

Dati generali

* Titolo: Studio del moto del pendolo con l'uso di smartphone.

*Materia:

Fisica

Altre materie

Informatica

Classe

1

* Tipo di attività

Misura o verifica

* Categoria

Laboratorio attrezzato

* Ore di laboratorio

2

* N. Persone (min) per gruppo

4

Riassunto / Abstract

L'esperimento prevede la misurazione del periodo di oscillazione di un pendolo a doppio filo facendo uso dell'accelerometro e del giroscopio dello smartphone.

Scheda sintetica delle attività

Strumentazione e attrezzatura necessaria (elenco)

- Smartphone con app di presa dati (e.g. *Sensor Kinetics PRO* per iOS e Android, o *Physics Toolbox Suite* per Android)
- Foglio elettronico (e.g. *MS Excel*, *Libre Office Calc*).
- Software di elaborazione dati (e.g. *GeoGebra*).
- Aste, piedistalli e viti.
- Filo (di medio spessore, si consiglia in fibra naturale).
- Nastro adesivo di carta (del tipo "da imbianchino") e protezione per lo smartphone.
- Metro a nastro.
- Catetometro (non indispensabile).

Competenze teorico-pratiche necessarie(elenco)

- Concetti di posizione, velocità e accelerazione.
- Uso della app di acquisizione dati.
- Uso del software di elaborazione dati.

Obiettivi e competenze acquisibili

Caratteristiche del moto oscillatorio (periodo, frequenza) e legge oraria del moto (per posizione, velocità e accelerazione). Legge dell'isocronismo del pendolo.

Per il pendolo a filo: dipendenza della frequenza dalla lunghezza del filo e indipendenza dalla massa e dalla ampiezza di oscillazione.

Per il pendolo di Kater: dipendenza della frequenza dal momento di inerzia e indipendenza dalla ampiezza di oscillazione.

Dotazioni di sicurezza

Nessuna dotazione particolare.

Svolgimento

L'esperimento consiste in due misurazioni distinte: il pendolo a filo ed il pendolo di Kater (o pendolo rigido).

Pendolo a filo

Il pendolo a filo è costituito da un semplice filo a forma di V appeso ad una sbarra orizzontale a cui viene appesa una massa in grado di oscillare attorno alla posizione verticale di equilibrio.

Nel nostro esperimento la massa è costituita dallo smartphone stesso, che riveste sia il ruolo di massa oscillante che di strumento di misurazione.

Lo smartphone viene assicurato al filo con due o più strisce di nastro adesivo posizionate in modo da limitare moti libratori o rotatori indesiderati, così da minimizzare il rumore.

Si predispose l'esperimento come in fotografia:



Si misura la distanza verticale fra il centro dello smartphone e la barretta trasversale a cui è appeso il filo, eventualmente utilizzando un catetometro.

$$l = (0,56 \pm 0,01) \text{ m}$$

Dopo avere aperto la app *Sensor Kinetics Pro* (o *Physiscs Toolbox* o altra app con funzionalità simili), si seleziona l'accelerometro e quando si è pronti per eseguire l'esperimento si avvia la

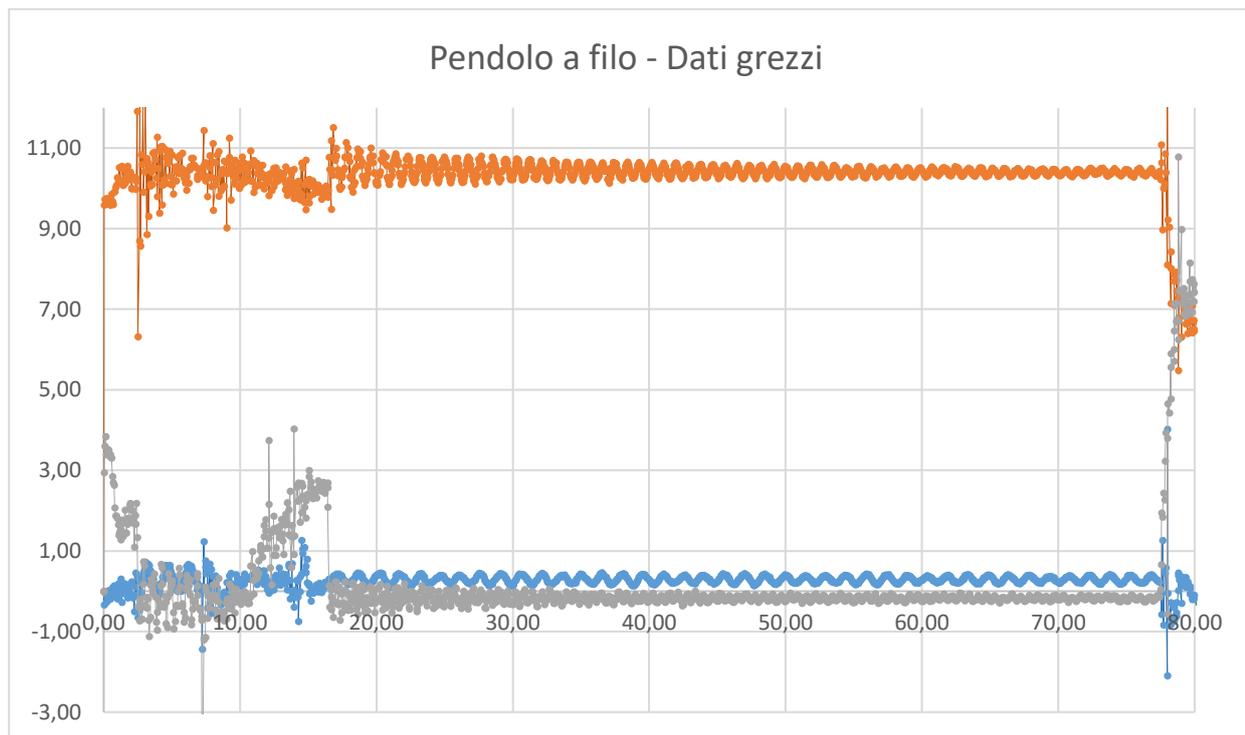
presa dei dati. Una volta avviata la presa dati, si mette in oscillazione il pendolo e si osserva il grafico che l'applicazione traccia.

Si può distinguere che dei tre sensori di accelerazione corrispondenti alle tre direzioni ortogonali, due registrano un andamento oscillatorio mentre il terzo rimane sostanzialmente invariato, registrando valori che possono essere considerati a tutti gli effetti rumore di fondo.

Al termine della presa dati, si ferma la raccolta dei dati e si esportano i dati in un formato leggibile da un software di elaborazione dati. Nel nostro esperimento il file è stato esportato in formato .csv in modo da poter essere letto da un foglio di calcolo come MS Excel o Libre Office Calc.

A questo punto ha inizio la fase di analisi dei dati.

Inizialmente il file viene importato in un foglio di calcolo e se ne traccia un grafico complessivo (del tipo dispersione XY).



Come si può notare dalla figura riportata, i dati confermano quanto osservato sopra in fase di acquisizione:

- Il grafico riportato in arancione rappresenta l'accelerazione lungo l'asse verticale, che mediamente coincide con l'accelerazione di gravità ($9,8 \text{ m/s}^2$) ma che oscilla in modo regolare registrando l'accelerazione centrifuga dovuta al moto rotatorio dello smartphone attorno al centro di oscillazione.
- Il grafico azzurro riporta l'accelerazione lungo l'asse perpendicolare al piano dello smartphone, che pertanto registra l'accelerazione dovuta al moto armonico del pendolo.
- Il grafico grigio rappresenta l'accelerazione lungo l'asse orizzontale nel piano dello smartphone; dal momento che lo smartphone non viene accelerato lungo questa direzione, questo grafico ha valore medio nullo e quanto registrato può essere considerato rumore.

Dal grafico dei dati grezzi estraiamo quelli da elaborare e selezioniamo pertanto l'intervallo di tempo in cui sono stati registrati i dati che più sono confacenti ai nostri obiettivi, cioè quelli che evidenziano le oscillazioni più regolari e abbastanza breve da non evidenziare troppo gli effetti dello smorzamento.

Si seleziona l'intervallo fra 20,0 e 50,0 secondi.

Delle tre serie di dati si seleziona solo quella relativa all'asse z, riportata in azzurro sul grafico.

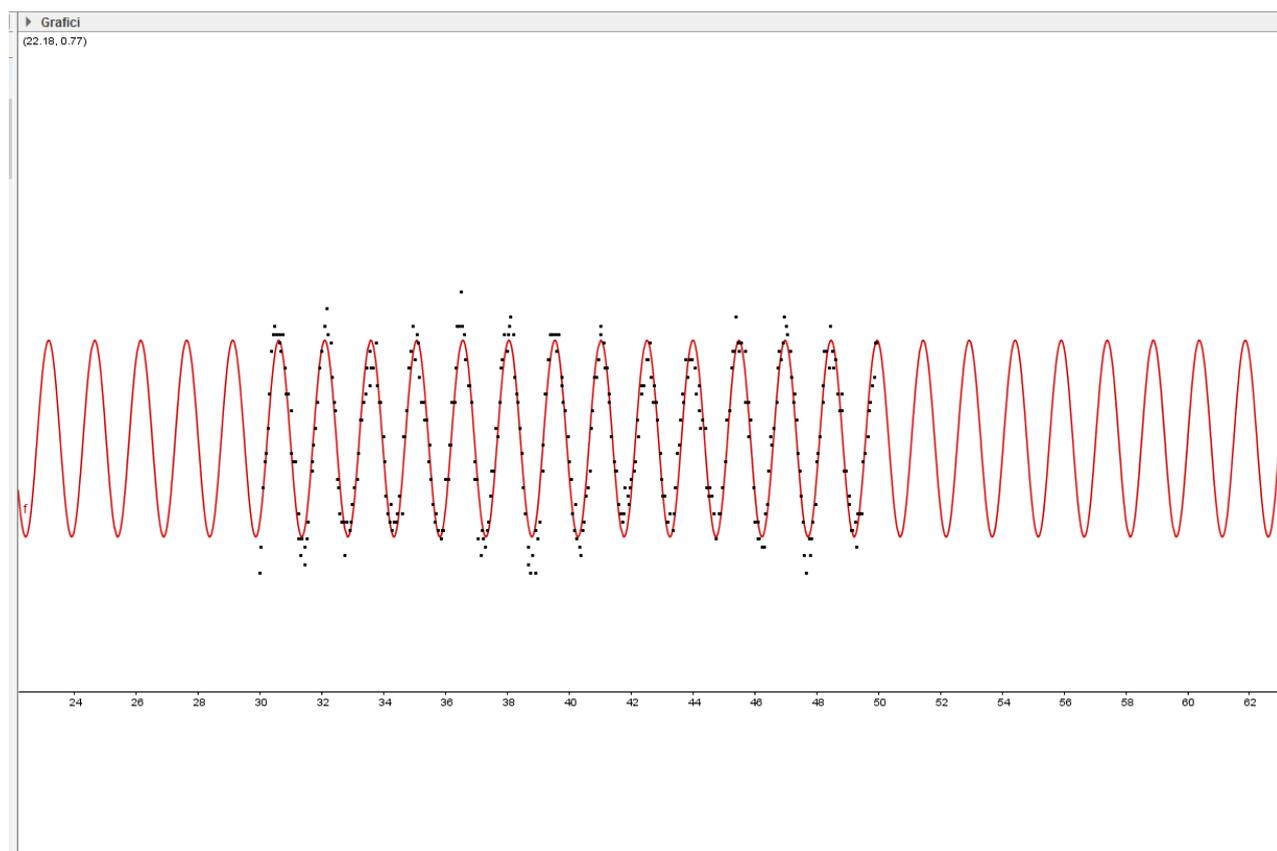
Si esegue una importazione della serie di dati nel programma adottato per il calcolo del fit sinusoidale. Nell'ottica di privilegiare soluzioni gratuite open source, si farà riferimento al software *Geogebra*.

Se si utilizza la localizzazione italiana del foglio di calcolo, nell'operazione di copiatura dei dati, abbiate cura di assicurarvi che il separatore decimale sia correttamente impostato sul punto, dal momento che è l'unico separatore ammesso da *Geogebra*. Se il separatore è rappresentato dalla virgola, è necessario modificare il file con un software di elaborazione testuale che sostituisca tutte le virgole con punti.

Una volta che si dispone del file contenente due colonne di dati corrispondenti al tempo e alla accelerazione espressi con il punto decimale, si copiano i dati delle due colonne nel foglio di calcolo di *Geogebra* (l'operazione di copia-incolla avviene senza problemi fra il foglio di calcolo esterno e quello di *GeoGebra*). Si selezionano quindi i dati importati.

Una volta selezionati i dati si definisce una lista di punti con l'apposita voce di menu (pulsante Lista → Lista di punti). Una volta definita e dato un nome alla lista (e.g. "pendolo"), i punti verranno riportati sul grafico. Visto l'elevato numero di punti e la loro vicinanza, è opportuno non visualizzare le etichette (selezionare i punti dalla finestra Algebra e deselezionare Mostra Etichette dal menu contestuale).

A questo punto si esegue il fit sinusoidale digitando la funzione predefinita $\text{FitSin}(\text{nome_lista})$ nella barra di inserimento (e.g. $\text{FitSin}(\text{pendolo})$). La funzione goniometrica interpolante migliore viene riportata nella finestra Algebra e il suo grafico viene riportato in sovrapposizione ai punti nella finestra Grafici.



Come si può notare dal grafico l'adattamento della curva risulta discreto, anche se c'è qualche deviazione dovuta alla eccessiva sensibilità dell'accelerometro e al moto parzialmente casuale dello smartphone in direzioni diverse da quella dell'oscillazione del pendolo.

Nella finestra Algebra si può leggere la espressione analitica della funzione calcolata, che nel nostro caso è:

$$f(t) = 0,3 + 0,12 \sin(4,22t - 1,74)$$

Il coefficiente di t rappresenta il valore della pulsazione ω , che può essere previsto teoricamente a partire dalla lunghezza del pendolo.

La previsione teorica è data dalla formula:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} = \sqrt{\frac{9,8}{0,56}} \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 4,18 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Si riscontra pertanto un buon accordo fra la previsione teorica il dato sperimentale.

Note e storia

L'esperimento fa parte del progetto "Science Smart Kit". Tale progetto comprende un kit di "accessori" per smartphone per realizzare attività di laboratorio di fisica, di scienze, chimica e matematica, schede per studenti e docenti, e la disseminazione attraverso iniziative di aggiornamento e formazione docenti.

Il progetto è risultato tra i vincitori del bando del MIUR "Nuove idee per la didattica laboratoriale nei Licei Scientifici".

Bibliografia

Patrik Vogt and Jochen Kuhn, "Analyzing simple pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor", *Phys. Teach.* 50, 439 (2012);

Jochen Kuhn and Patrik Vogt, "Analyzing spring pendulum phenomena with a smartphone acceleration sensor", *Phys. Teach.* 50, 504 (2012).

Autori

Alessio Seganti