STANISLAO CANNIZZARO
Liceo Scientifico - ROMA

ROMA TRE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

Nome Cognome	*Data*

Esperienza 4: smartphone e moto parabolico

Materiali a disposizione:

smartphone;
carta millimetrata;
computer;
palla;
metro.

Scopo dell'esperienza: utilizzare uno smartphone per ricavare il modulo dell'accelerazione di gravità g analizzando un moto parabolico prestando attenzione alla calibrazione della scala dei tempi, scegliendo un adeguato sistema di riferimento.

1ª parte: il moto parabolico

Il moto parabolico è un esempio di moto nel piano: infatti può essere ottenuto dalla combinazione di due moti che avvengono in due direzioni, una concorde con la direzione dell'accelerazione di gravità (asse delle ordinate) ed una perpendicolare a questa (asse delle ascisse).

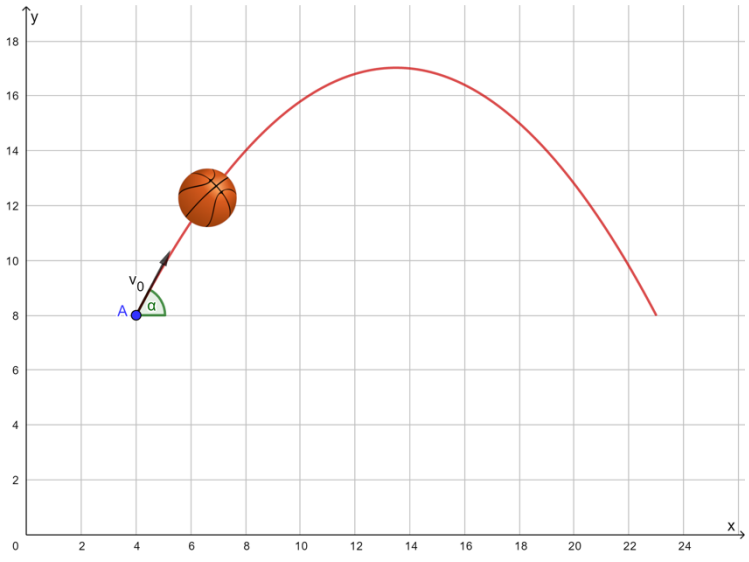


Figura 1

In particolare il moto lungo l'asse delle ascisse è *rettilineo uniforme* in quanto non è soggetto ad alcuna accelerazione mentre quello lungo l'asse delle ordinate è *uniformemente accelerato* svolgendosi in presenza di un campo di accelerazione che è quello della gravità.

Dette $x(t)$ ed $y(t)$ rispettivamente la distanza rispetto ad un punto *O*, origine del sistema di riferimento scelto, coperta da un punto materiale al tempo *t*, si ha:

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t \\ y(t) = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

Dove x_0 ed y_0 indicano le coordinate del punto di partenza del punto materiale (che possono essere messe a 0 se si sceglie il punto $(x_0; y_0)$ come origine *O* del sistema di riferimento) mentre v_{0x} e v_{0y} sono le velocità iniziali del punto materiale lungo l'asse x ed y.

La velocità del punto materiale in funzione del tempo è invece:

$$\begin{cases} v_x(t) = v_{0x} \\ v_y(t) = v_{0y} - gt \end{cases}$$

In riferimento alla figura precedente il punto A è il punto $(x_0; y_0)$ e le velocità iniziali sono date da:

$$\begin{cases} v_{0x} = v_0 \cos\alpha \\ v_{0y} = v_0 \sin\alpha \end{cases}$$

A partire dalle equazioni del moto per le due direzioni, si può ottenere l'*equazione della traiettoria* ovvero l'insieme delle posizioni occupate dal punto nel suo moto:

$$y(x) = y_0 + \frac{v_{oy}}{v_{ox}}(x - x_0) - \frac{1}{2}\frac{g}{v_{0x}}(x - x_0)^2$$

Questa curva rappresenta una **parabola** nel piano x, y le cui due intersezioni con l'asse delle x rappresentano il punto di partenza del corpo ed il punto di arrivo alla fine del moto.

2ª parte: settaggio

In quest'esperienza vogliamo andare ad eseguire una misura dell'accelerazione di gravità sfruttando il moto parabolico di un oggetto, usando lo smartphone: in particolare eseguirete scatti in sequenza di un oggetto che due membri del gruppo si lanceranno.

Per poter determinare le posizioni che il punto materiale occupa nei vari istanti di tempo è necessario scegliere e determinare un sistema di riferimento ossia una griglia di riferimento come quella mostrata nella Figura 1 che faccia da sfondo mentre eseguite il lancio. In questo modo sarete in grado, una volta analizzati gli scatti, di determinare la distanza dall'oggetto rispetto all'origine ad i vari istanti di tempo. Un esempio può essere un muro quadrettato per quanto riguarda l'asse delle y e delle piastrelle sul pavimento per quanto riguarda l'asse x.

Stabilito un sistema di riferimento misurate con il metro la lunghezza dell'unità nelle due direzioni e riportate i valori nella seguente tabella scrivendo le opportune unità di misura:

	Asse x	Asse y
Unità		

Predisposta la configurazione spaziale passate ad impostare quella temporale: utilizzate la modalità in *scatti in sequenza* effettuando delle prove per determinare ogni quanto il dispositivo scatta una foto. Ad esempio potete effettuare 10 scatti e misurare con il cronometro di un altro cellulare quanto impiega ad effettuarli: detto T il tempo misurato, l'intervallo temporale tra due scatti successivi sarà $\Delta t = T/10$.

Trascrivete quanto vale il vostro intervallo temporale accompagnandolo dalla relativa incertezza:

$$\Delta t = \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

3ª parte: esperienza

Due membri del gruppo si dispongano uno di fronte all'altro avendo cura di mettersi difronte alla griglia scelta come sistema di riferimento. Un terzo componente del gruppo invece si occuperà di scattare le foto inquadrando la griglia e le persone.

La presa dati consiste nel fotografare con scatti in sequenza i due membri del gruppo che si lanciano l'oggetto scelto facendogli percorrere una traiettoria parabolica.

La misura dell'accelerazione di gravità può esser fatta considerando l'istante t_{MAX} nel quale il corpo si trova nel punto più alto y_{MAX} della sua traiettoria come mostrato in Fig. 2: in tale momento infatti la velocità lungo l'asse y è nulla e di conseguenza si può ricavare il modulo della velocità iniziale dell'oggetto come:

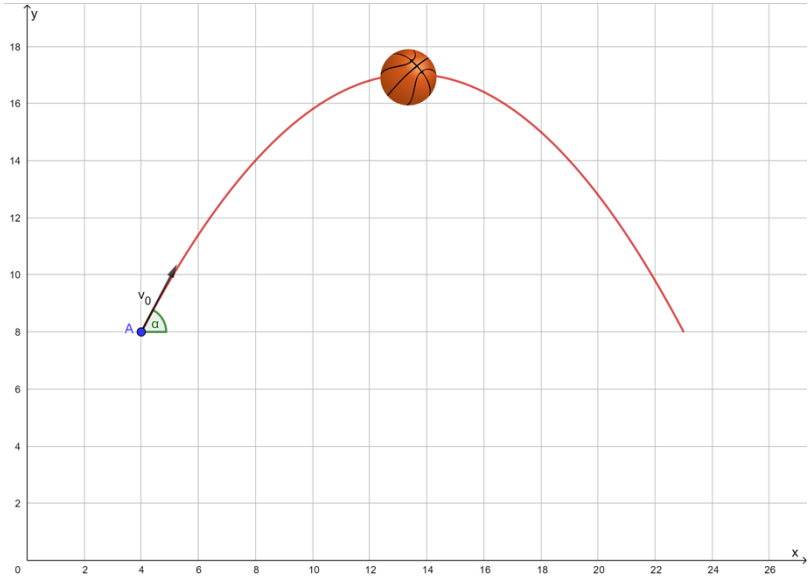


Figura 2

$$v_{0y} = g t_{MAX}$$

Allora riprendendo l'equazione del moto per l'asse y si ha che, sostituendo a v_{0y} la precedente relazione:

$$y_{MAX} = y_0 + \frac{1}{2} g t_{MAX}^2$$

Da cui si può ricavare che il modulo dell'accelerazione di gravità è:

$$g = 2 \cdot \frac{y_{MAX} - y_0}{t_{MAX}^2}$$

A partire dall'immagine, scegliendo come origine del vostro sistema di riferimento il punto di partenza dell'oggetto in modo tale che $x_0 = 0$ ed $y_0 = 0$, ricavate:

- il tempo t_{MAX} a partire dal numero del fotogramma nella sequenza e moltiplicando per il vostro intervallo temporale Δt;
- l'altezza y_{MAX} convertendo le unità che leggete sullo sfondo in metri;
- la distanza $x(t_{MAX})$ percorsa dall'oggetto lungo l'asse delle ascisse nel tempo t_{MAX} come effettuato per il punto precedente.

t_{MAX} (s)	y_{MAX} (m)	$x(t_{MAX})$ (m)

In questo modo potrete stimare l'accelerazione di gravità come:

$$g = 2 \cdot \frac{y_{MAX}}{t_{MAX}^2}$$

Domanda 1: *Determinate l'incertezza sulla misura di g:*

……

La misura del modulo dell'accelerazione di gravità vale dunque:

$$g = \text{.....}$$

Infine si possono stimare anche la velocità iniziale del corpo lungo entrambe le direzioni. Tenendo presente infatti che in corrispondenza di $t = t_{MAX}$ si ha che $v_{0y} = g t_{MAX}$, come scritto precedentemente, allora:

$$v_{0y} = \text{.....}$$

Per quanto riguarda la velocità iniziale lungo l'asse delle x, tenendo presente la legge del moto, si ha che $x(t_{MAX}) = v_{0x} t_{MAX}$ da cui:

$$v_{0x} = \frac{x(t_{MAX})}{t_{MAX}}$$

Ricordandovi di propagare l'incertezza anche in questo caso, il valore della velocità iniziale lungo l'asse x vale:

$$v_{0x} = \text{.....}$$

Siete quindi in possesso di tutti gli elementi che descrivono la dinamica iniziale del moto (ovvero le velocità iniziali): potete quindi fare previsioni sulla dinamica futura del moto. Ad esempio a partire dalle equazioni del moto determinate quanto tempo impiega a percorrere l'intera traiettoria, ossia il

tempo di volo t_{volo}, descrivendo come avete fatto nelle seguenti righe.

Confrontate poi il vostro risultato con quello che potete ottenere andando ad analizzare l'immagine nella quale il corpo ha concluso il suo moto e stimando quanto tempo è trascorso da quando è partito:

…..……..…

…..……..…

…..……..…

…..……..…

	Teorico	**Foto**
t_{volo} (s)		

Infine a partire dai vostri dati scrivete l'equazione della traiettoria e rappresentatela graficamente su un foglio di carta millimetrata:

$$y(x) =$$