

Dati generali

* Titolo

* Materia

Altre materie / Interdisciplinarietà

Classe

* Tipo di attività

* Categoria

* Ore di laboratorio

* N. Persone (min) per gruppo

Riassunto / Abstract

Il moto armonico può essere studiato con i grafici ottenuti, con opportune app, direttamente con i sensori interni di uno smartphone appeso a una molla e posto in oscillazione verticale.

Scheda sintetica delle attività

- 1) Nei giorni precedenti è necessario scaricare, in ciascun cellulare che verrà utilizzato, l'app per la misura in tempo reale dell'accelerazione.
- 2) In classe, prima di eseguire l'esperimento, si introduce il moto periodico in generale e in particolare il moto armonico semplice di un corpo soggetto ad una forza proporzionale allo spostamento.
- 3) In laboratorio si studia l'andamento dell'accelerazione verticale del moto dello smartphone sottoposto ad una forza elastica.
- 4) Si predispongono lo stativo con appesa una delle molle in dotazione al kit [1].
- 5) Si avvia l'app di raccolta dati e si appende alla molla il sacchetto contenente lo smartphone.
- 6) Si sposta lo smartphone dalla posizione di equilibrio e lo si lascia libero di oscillare per almeno 10 periodi.
- 7) Ogni gruppo analizza il grafico dell'accelerazione in funzione del tempo deducendo le caratteristiche principali del moto studiato.
- 8) Si ripete l'esperimento con l'altra molla in dotazione e si confrontano i risultati dei due esperimenti.

Strumentazione e attrezzatura necessaria (elenco)

Smartphone (iOS o Android).

App dedicata (da scaricare nell'app Store dello smartphone, vedi sotto l'elenco).

Stativo, reperibile nel laboratorio di fisica.

Due molle con costante elastica diversa 5,0 N/m e 3,9 N/m in dotazione allo Science Smart kit.

Un sacchetto per appendere lo smartphone alla molla, in dotazione allo Science Smart kit.

Competenze teorico-pratiche necessarie (elenco)

Conoscere le caratteristiche descrittive di un moto armonico semplice.

Conoscere e saper usare i modelli matematici descrittivi del moto armonico semplice per la posizione, la velocità e l'accelerazione.

Obiettivi e competenze acquisibili

Competenza nell'utilizzo di smartphone come strumenti di misura scientifici.

Abilità nel ricavare informazioni fisiche da un grafico.

Abilità nell'applicare quanto appreso ad un *problem solving*.

Dotazioni di sicurezza

Non necessarie

Svolgimento

La preparazione

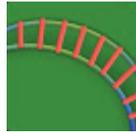
Si scaricano le app nei cellulari. Sono reperibili innumerevoli app per la misura dell'accelerazione in funzione del tempo, sia per Sistemi Operativi Android che iOS, per lo più gratuite. A prescindere da quale app si sia scelta, una caratteristica che non dovrebbe mancare è la possibilità di esportare i dati raccolti (file csv) per poterli elaborare con altri software applicativi come gli spreadsheet. Si segnalano le seguenti applicazioni.

Le app "accelerazione lineare" e "Misura g-Force" contenute nel pacchetto "Physics Toolbox Suite" in ambiente Android (fig. 1).



Si tratta di un insieme di app gratuite specifiche per l'insegnamento della Fisica, create dalla software house Vieyra [2]. Le app citate sono disponibili anche come applicazioni indipendenti.

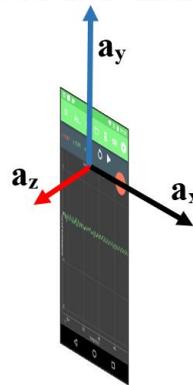
Della stessa software house è l'app "Physics Toolbox Rollercoaster" (fig. 2). Anche se il nome evidenzia il suo peculiare utilizzo, presenta delle caratteristiche che ne fanno un software versatile e funzionale; in particolare permette di fissare la durata dell'acquisizione dei dati, opzione molto utile in questa tipologia di esperimenti.



L'app "Sensor kinetics" (fig. 3) è disponibile sia in ambiente Android che iOS [3]. La versione gratuita, benché abbia delle limitazioni (non comprende la registrazione e l'invio dei dati), può essere utilizzata in questo esperimento.

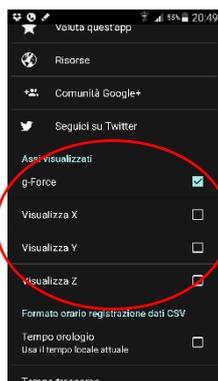


Per le prove effettuate è stata utilizzata, in ambiente Android, l'app "Physics Toolbox Suite". Tra le opzioni disponibili al suo interno, è possibile scegliere fra "Misura g-Force" e l'app "Accelerometro lineare". (fig. 4)



La prima mostra le componenti dell'accelerazione a_x , a_y e a_z (fig. 5) in unità (g) di accelerazione di gravità e la loro risultante, visualizzata con il nome "g-Force", utile per compensare una più che probabile non perfetta oscillazione verticale dello smartphone. La seconda fornisce una rappresentazione delle stesse componenti in m/s^2 , ma in questo caso l'applicativo non fornisce la risultante delle componenti, rendendola meno funzionale della precedente.

Toccando il simbolo  si accede alle opzioni dell'applicativo, dove è possibile tra l'altro scegliere quali componenti visualizzare sullo schermo. (fig. 6)



È bene dedicare agli allievi una sessione di addestramento (30 min) nell'uso dell'applicativo, in particolare richiamando la loro attenzione sulla misura dell'accelerazione quando lo smartphone è in equilibrio, appeso alla molla. La seguente immagine mostra la misura effettuata con l'app "Misura g-Force". (fig. 7)



Perché l'accelerometro segna il valore di 1,00 g e non 0,00 g? Per rispondere si consideri che il dispositivo elettronico che misura l'accelerazione si comporta in realtà come un dinamometro che, se disposto in verticale, si flette verso il basso sotto l'azione del proprio peso; è proprio questo che l'applicativo mostra.

L'andamento dell'accelerazione, inoltre, mette in evidenza piccole oscillazioni invece di una linea continua. Infatti gli accelerometri in dotazione hanno un'alta sensibilità, dell'ordine del millesimo di m/s^2 , per cui le misure, in particolare per piccoli valori di accelerazione, risultano affette da un non trascurabile rumore di fondo. Nel caso mostrato in figura, le variazioni appaiono periodiche, perché il sistema, anche se in modo impercettibile, oscilla.

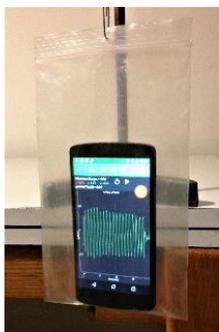
L'esperimento

Nello Science Smart Kit sono disponibili due molle con costante elastica diversa rispettivamente di 5,0 N/m e 3,9 N/m. Si consiglia di utilizzare la molla più rigida per far oscillare apparati come tablet con schermo non superiore ai 7". Per le prove abbiamo utilizzato uno smartphone LG Nexus 5 con S.O. Android, massa 0,129 kg e dimensioni 138 x 69 x 8,6 mm.

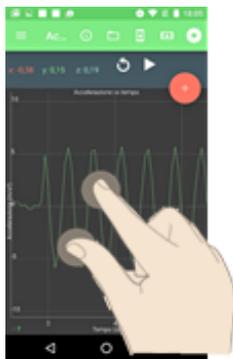
Lanciata l'app "Misura g-force" e predisposto lo smartphone per la visualizzazione della componente "g-force", si appende ad uno stativo la molla di 5,0 N/m e a questa, tramite una graffetta, si aggancia il sacchetto contenente lo smartphone (fig. 8).



Si sposta il sacchetto di alcuni centimetri dalla posizione di equilibrio e si fa partire l'acquisizione dei dati premendo sullo schermo il pulsante . Iniziano le oscillazioni. Lo spostamento deve avvenire con una certa cura per evitare movimenti lungo direzioni diverse da quella verticale. Dopo circa una ventina periodi si può interrompere l'oscillazione dello smartphone e quindi l'acquisizione dei dati. È meglio non estendere l'intervallo di tempo di acquisizione per ridurre l'incidenza dello smorzamento del moto. La figura seguente mostra il risultato ottenuto (fig. 10).

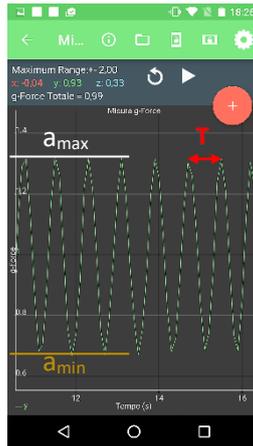


È possibile ora analizzare i dati acquisiti. L'app utilizzata permette di scorrere il grafico e di ingrandirlo. Scorrendo il grafico accelerazione-tempo, si individua l'istante di tempo dopo il quale i dati assumono un andamento regolare e ben individuabile. Zoomando il grafico, se ne migliora la leggibilità (fig. 11).



L'app utilizzata, al momento, non presenta strumenti di navigazione sul grafico che facilitino l'individuazione dei valori di accelerazione e di istante di tempo. Non rimane che utilizzare la funzione di zoom sul grafico per aumentare la sensibilità delle scale degli assi e trarre i valori. Attualmente la versione del software in uso non ha funzionalità di esplorazione dei dati.

Osservando il grafico è possibile ricavare il massimo e il minimo dell'accelerazione del moto e il periodo dell'oscillazione. In particolare per determinare il periodo è consigliabile considerare sul display n periodi e poi dividere per n l'intervallo di tempo misurato (fig. 12).



Nel caso qui presentato, si ottiene: $T_1 \approx 1,00$ s; $a_{y\max} \approx 1,32$ g; $a_{y\min} \approx 0,68$ g.

Analisi dei dati

Partendo dai dati raccolti, l'esperienza proposta può essere affrontata a livelli di approfondimento diversi: da una semplice analisi degli elementi essenziali del moto armonico, alla determinazione del modello rappresentativo del moto utilizzando algoritmi di *fit* dei dati, all'analisi dinamica del moto, fino a considerazioni sui sistemi di riferimento non inerziali.

È bene guidare gli alunni all'osservazione e alla deduzione attraverso una sequenza di domande. Ne forniamo alcuni esempi.

- 1) Con quale pulsazione (velocità angolare) ha oscillato lo smartphone? $\omega = \frac{2\pi}{T} = 6,28 \text{ rad/s}$
- 2) In quale punto della traiettoria si trova lo smartphone quando l'accelerazione è rispettivamente massima e minima? I valori massimi dell'accelerazione si registrano quando lo smartphone è nel punto più basso della traiettoria, mentre i minimi si hanno nel punto più alto. Lo smartphone, quindi, quando arriva in fondo alla traiettoria si "sente" pesare di più, e di meno quando è nel punto più alto dell'oscillazione. Lo studente deve rendersi conto che le misure sono state effettuate in un sistema di riferimento non inerziale. Scelto un sistema di riferimento con origine nel punto di equilibrio del moto e asse y positivo rivolto verso l'alto, la forza a cui è sottoposto lo smartphone è la risultante della forza elastica dipendente dallo spostamento y e della forza peso costante:

$$\vec{F} = m\vec{g} - k\vec{y} \quad (1)$$

da cui

$$\vec{a} = \vec{g} - \frac{k}{m}\vec{y} \quad (2)$$

- a) Nel punto più basso della traiettoria lo smartphone è soggetto ad una accelerazione di intensità

$$a = g + \frac{k}{m}y \quad (3)$$

quindi è maggiore di g . Nel caso proposto l'accelerazione vale mediamente 1,32 g.

- b) Nel punto di equilibrio: $y = 0$ e quindi $a = g$ come si evince dal grafico accelerazione-tempo.

- c) Nel punto più alto della traiettoria l'accelerazione vale

$$a = g - \frac{k}{m}y \quad (4)$$

quindi è minore di g . Nel caso proposto l'accelerazione mediamente vale 0,68 g.

- 3) Quanto vale la massa dello smartphone utilizzato? Dalla relazione

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (5)$$

si deduce

$$m = \frac{k}{\omega^2} = \frac{5,0 \text{ N/m}}{6,28^2 \text{ rad/s}} = 0,128 \text{ kg}. \quad (6)$$

La massa dello smartphone, comprensiva di quella del sacchetto e della graffetta di supporto misurata con una bilancia, vale 0,135 kg. La differenza percentuale risulta $\frac{0,135 \text{ kg} - 0,128 \text{ kg}}{0,135 \text{ kg}} = 5\%$.

Periodi a confronto

È possibile ripetere l'esperienza con la molla di costante elastica 3,9 N/m. La figura seguente ne mostra i risultati (fig. 13).



Ingrandendo con accortezza il grafico, si ricava il periodo $T_2 \approx 1,20$ s. Le costanti elastiche delle molle hanno rigidità non troppo diverse tra loro, ma il periodo aumenta come ci si aspetta da una molla meno rigida. Il rapporto teorico fra i periodi vale

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{5,0}{3,9}} = 1,13. \quad (10)$$

Il rapporto sperimentale vale

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{1,20}{1,00} = 1,20. \quad (11)$$

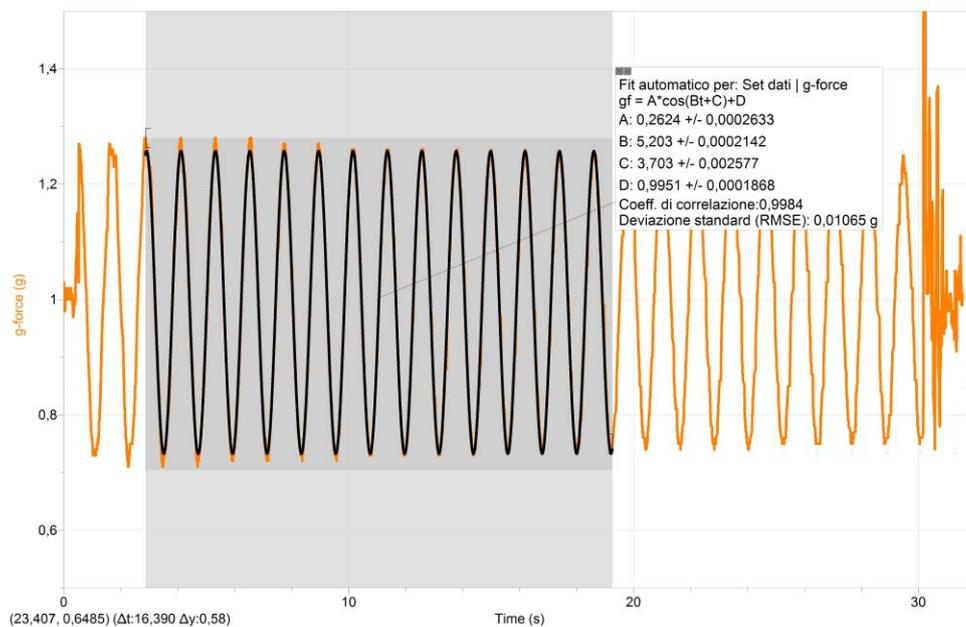
La differenza percentuale risulta $\frac{1,20-1,13}{1,20} = 6\%$.

Approfondimenti

L'app utilizzata permette di salvare ed esportare i dati acquisiti in un file con estensione .csv. I dati sono trascritti in colonne ma separati da un “ “ (fig. 14).

time	x	y	z	gforce
0,004	0,08258	0,32438	0,73628	0,81
0,005	0,05863	0,34001	0,7309	0,81
0,007	0,03958	0,34734	0,70403	0,79
0,008	0,01808	0,37813	0,7182	0,81
0,009	-0,01612	0,39327	0,75973	0,86
0,011	-0,04007	0,41086	0,77195	0,88
0,017	-0,0557	0,42601	0,81104	0,92

Il file può essere poi importato direttamente in applicativi spreadsheet (Excel, Logger Pro, ecc.) permettendo un trattamento dati più preciso. La figura mostra un esempio di elaborazione con il software Logger Pro in cui si è calcolato un opportuno fit (fig. 15).



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".

[1] Il kit a cui si fa riferimento è quello del progetto "Science Smart Kit", di cui sopra.

[2] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chrystianvieyra.physicstoolboxsuite&hl=it>

[3] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.innoventions.sensorkineticspro&hl=it>

<https://itunes.apple.com/it/app/sensor-kinetics/id579040333?mt=8>

[4] S. Mau, F. Insulla, E. E. Pickens, Z. Ding, S. C. Dudley, "Locating a smartphone's accelerometer", *The Physics Teacher*, Vol. 54, April 2016

Bibliografia

Per informazioni sull'utilizzo degli smartphone in classe, si suggerisce il gruppo di discussione creato da Rebecca Vieyra: <https://plus.google.com/u/0/communities/117493961647466126964>

e il sito, con esempi di esperimenti:

<https://www.vieyrasoftware.net/browse-lessons>

Autori

Alessandro Foschi