Nome Cognome	*Data*

Esperienza 3: smartphone e piano inclinato

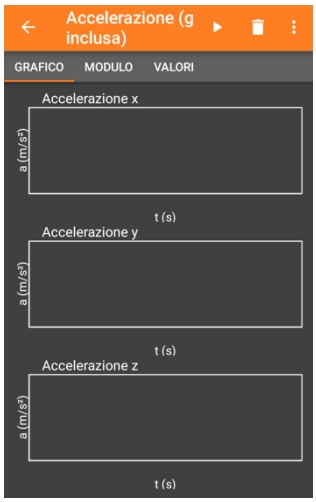
Materiali a disposizione:

piano inclinato con inclinazione α regolabile;
smartphone con installata l'applicazione *Phyphox* e *SPARKvue*;
metro;
goniometro;
computer.

Scopo dell'esperienza: utilizzare l'accelerometro dello smartphone per determinare l'accelerazione di cui risente il dispositivo in moto lungo un piano inclinato confrontandola con quella teorica per ricavare il modulo dell'accelerazione di gravità g.

1ª parte: l'accelerometro

Con l'esperienza di oggi vogliamo andare ad utilizzare il sensore di accelerazione dello smartphone per effettuare due diverse misure del modulo dell'accelerazione di gravità. Come prima operazione da effettuare dovrete scegliere il telefono di uno dei membri del gruppo ed installare dallo store gratuitamente l'applicazione *Phyphox* che ci servirà per la prima parte dell'esperienza.



Dovrete prendere conoscenza con l'accelerometro del dispositivo per determinare quali siano i versi positivi delle direzioni degli assi di riferimento.

A tale scopo utilizzerete l'applicazione *Phyphox* nella modalità ***Accelerazione (g inclusa)***: vi ritroverete con una schermata come quella mostrata in figura al lato.

Per avviare la rilevazione delle accelerazioni sul dispositivo occorre premere sul pulsante *Play* ▶.

Nella sezione *GRAFICO* viene mostrato l'andamento delle accelerazioni lungo i tre assi al variare del

tempo *t*; nella sezione *MODULO* viene visualizzato in un grafico l'andamento del modulo dell'accelerazione totale cui è soggetto lo smartphone al trascorrere del tempo; nella sezione *VALORI* viene mostrato il valore istantaneo del modulo dell'accelerazione lungo i tre assi e di quella totale.

Avviata quindi la presa dati, selezionate *VALORI*: provate a cambiare l'orientamento del telefono e noterete come variano i valori delle accelerazioni. Le direzioni degli assi *x*, *y* e *z* del cellulare sono quelle riportate in figura a lato: come prima operazione da svolgere dovrete determinare qual è l'asse *x*, quale l'asse *y* e quale l'asse *z* e, per ognuno di essi, qual è il verso positivo e negativo. **Trascrivetelo quindi nella figura** a lato, sulla punta delle frecce corrispondenti.



Il modo più rapido per poterlo fare è effettuare precise rotazioni dello smartphone ed andare a individuare qual è l'accelerazione che di volta in volta cambia il proprio segno. La direzione in cui punta lo smartphone in ognuna delle possibili situazioni indicherà il verso positivo/negativo dell'asse in questione.

- Tenete il dispositivo in posizione verticale ed osservate se i valori delle accelerazioni lungo *x*, *y* e *z* sono positive o negative. Capovolgete il telefono di 180° ed osservate nuovamente se i valori sono positivi o negativi.

  Qual è cambiato?

  ……..……..……..……..

- Tenete il dispositivo in posizione orizzontale con lo schermo rivolto verso di voi ed osservate se i valori delle accelerazioni lungo *x*, *y* e *z* sono positive o negative. Ruotate il telefono di 180° ed osservate nuovamente se i valori sono positivi o negativi.

  Qual è cambiato?

  ……..……..……..……..

- Tenete il dispositivo in posizione orizzontale con il display verso l'alto ed osservate se i valori delle accelerazioni lungo *x*, *y* e *z* sono positive o negative. Ruotate il telefono portando il display verso il basso ed osservate nuovamente se i valori sono positivi o negativi.

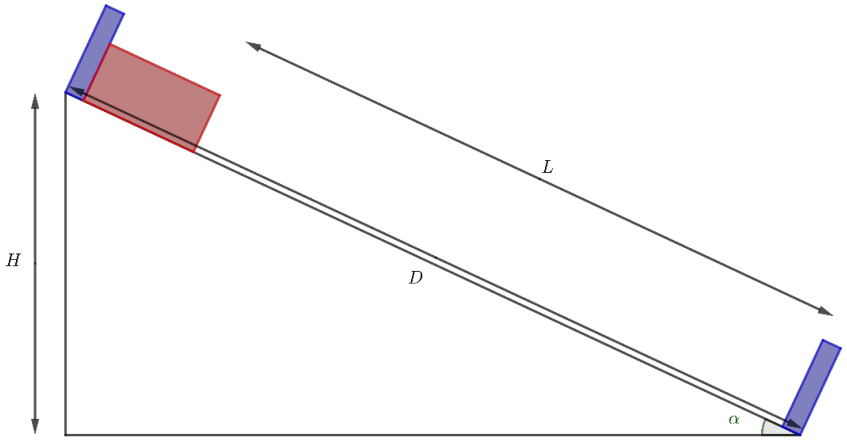
  Qual è cambiato?

  ……..……..……..……..

2ª parte: il piano inclinato

Una volta determinate quindi le direzioni ed i versi degli assi dell'accelerometro, possiamo utilizzare lo smartphone come un misuratore di accelerazione. In particolare sfrutteremo il moto del dispositivo lungo un piano inclinato per ricavare il valore dell'accelerazione di gravità.

Quando un corpo scivola lungo un piano inclinato, il moto avviene con un'accelerazione costante: trascurando l'attrito, la relazione tra la distanza percorsa dall'oggetto ed il 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:

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

L'accelerazione, che rimane costante durante tutto il tragitto, è pari a:

$$a = g \sin\alpha$$

Se quindi si riesce a determinare il valore dell'accelerazione di cui il corpo risente lungo il piano inclinato, una volta nota la geometria del sistema, si può stimare il modulo dell'accelerazione di gravità g come:

$$g = \frac{a}{\sin\alpha} = a \cdot \frac{D}{H}$$

L'accelerazione a lungo il piano inclinato verrà misurata utilizzando il vostro smartphone: il cellulare scelto nella 1ª parte verrà messo sopra ad un carrellino che farete scivolare lungo il piano inclinato la cui inclinazione sarà decisa da voi arbitrariamente.

In questa configurazione, misurate la geometria del sistema ovvero misurate l'altezza H del piano inclinato e la lunghezza totale D dello stesso, nonché l'angolo di elevazione α con le relative incertezze. Inserite anche l'unità di misura usata nello spazio tra parantesi e nel valore della misura.

	$D \pm \Delta D$ ( )	$H \pm \Delta H$ ( )	$\alpha \pm \Delta\alpha$ ( )
Valore della misura			

Una volta nota la geometria del sistema, posizionate il telefonino in cima al piano inclinato sopra al carrellino avendo cura di orientarlo con il display verso l'alto, con il verso positivo dell'asse *y* (che avrete ormai determinato) rivolto verso la fine del piano inclinato. Per verificare se avete posizionato correttamente lo smartphone, usate l'applicazione *Phyphox*: il valore dell'accelerazione lungo *y* dovrebbe risultare negativa.

In questa configurazione, misurate, facendo riferimento alla figura a pg. 3, la distanza L che l'estremità anteriore del carrellino percorrerà:

	$L \pm \Delta L$ ( )
Valore della misura	

La distanza L percorsa è necessaria conoscerla per avere un secondo modo per valutare l'accelerazione del corpo nel suo moto. Infatti, se chiamiamo t_L il tempo necessario alla parte inferiore del telefono a percorrere la distanza L, dalla legge oraria si ricava che:

$$L = \frac{1}{2} a t_L^2$$

Una volta nota perciò la distanza L ed una volta misurato il tempo t_L di percorrenza sarà possibile determinare l'accelerazione del corpo:

$$a = \frac{2L}{t_L^2}$$

3ª parte: presa dati

La terza parte dell'esperienza consiste nella presa dei dati ovvero:

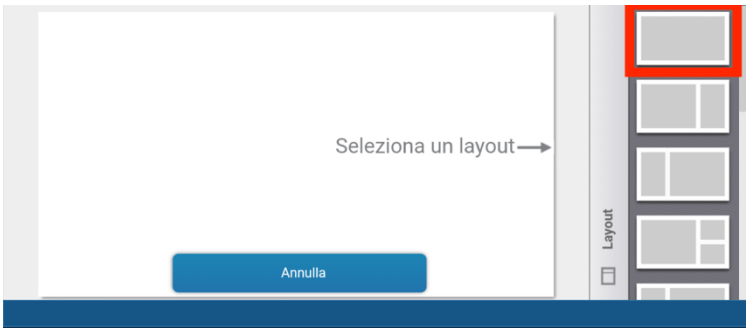
- misurare direttamente l'accelerazione del corpo lungo il piano inclinato per poi ricavare il modulo dell'accelerazione di gravità;
- cronometrare il tempo di percorrenza t_L.

Per entrambe le operazioni utilizzerete una seconda applicazione chiamata *SPARKvue*, scaricabile sempre gratuitamente dallo store. La schermata che si presenta all'avvio del programma è la seguente:

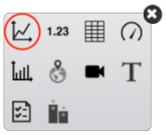


Dall'icona potete andare a regolare i sensori che vi serviranno nell'esperimento: cliccandoci spuntate i *Sensori di accelerazione integrati* Sensori di accelerazione integrati abilitando in questo modo l'applicazione ad usare l'accelerometro del vostro cellulare.

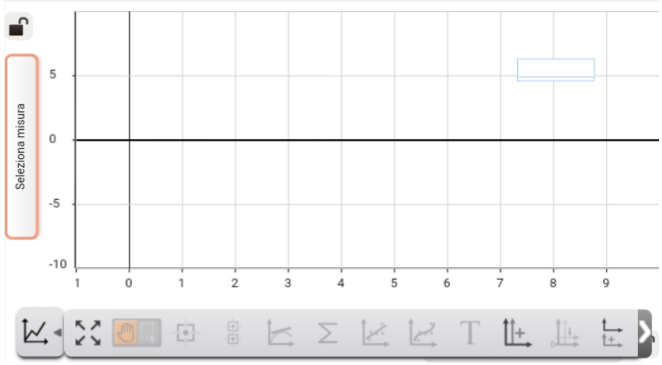
Per iniziare una nuova presa dati cliccate su e nella nuova finestra che vi compare selezionate la prima schermata vuota dell'immagine sottostante:



Dalla schermata che vi si apre cliccate sul *Grafico*:



Il grafico che vi si presenta ha nell'asse delle ascisse predisposto il tempo *t* misurato in secondi al contrario dell'asse delle ordinate: cliccando su *Seleziona misura* vi si aprirà sulla destra un Menù a tendina dal quale potrete selezionare i diversi sensori che l'applicazione può utilizzare per effettuare una presa dati. Nel caso specifico quel che ci interessa è rilevare l'accelerazione lungo l'asse *y*. Perciò cliccate sul corrispondente sensore.



L'ultima impostazione che rimane da settare riguarda il tempo di campionamento dei dati: sulla sinistra in basso cliccate sul seguente pulsante Periodico: 1 kHz ed impostate la *Frequenza di campionamento* a 1 kHz. Ciò consentirà all'applicazione di campionare un dato ogni 0,001 secondi.

A questo punto mettete lo smartphone in cima al piano inclinato come precedentemente descritto.

Prima di iniziare la presa dati assicuratevi di resettare il sensore di accelerazione: cliccando sull'icona 1.23, in basso a sinistra sotto al grafico vi comparirà la seguente icona: Accelerazione, Y 1,1 m/s/s.

Dal menù a tendina cliccate su *Azzera sensore ora*.

Ora siete pronti ad avviare la raccolta dei dati premendo su *Inizia*.

Una volta che il carrellino ha raggiunto il bersaglio fermate il campionamento: esportate i dati ottenuti e l'immagine del grafico sul computer, cliccando sull'icona di condivisione e selezionando

Condividi i dati e *Condividi pagina corrente*.

Aprendo il file dal computer con Excel visualizzerete una serie di dati che vi indicano nell'ordine: data ed ora della raccolta, il tempo trascorso dall'inizio della raccolta, il modulo dell'accelerazione lungo x ad ogni tempo, il modulo dell'accelerazione lungo y ad ogni tempo, il modulo dell'accelerazione lungo z ad ogni tempo e il modulo dell'accelerazione totale ad ogni tempo.

Da questi dati possiamo ricavare due informazioni importanti:

- l'accelerazione lungo l'asse delle y ovvero l'accelerazione di cui risente lo smartphone durante il suo moto;
- il tempo t_L impiegato dal dispositivo a percorrere il tragitto L

Partendo dal grafico ottenuto durante la presa dei dati, cercate di determinare il tempo t_L individuando il momento nel quale l'accelerazione lungo y non rimane più costante ma aumenta: quell'istante corrisponde al momento nel quale il dispositivo urta contro il respingente posto alla fine del percorso.

Dal file del computer individuate il tempo t_L con maggior precisione, andando a leggere sulla corrispondente colonna dell'accelerazione lungo y il momento della variazione di accelerazione:

	$t_L \pm \Delta t_L$ ( )
Valore della misura	

Cancellate perciò tutti i dati che non vi interessano, ovvero tutti i valori di tempi ed accelerazioni maggiori di quelle al tempo t_L e le accelerazioni lungo gli altri assi: una volta ripuliti i dati, avrete solo i tempi e le accelerazioni lungo y durante tutto il moto lungo il piano inclinato.

A partire dai dati delle accelerazioni, analizzateli utilizzando le funzioni statistiche di Excel:

- con la funzione MEDIA() ottenete il valore medio $\bar{a}$ dell'accelerazione del telefono lungo il piano inclinato.

  Domanda 1: *Come si calcola il valore medio? Scrivete la formula spiegandola:*

  ……
  ……

- con la funzione DEV.ST() calcolate la deviazione standard σ della distribuzione. Per ottenere la deviazione standard della media $s_{\bar{a}}$ ricordatevi di dividere il risultato per $\sqrt{N}$ dove N è il numero totale delle vostre misure.

  Domanda 2: *Quale funzione di Excel vi consente di determinare il numero totale di elementi all'interno di una selezione?*

  ……

In conclusione l'accelerazione media dello smartphone lungo il piano inclinato vale:

	$\bar{a} \pm s_{\bar{a}}$ ( )
Valore della misura	

A partire quindi dall'accelerazione lungo il piano inclinato, ricordando che:

$$\bar{a} = g \sin \alpha = g \frac{H}{D}$$

determinate il modulo dell'accelerazione di gravità con la relativa incertezza:

	$g \pm \Delta g$ ( )
Valore della misura	

Domanda 3: *Come avete calcolato l'incertezza sul valore di g?*

……

La seconda stima del modulo dell'accelerazione di gravità la ricaverete a partire dal tempo di percorrenza t_L del carrellino lungo il piano inclinato. In questo tempo, la parte anteriore dell'oggetto percorre la distanza L e quindi:

$$L = \frac{1}{2} a t_L^2 = \frac{1}{2} g \sin \alpha \, t_L^2 = \frac{1}{2} g \left(\frac{H}{D}\right) t_L^2$$

da cui, essendo noti L, H, D e t_L si può ricavare g come:

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

Trascrivete il risultato della misura con la relativa incertezza:

	$g \pm \Delta g$ ( )
Valore della misura	

Domanda 4: *Come avete calcolato l'incertezza sul valore di g?*

……

Domanda 5: *Utilizzando l'errore relativo, confrontate le due misure: quale risulta più precisa?*

……

Secondo voi perché?

……