

# Dinamica di una molla

(exp. id 20210106-I-v1)

Un esperimento proposto da

Viviana Amati, Liceo Tasso, Roma (Italy)

tradotto<sup>1</sup> dall'inglese a cura di Luca Montefusco – Liceo Scientifico “Tullio Levi Civita” (Roma)

## Introduzione

Con questo esperimento dedicato al moto armonico, ci proponiamo di studiare la dinamica di una massa attaccata a una molla della quale si vuole determinare la costante elastica  $K$ . Ciò conduce allo studio preliminare della correlazione tra  $K$ , il periodo di oscillazione  $T$  e la massa  $m$  dell'oscillatore armonico.

Per realizzare questo esperimento usiamo uno smartphone dotato di PHYPHOX, una App gratuita disponibile per i principali sistemi operativi nei rispettivi App Store. La misura indiretta della costante elastica è effettuata sfruttando il magnetometro presente in molti smartphone. Tale strumento rileva e misura le variazioni del campo magnetico, nelle tre direzioni spaziali, in cui è immerso lo smartphone.

L'esperimento è pensato per misurare  $K$  in modo “dinamico”. Misuriamo il periodo di oscillazione della molla quando a una estremità sono attaccate una o più calamite. I magneti in movimento generano, infatti, un campo magnetico oscillante che è registrato dallo smartphone posizionato al di sotto della molla.

L'analisi dei grafici di intensità del campo magnetico permette di stimare il periodo del campo magnetico oscillante con una buona approssimazione. La misura della costante elastica della molla si ricava indirettamente dalla nota relazione

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$

che ne esprime il periodo del moto armonico.

Possiamo confrontare, quindi, il risultato di questa misura con quello ottenuto misurando  $K$  in modo statico sfruttando la condizione di equilibrio tra la forza peso e la forza elastica di richiamo.

Un simile esperimento può indurre sviluppi ulteriori e uno studio più approfondito della dinamica della molla.

## Materiali e Requisiti

1. Uno smartphone con PHYPHOX installato;
2. Un metro o un righello;
3. Una molla giocattolo di tipo *slinky*;
4. Alcuni magneti di differenti dimensioni;
5. Una bilancia adatta per la misura della massa dei magneti;
6. Qualche supporto per appendere molle e magneti.

<sup>1</sup>Lavoro svolto nell'ambito di un progetto PCTO con la collaborazione di Graziano Surace (Sapienza Università di Roma).

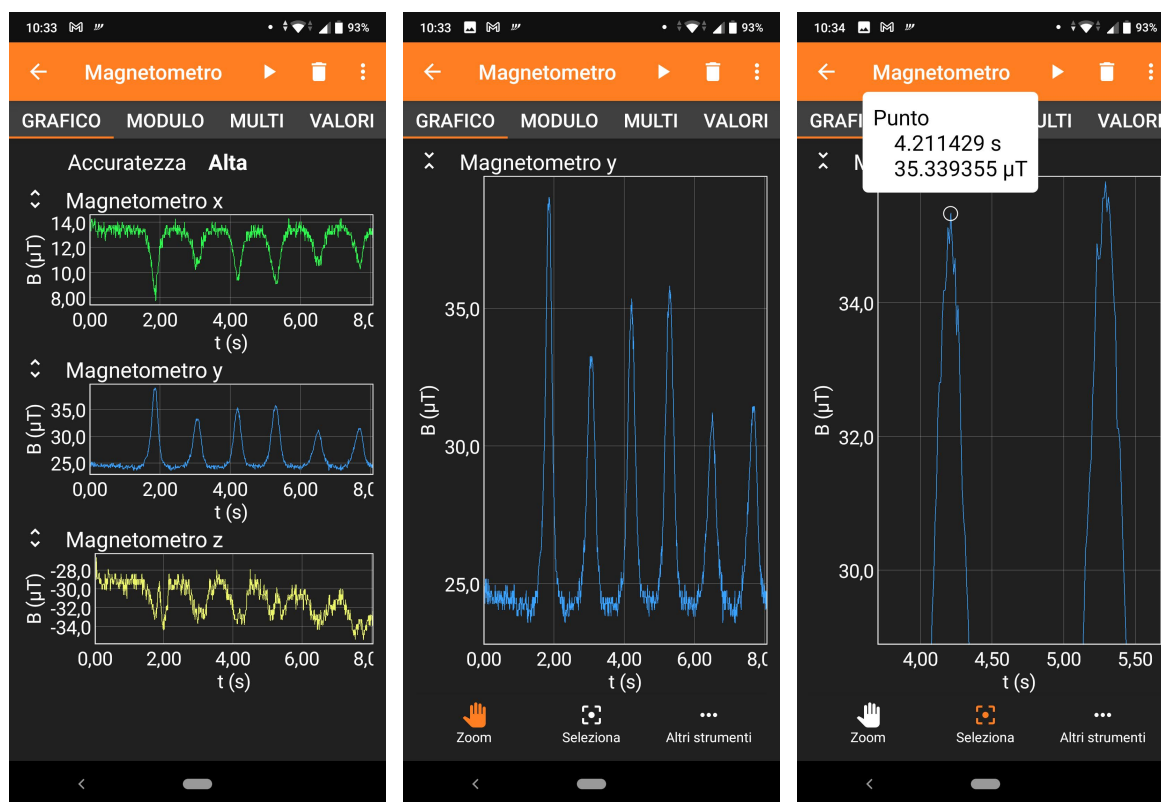
## Presatura dati




Appendi verticalmente la molla a un supporto e attacca i magneti all'estremità libera. Come supporto puoi usare, per esempio, un'asta sospesa tra due sedie; puoi fissare i magneti alla molla con il nastro adesivo (per ottenere risultati migliori, fissa un disco di cartone all'estremità libera della molla sul quale attaccare i magneti).

Posiziona lo smartphone su una superficie piana al di sotto della molla, in corrispondenza del suo asse verticale, avvia quindi l'acquisizione dei dati del magnetometro e inizia a far oscillare la calamita. Osserva le oscillazioni del campo magnetico sullo smartphone durante il moto della molla.

Dopo aver arrestato la misurazione, determina l'intervallo di tempo tra i picchi del segnale. Prova metodi diversi se possibile. Puoi anche scaricare i dati e analizzarli *offline* su un computer, o usare PHYPHOX per identificare manualmente le posizioni dei picchi e le loro coordinate.

Considera il periodo  $T$  in funzione della massa  $m$  e ripeti l'esperimento con masse differenti (ad esempio, aggiungendo o rimuovendo calamite). Consigliamo di usare almeno cinque masse diverse (magneti diversi o magneti + ulteriori masse). Per stimare il periodo direttamente da PHYPHOX basta ingrandire il grafico con la risoluzione migliore (per esempio quella relativa alla direzione  $y$  nella figura in basso a sinistra).



Per fare questo, premi sull'icona dello zoom  vicino al grafico. L'icona della “mano”  permette di ingrandire e spostare il grafico (figura in alto al centro). Dopo aver premuto lo strumento , puoi toccare un punto qualsiasi del grafico per ottenere le sue coordinate, come mostrato nella figura in alto a destra.

## Misura della costante elastica della molla \_\_\_\_\_

Si può calcolare il valore della costante elastica  $K$  della molla invertendo la formula del periodo dell'oscillatore armonico già considerata nel paragrafo introduttivo:

$$K = \frac{4\pi^2 m}{T^2}.$$

Si ottiene così un numero di misure di  $K$  pari al numero di masse utilizzate per la presa dati. I valori di  $K$  che ottieni sono tutti uguali? Se no, perché? Si possono considerare tra loro compatibili tenendo conto delle incertezze sperimentali? In caso affermativo, come puoi fornire una misura della costante elastica che tenga conto di tutti i risultati ottenuti?

Traccia il grafico di  $T^2$  in funzione di  $m$ . Come pensi che si distribuiscano i punti sperimentali? Puoi stimare  $K$  direttamente dal grafico? Quale valore di  $T$  ti aspetti per  $m = 0$ ? La tua previsione è supportata dalle misure?

Confronta i risultati ottenuti con entrambi i metodi sopra indicati e con una misura statica di  $K$ . Quando la molla è in equilibrio,

$$mg = K\Delta x,$$

dove  $\Delta x$  è la variazione della sua lunghezza quando una massa  $m$  è appesa alla sua estremità libera. Nota che  $m$  può essere la somma delle masse di differenti magneti. C'è qualche differenza tra il valore di  $K$  misurato con zero masse e con almeno una massa?

## Osservazioni Generali \_\_\_\_\_

Cerca sempre di stimare correttamente le incertezze di ciascuna misurazione. Riesci a trovare qualche fonte di errore sistematico? Se sì, riesci a valutarne l'entità?

Ricorda che l'utilizzo della media aritmetica su una serie di misurazioni è sempre una buona tecnica di analisi dei dati.

Prima di iniziare qualsiasi serie di misurazioni, esegui alcuni test per allenare la tua capacità di eseguire operazioni senza problemi. Annota le misurazioni in modo ordinato e completo (indicando valori, incertezze e unità di misura). Usa tabelle e grafici in modo appropriato.

# Per l'insegnante

(exp. id 20210106-I-v1)

Questo esperimento si può rendere più o meno complesso in relazione al tempo a disposizione e al livello della classe. A livello di scuola secondaria di secondo grado si possono leggere i dati direttamente sullo schermo dello smartphone e si può eseguire un'analisi dei dati molto semplificata senza pregiudicare la bontà dell'esperimento. A livello universitario è consigliabile salvare i dati in un *file* di testo e analizzarli in dettaglio, con un'approfondita analisi degli errori e un trattamento statistico appropriato.

La regressione lineare dei dati sperimentali del diagramma  $T^2$  vs  $m$  si può ottenere con una retta di interpolazione. Gli studenti universitari possono ottenere regressioni più accurate con il metodo dei minimi quadrati. Gli studenti di scuola secondaria possono stimare i parametri della retta di regressione in maniera approssimata, anche solo per via grafica. Il valore del coefficiente angolare della retta permette di determinare il valore della costante elastica  $K$  della molla. L'intercetta può risultare significativamente diversa da zero se la massa della molla non è trascurabile.

È istruttivo confrontare i risultati della precedente linearizzazione con quelli che si ottengono interpolando i dati del diagramma  $T$  vs.  $m$ .

È istruttivo anche valutare le incertezze sul periodo  $T$  quando quest'ultimo è calcolato su intervalli  $\Delta t_n$  uguali esattamente a un periodo ( $n = 1$ ) o più di un periodo (p.e.  $n = 4$  o  $n = 10$ ), secondo la formula  $T = \Delta t_n / n$ .

La misurazione dello stesso periodo con un cronometro fornisce utili suggerimenti per discutere gli errori sistematici e statistici.

Quando  $K$  è misurato in maniera statica, il valore della costante elastica, ottenuto confrontando la lunghezza della molla con zero masse e con almeno una massa, può essere diverso rispetto a quello che si ottiene stirando una molla già allungata con l'aggiunta di pesi, specialmente se le spire della molla sono troppo vicine tra di loro.

Questo esperimento è stato testato con successo da studenti di Liceo a Roma, durante il periodo di *lockdown* nel 2020.

## Obiettivi, Livelli di sviluppo e Durata

1. Obiettivo primario: destare interesse e familiarizzare con gli esperimenti.
2. Obiettivo primario: sviluppare l'attitudine alla ricerca scientifica.
3. Obiettivo primario: rivolgere uno sguardo esperienziale diretto sul moto armonico.
4. Obiettivo primario: ottenere dati che possono essere rappresentati e interpolati, senza la richiesta di eccessiva analisi.
5. Adatto per: scuole secondarie di secondo grado e università.
6. Durata: non più di 2 ore per l'acquisizione dei dati, + 1 ora di rappresentazione dati, + scrittura di una breve relazione.

## Approfondimenti e altre considerazioni

- Il moto armonico è un concetto basilare della fisica, dell'ingegneria e dei fenomeni quotidiani. Questo esperimento può essere un buon punto di partenza per sviluppi ulteriori. Spesso si può misurare lo smorzamento delle oscillazioni causato dalla resistenza dell'aria, dalla molla stessa o dal moto e dalla dissipazione sul supporto.
- Più complesso: montando un motore rotativo sul supporto, in maniera tale che l'estremità superiore della molla abbia una componente verticale della velocità, la configurazione sperimentale permette lo studio della risonanza (quando la frequenza 'di forzatura' è uguale alla frequenza 'naturale' di oscillazione).

Ulteriori informazioni online

---

Lasciate opinioni, suggerimenti, commenti e notizie sull'utilizzo di questa risorsa sul canale corrispondente a questo esperimento all'interno dello spazio di lavoro di Slack "smartphysicslab.slack.com". Gli insegnanti possono chiedere di essere registrati sulla piattaforma attraverso il modulo presente sulla *home page* di [smartphysicslab.org](http://smartphysicslab.org) e ottenere così l'invito alla registrazione su Slack ed essere inseriti nella *mailing list* di smartphysicslab.