

Giovanni Pezzi

Palestra della
Scienza, Faenza

Una caccia al tesoro scientifica: dove sta l'accelerometro in uno *smartphone*?

(Pervenuto il 18.3.2013, approvato il 31.5.2013)

ABSTRACT

Current smartphones are equipped with many sensors and that offer a wide choice of applications like measuring accelerations, sounds, distances, angles, etc. Smartphones are becoming increasingly widespread among students who could use them as "personal instruments" for physics measurements. The article describes a kind of scientific treasure hunt: finding the location of the smartphone's accelerometers by applying the laws of physics of uniform circular motion.

Gli *smartphone* attuali, dotati di numerosi sensori, si prestano a essere utilizzati come "personal instrument" per misure di fisica. È ampia ormai la scelta delle applicazioni (*app*) che rendono possibili misure di accelerazione, suono, distanze, ecc.

In una misura di accelerazione centripeta, il risultato che si ottiene dipende dalla distanza dal centro di rotazione: $a = \omega^2 r$, essendo ω la velocità angolare ed r la distanza dal centro. Se si effettua la misura in una piccola piattaforma rotante, come il piatto di un giradischi, utilizzando uno *smartphone*, sarebbe utile quindi conoscere con una certa precisione dove è collocato il sensore di accelerazione al suo interno.

Usando come *smartphone* un *iPhone 5*, ma non avendo informazioni a priori sulla collocazione al suo interno del sensore di accelerazione¹, ho deciso, come in una caccia al tesoro, di risalire alla sua posizione mediante misure di accelerazione centripeta.

Mi sono procurato un vecchio giradischi e l'ho modificato (fig. 1), in modo da usarne il motore per far ruotare un'asta imperniata al centro: tolto il braccio che reggeva la puntina, ho collocato un'asta metallica al centro del piatto, su un supporto, e vi ho fissato, con nastro biadesivo, una custodia per lo *smartphone* (fig. 2). Questa dista 3,0 cm dal centro del piatto col suo bordo più vicino e 15,0 cm con l'altra estremità. Un contrappeso sull'asta serve a equilibrare la rotazione (fig. 3).

L'orientamento degli assi dell'accelerometro nell'*iPhone 5* è riportato in figura 4. L'*iPhone* è collocato sull'asta in modo che l'asse *Y* sia allineato in senso radiale, verso il centro o verso l'esterno.



Figura 1.

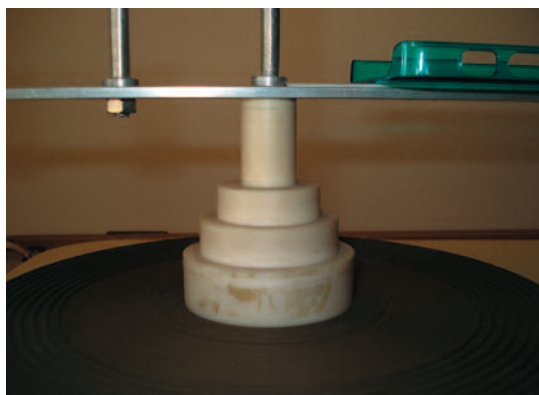


Figura 2.



Figura 3.

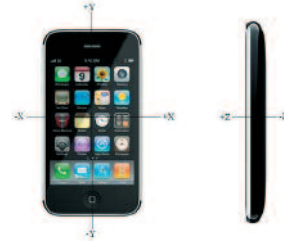


Figura 4.



Figura 5.

Le misure di accelerazione sono state fatte con l'app *Parkvue*², impostata per acquisire dati alla frequenza di 10 Hz, per la durata di 30 secondi. Al termine, i dati venivano inviati a un PC per email, in formato *csv* (*comma separated value*) e infine inseriti ed elaborati in un foglio elettronico.

Nella figura 5 è riportato uno dei grafici ottenuti sullo smartphone al termine di una misura.

Poiché bisogna prima lanciare l'app e poi mettere in rotazione il giradischi, i dati raccolti nei primi due-tre secondi sono relativi alla fase di avvio della piattaforma, per cui vengono scartati al momento della elaborazione.

Il grafico accelerazione-tempo mostra un andamento mediamente costante dell'accelerazione. L'oscillazione periodica che si osserva è dovuta all'ondeggiamento della piattaforma rotante del giradischi.

Sono state eseguite cinque misure di accelerazione, alla frequenza nominale di rotazione del giradischi di 78 giri/min e altrettante a 45 giri/min. Ogni volta è stato anche controllato il valore del periodo, misurando, con un cronometro manuale al centesimo di secondo, il tempo di 20 giri nel caso della rotazione a 78 giri/min, e di 10 giri nell'altro caso. I risultati medi ottenuti sono stati $(0,77 \pm 0,02)$ s per la rotazione a 78 giri/min e $(1,31 \pm 0,02)$ per la rotazione a 45 giri/min.

La tabella 1 riporta i valori medi della accelerazione (asse Y) e della distanza R dal centro calcolata con la formula

$$R = \frac{aT^2}{4\pi^2}$$

dove T è il periodo di rotazione del giradischi. Le incertezze associate ai risultati derivano dalla semidispersione delle misure nel caso dell'accelerazione media, e dalle regole di propagazione degli errori per quanto riguarda la distanza R dal centro³. Il segno della accelerazione dipende dalla orientazione del sensore (ovvero dalla orientazione dello smartphone). Il vettore accelerazione centripeta è

ovviamente diretto verso il centro di rotazione, trattandosi di accelerazione centripeta indotta dal vincolo ad un moto circolare.

frequenza (giri/min)	a media (m/s^2)	R medio (m)
78	$-3,54 \pm 0,03$	$(5,3 \pm 0,3) \times 10^{-2}$
45	$-1,25 \pm 0,02$	$(5,4 \pm 0,2) \times 10^{-2}$

Tabella 1.

Dai dati risulta che l'accelerometro dovrebbe trovarsi tra 5,0 cm e 5,6 cm dal centro di rotazione. Poiché il bordo superiore dell'iPhone distava 3,0 cm dal centro di rotazione, l'accelerometro si dovrebbe trovare tra 2,0 cm e 2,6 cm dal bordo superiore dell'iPhone e tra 9,8 cm e 10,4 cm dal bordo inferiore, essendo l'altezza dell'iPhone 5 di 12,4 cm (fig.6).

Ho fatto una rapida controprova semplicemente ruotando di 180° la posizione dell'iPhone dentro la custodia che lo tiene fissato al braccio rotante.

La tabella 2 riporta i risultati. Questa volta i valori dell'accelerazione sono positivi perché, in seguito alla rotazione dell'iPhone, gli assi degli accelerometri (fig. 4) risultano orientati in senso opposto al precedente.

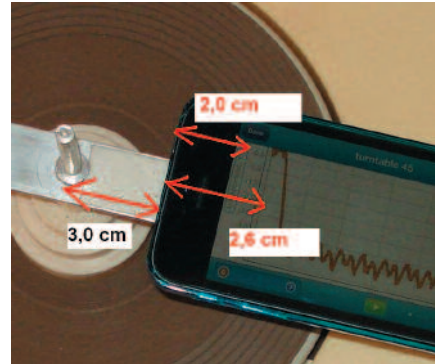


Figura 6.

frequenza (giri/min)	a media (m/s^2)	R medio (m)
78	$8,8 \pm 0,2$	$(13,3 \pm 0,8) \times 10^{-2}$
45	$3,15 \pm 0,01$	$(13,5 \pm 0,2) \times 10^{-2}$

Tabella 2.



Figura 7.



Figura 8.

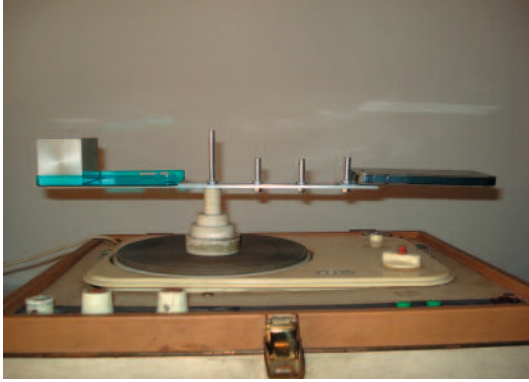


Figura 9.

Togliendo dal risultato i 3,0 cm del bordo dal centro di rotazione, si ottiene, per la posizione dell'accelerometro, un valore compreso tra 9,5 e 11,1 cm dal basso, compatibile con il risultato precedente.

Come ulteriore controllo, ho posizionato l'iPhone più lontano dal centro (fig. 7 e 8): la custodia ora dista 12,8 cm dal centro di rotazione (fig. 9), per cui l'accelerometro, in base ai risultati precedenti, si dovrebbe trovare a circa 15,0 cm dal centro di rotazione, o a 23,0 cm con l'orientamento opposto.

La nuova serie di misure, in queste condizioni, ha dato i risultati riportati in tabella 3:

iPhone orientato con l'asse Y verso il centro di rotazione

frequenza (giri/min)	a media (m/s^2)	R medio (m)
78	$-10,2 \pm 0,1$	$(15,3 \pm 0,4) \times 10^{-2}$
45	$-3,59 \pm 0,02$	$(15,6 \pm 0,5) \times 10^{-2}$

iPhone orientato con l'asse Y in direzione opposta al centro di rotazione

frequenza (giri/min)	a media (m/s^2)	R medio (m)
78	$15,4 \pm 0,2$	$(22,9 \pm 0,8) \times 10^{-2}$
45	$5,43 \pm 0,03$	$(23,8 \pm 0,3) \times 10^{-2}$

Tabella 3.

I risultati sono compatibili con quanto ci si aspettava e a questo punto ero sicuro perlomeno che il sensore non si trovasse al centro del dispositivo ma spostato nella parte superiore (verso +Y nella figura 4).

Continuando successivamente la ricerca sul Web, ho trovato informazioni sull'accelerometro in dotazione all'iPhone 5,⁴ il microchip LIS331DLH 3-Axis MEMS della STM, un piccolo sensore di 3 mm di lato⁵. Le immagini di fig. 10 e 11, anche se prive di dimensioni, sembrano confermare la collocazione dell'accelerometro corrispondente ai risultati ottenuti nelle misure di accelerazione centripeta. La freccia della figura 11 indica il microchip del sensore di accelerazione.



Figura 10.



Figura 11.

Questo tipo d'indagine si può estendere ad altri smartphone e credo che dal punto di vista didattico possa essere per gli studenti una proposta stimolante di ricerca e una utile applicazione delle leggi della fisica sul moto circolare uniforme.

- Note**
- ¹ <http://www.settorezero.com/wordpress/cosa-sono-come-funzionano-e-a-cosa-servono-gli-accelerometri/>
In rete su YouTube si trova un filmato, dove viene mostrato un iPhone aperto ed è indicata la posizione approssimativa del chip che contiene l'accelerometro, circa al centro:
<http://www.youtube.com/watch?v=KZVgKu6v808&list=UU2bkHVIDjXS7srgjFtzOXQ&index=7>
Ma il filmato è precedente all'uscita dell'iPhone 5, e quindi si riferisce a un modello precedente.
 - ² <https://itunes.apple.com/it/app/sparkvue/id361907181?mt=8>
 - ³
$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta a}{a} + 2 \frac{\Delta T}{T}$$
 - ⁴ <http://www.edn.com/design/consumer/4396870/Teardown—Inside-the-Apple-iPhone-5>
 - ⁵ <http://www.st.com/internet/analog/product/218132.jsp>

La ragione per cui uno oggi compra uno smartphone non è la videocamera; però ogni volta che si è acquistato un telefonino, visto che la videocamera ne fa parte, uno si mette a fare foto; molte più di quante non ne facesse quando le videocamere stavano fuori dai telefonini, e di molto diverse. Se questo è vero, allora la fotocamera-come-appendice-corporea rivela qualcosa sulla macchina fotografica, qualcosa che non riuscivamo a vedere per via dell'uso cerimoniale della fotografia: le macchine fotografiche sono *registratori di appunti visivi*. Si osservi che la portatilità non è stato il fatto distintivo. Anche le fotocamere digitali e le reflex erano perfettamente portatili (ho usato per anni una leggerissima Minox regalatami per la laurea, che faceva foto splendide e si infilava dappertutto). È stata invece la presenza costante della fotocamera in tasca che ha fatto la differenza cruciale.

La parabola della fotocamera ci offre due lezioni importanti. La prima è che il progresso non avviene di norma quando si guarda un uso e poi si cerca la tecnologia adatta per sostenerlo o assisterlo: c'è invece innovazione quando si guarda alla tecnologia esistente e si cerca di immaginarne nuovi usi. Come alcuni hanno detto, l'ingegno aguzza il bisogno, e non viceversa. Più in generale, e questa è la seconda lezione, ci sono oggi più risposte (tecnologiche) che domande (sociali), e dovremmo quindi cominciare a metterci in cerca delle buone domande [...].

Roberto Casati, *Contro il colonialismo digitale. Istruzioni per continuare a leggere*, Editori Laterza, Bari 2013