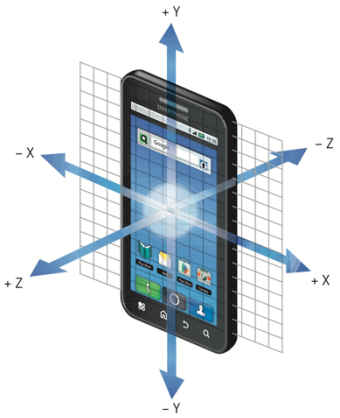
STANISLAO CANNIZZARO
Liceo Scientifico - ROMA

ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

Esperienza 3: smartphone e piano inclinato

I nostri smartphone e tablet contengono al loro interno numerosi sensori che consentono di raccogliere informazioni sia sui movimenti fisici del dispositivo sia sull'ambiente circostante.

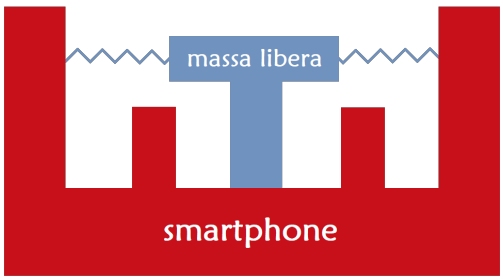
Il primo sensore che analizzeremo è l'**accelerometro** che permette di rilevare i movimenti del dispositivo nello spazio. In ogni dispositivo sono presenti tre accelerometri, uno per ogni asse x, y e z di modo tale da poter individuare qual è la direzione di spostamento del telefono. Le direzioni ed i versi (positivo e negativo) dei tre assi sono convenzionalmente quelli mostrati in figura di lato: di conseguenza, a seconda del verso, le accelerazioni misurate dal sensore saranno di segno positivo o negativo.

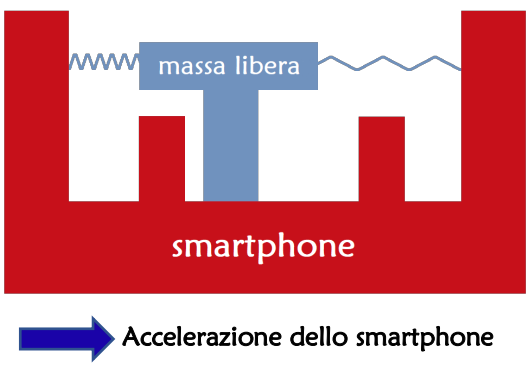


L'accelerometro rileva e misura sia l'*accelerazione statica* che interviene ad esempio quando ruotiamo il dispositivo appoggiandolo su di un piano, sia l'*accelerazione dinamica* che si manifesta ad esempio quando appoggiamo lo smartphone in una vettura che si sta muovendo.

Questo sensore viene utilizzato da molte applicazioni e giochi per poter ad esempio far muovere astronavi o pupazzetti ma anche per poter far ruotare la schermata ogniqualvolta si ruota il dispositivo, orientandolo verticalmente o orizzontalmente.

Il funzionamento dell'accelerometro si basa sulla rilevazione delle accelerazioni lungo i tre assi x, y e z nel modo seguente. Ogni accelerometro è costituito da un dispositivo simile a quello mostrato in figura: una massa libera collegata tramite delle molle alla parete esterna, fissa e solidale con il cellulare.





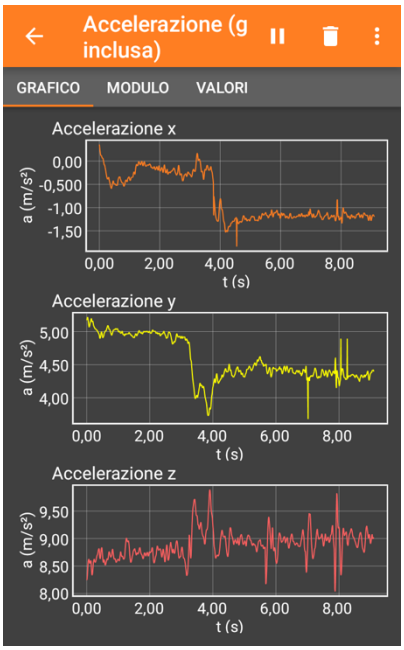
Quando muoviamo in una direzione il telefono, come nel caso mostrato in figura, supponiamo verso destra, la parte esterna si muove rispetto alla massa libera in tale direzione. Quest'ultima di conseguenza si muoverà nella direzione esattamente opposta andando a comprimere la molla di sinistra e ad allungare quella di destra.

L'avvicinamento della massa centrale ad una delle due strutture verticali nel disegno genera un segnale elettrico la cui intensità dipende dall'entità dello spostamento.

Sostanzialmente l'accelerometro misura la forza che è necessaria ad equilibrare l'accelerazione provocata dallo spostamento dello smartphone.

Sensori come l'accelerometro rilevano continuamente dati sul dispositivo per determinare diverse proprietà dello stesso nello spazio nel quale si trova.

Esistono applicazioni per Android e iOS come *Phyphox*, *Physics Toolbox* o *Sensor Kinetics* che forniscono informazioni sull'attività dei sensori presenti nel dispositivo: ad esempio si può vedere qual è l'accelerazione che l'accelerometro sta misurando in ciascuna delle tre direzioni.



Schermata dell'applicazione Phyphox

Ma queste app consentono anche di poter utilizzare componenti dei telefoni come ad esempio la fotocamera per effettuare altre tipologie di investigazioni come la rilevazione dell'intensità di luce che ne entra attraverso il diaframma.

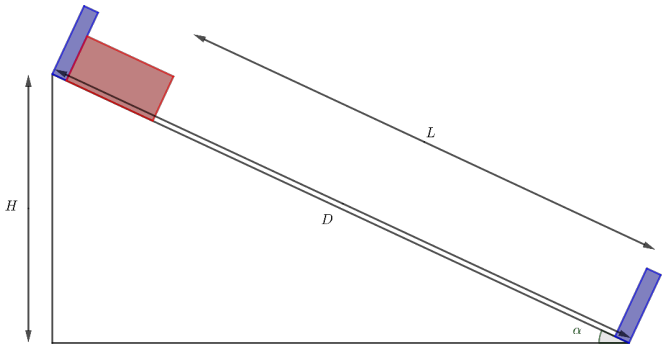
Quando si apre ad esempio una delle applicazioni precedenti e si sceglie di visualizzare l'attività dell'accelerometro, si ottengono tre grafici come quelli mostrati in figura. In ognuno di essi, sull'asse delle ascisse viene visualizzato il tempo che scorre mentre su quello delle ordinate l'accelerazione di cui il dispositivo risente nella direzione specifica.

Quando ad esempio si pone il dispositivo in posizione piana su di un tavolo, l'accelerometro lungo l'asse delle x e delle y riporta delle fluttuazioni intorno allo $0\ m/s^2$ mentre lungo l'asse delle z intorno ai $10\ m/s^2$ pari circa al valore dell'accelerazione di gravità.

Le fluttuazioni che sono riscontrabili nei grafici sono dovute alla natura stessa dell'accelerometro: una qualsiasi piccola inclinazione del piano di appoggio dello smartphone mettono in oscillazione le sensibili molle del sensore, anche quando la superficie appare essere perfettamente orizzontale, il che viene registrato come un'accelerazione in una specifica direzione.

Si può utilizzare questo sensore per poter determinare l'accelerazione di gravità a partire dal moto dello smartphone lungo un piano inclinato di cui si richiamano brevemente le caratteristiche.

Quando un corpo scivola lungo un piano inclinato, c'è una relazione che lega lo spazio percorso dal carrellino con il tempo impiegato, l'accelerazione di gravità g e l'angolazione del piano inclinato α.



Trascurando l'attrito, la relazione tra distanza e tempo (*legge oraria*) è data da:

$$s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}g \sin\alpha \, t^2$$

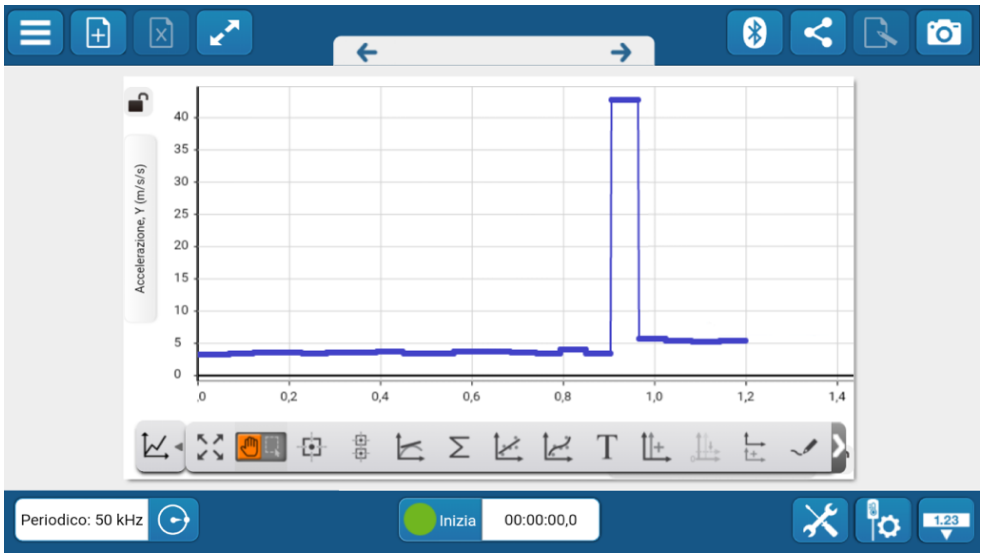
dove s è la distanza percorsa, a è l'accelerazione del corpo e $\sin\alpha$ una funzione dell'angolo α, legata alle caratteristiche geometriche del piano inclinato dalla relazione:

$$\sin\alpha = \frac{H}{D}$$

A partire quindi dalla misura dell'accelerazione dell'oggetto lungo il piano inclinato ricavata tramite l'accelerometro di uno smartphone si può ottenere una stima di quella di gravità come:

$$a = g\frac{H}{D} \longrightarrow g = a\frac{D}{H}$$

Con analoghe altre applicazioni come *SPARKvue* è possibile inoltre tracciare un grafico dell'andamento dell'accelerazione lungo l'asse y, la direzione lungo il piano inclinato:



Con questo grafico, oltre a poter verificare l'andamento costante dell'accelerazione lungo l'asse y, si può ricavare anche quanto tempo la parte anteriore del carrellino ha impiegato a percorrere l'intero tragitto.

Infatti non appena l'oggetto colpisce il respingente alla fine del tragitto, l'accelerazione subisce una crescita istantanea ben visualizzabile nel grafico. Importando quindi i dati dall'applicazione ed individuando l'istante temporale t_L nel quale si è verificato tale cambiamento, avendo misurato la lunghezza L percorsa dalla testa del carrellino, si può ricavare g come:

$$g = \frac{2L}{t_L^2} \cdot \frac{D}{H}$$