno di 2 cm e lungo circa un metro
- un supporto liscio (ripiano di un tavolo o di un mobile, sportello di un armadio o di una credenza in cucina, ...)

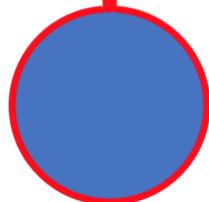
### Preparazione dell'apparato sperimentale

Srotolare un tratto di scotch (senza tagliarlo) ed avvolgerlo intorno al corpo per realizzare una imbracatura che gli consenta di ruotare intorno ad un asse verticale. Il corpo potrebbe essere anche sferico o a forma di parallelepipedo.

Far sì che i due lembi di scotch si sovrappongano per 1-2 cm.

Continuare a srotolare altro nastro per una lunghezza aggiuntiva di almeno 70 cm.

Attaccare la parte superiore dello scotch al supporto liscio: la forza di adesione della colla sarà sufficiente per sostenere il peso del corpo.



Questa serie di operazioni richiederà del tempo e diversi tentativi: quanto più l'oggetto riuscirà a ruotare intorno all'asse verticale passante per il centro del nastro, tanto migliori saranno i risultati delle misure successive.

Variando la lunghezza del tratto di scotch attaccato al supporto liscio sarà possibile variare la lunghezza  $L$  del tratto di scotch compreso fra l'imbracatura e il punto di sospensione (ovviamente il tratto di nastro attaccato al supporto non subisce torsione).

le imbracature delle prime due foto sono troppo "lente"



## Esecuzione dell'esperienza

### 0) Apparato sperimentale

Misurare la larghezza del nastro di scotch.

Scattare una foto dalla quale sia possibile vedere il corpo e la sua imbracatura.

### 1) Verifica dell'isocronismo delle oscillazioni (studio $T$ vs $t$ )

Fissare un valore di  $L$  prossimo al valore massimo che sarà possibile ottenere con l'apparato realizzato.

Ruotare il corpo di  $90^\circ$  e lasciarlo andare mentre si misura il trascorrere del tempo  $t$ .

Dopo 30 s misurare il periodo di oscillazione  $T$ .

Trascorsi altri 30 s misurare nuovamente il periodo  $T$ .

Proseguire per 5 minuti misurando  $T$  ogni 30 s.

Riportare le coppie di misure  $t$  e  $T(t)$  su un foglio di calcolo elettronico. Far graficare (grafico di dispersione  $xy$ ) i dati, sovrapporre una linea di tendenza. Se i dati sono sufficientemente allineati calcolare con LabCalc la pendenza e la deviazione standard della pendenza.

Dovrebbe ottenersi una pendenza non più grande di una o due deviazioni standard a riprova del fatto che  $T(t)$  ha un valore costante.

### 2) Studio della dipendenza del periodo di oscillazione dalla lunghezza $L$ del pendolo

Per verificare che  $T^2$  vs  $L$  sia una retta si fissa una lunghezza  $L$ , si misura la durata  $t_{10}$  di un dieci oscillazioni e si ripete questo per diversi valori di  $L$ .

#### Operativamente:

- iniziare dal valore di  $L$  più grande (utilizzando il ripiano di un tavolo potrebbero essere circa 70 cm)
- eseguire la misura di  $t_{10}$
- ridurre  $L$  di circa 10 cm
- eseguire la nuova misura di  $t_{10}$
- ridurre  $L$  di ulteriori circa 10 cm
- eseguire la nuova misura di  $t_{10}$
- ripetere finché  $L$  diventa circa 10 cm

**NOTA:** è praticamente impossibile, nonché un'inutile perdita di tempo, cercare di ottenere esattamente un valore di  $L$  prefissato: si mette lo scotch in modo da ottenere un valore di  $L$  ragionevolmente prossimo (più o meno 1-2 cm) a quello che si desidera e poi si misura, apprezzando il millimetro, la lunghezza effettivamente ottenuta.

Esempio si vuole misurare  $t_{10}$  in corrispondenza di  $L = 30$  cm (valore nominale) e si ottiene 28,7 cm (misura). Nelle ascisse del grafico si riporta la misura  $L = 28,7$  cm.

Questa fase di misure può durare più di un'ora.

Su un foglio di calcolo elettronico riportare una colonna per le misure di  $L$  in centimetri, un'altra per  $t_{10}$ , un'altra **con le formule** per calcolare  $T^2$ . Impostare un grafico di dispersione e far visualizzare l'equazione della retta.

## Elaborazione dei dati

Se il grafico  $T^2$  vs  $L$  è sufficientemente lineare utilizzare LabCalc per calcolare pendenza, intercetta e coefficiente di correlazione.

Aggiungere due colonne nel foglio elettronico per calcolare  $\log(T)$  e  $\log(L)$ : se è vero che  $T = p L^n$  allora si ha  $\log(T) = \log(p) + n \log(L)$ . La pendenza di  $\log(T)$  vs  $\log(L)$  quindi fornisce l'esponente  $n$  (come nell'esperienza della misura di  $\pi$ ).

Ancora una volta: foglio elettronico, grafico, LabCalc (inserire 3 cifre decimali dei logaritmi)  
Se effettivamente la dipendenza è quella attesa  $n = 0,5 \rightarrow$  verificare se  $|p - 0,5| < \sigma_p$ .

## TRASMISSIONE DELLA RELAZIONE

### INVIARE UN UNICO MESSAGGIO A ME E AGLI ALTRI COMPONENTI DEL GRUPPO

Rimanderò indietro i messaggi inviati solo a me o di un solo componente

indicare come oggetto del messaggio: **LabFisSpe-x** (con  $x$  numero del gruppo)

### PER OGNI COMPONENTE DEL GRUPPO CHE E' A DISTANZA

- ISOCRONISMO riportare nel messaggio questi dati:

- 1 larghezza del nastro (cm) con una cifra decimale
- 2-3 pendenza  $p$  della retta  $T(t)$  e deviazione standard  $\sigma_p$  della pendenza
- 4-5 calcolo del rapporto  $p/\sigma_p$  e commento: è/non è stato verificato l'isocronismo delle oscillazioni ( $|p| < \sigma_p$ ?)

- STUDIO  $T^2$  vs  $L$  riportare nel messaggio questi dati:

- 1-2 pendenza della retta  $T^2(L)$  e sua deviazione standard (con 2 cifre decimali e unità di misura)
  - 3-4 intercetta della retta  $T^2(L)$  e sua deviazione standard (con 2 cifre decimali e unità di misura)
  - 5-6 calcolo del rapporto  $|q|/\sigma_q$  e commento: è/non è stato verificato il passaggio per l'origine, cioè:  $|q| < 3\sigma_q$ ?
  - 7-8 pendenza della retta  $\log(T)$  vs  $\log(L)$  e sua deviazione standard (con 3 cifre decimali)
  - 9-10 verificare se  $|p - 0,5| < \sigma_p$  e commentare se è /non è stato verificato che  $n = 0,5$
- Allegare la foto del corpo con la sua imbracatura

### PER IL COMPONENTE DEL GRUPPO CHE E' IN PRESENZA

- ISOCRONISMO riportare nel messaggio questi dati:

- 1 lunghezza del filo (cm) con una cifra decimale
- 2-3 pendenza  $p$  della retta  $T(t)$  e deviazione standard  $\sigma_p$  della pendenza
- 4-5 calcolo del rapporto  $|p|/\sigma_p$  e commento: è/non è stato verificato l'isocronismo delle oscillazioni ( $|p| < \sigma_p$ ?)

- STUDIO  $t_5^2$  vs  $n$  riportare nel messaggio:

- 1 foto del grafico di dispersione con retta di tendenza, equazione della retta e valore di  $R^2$
- 2-3 pendenza della retta  $t_5^2(n)$  e sua deviazione standard (con 2 cifre decimali e unità di misura)
- 4-5 intercetta della retta  $t_5^2(n)$  e sua deviazione standard (con 2 cifre decimali e unità di misura)