

# Piano inclinato

Francesco Sacco, Francesco Tarantelli e Giovanni Sucameli

27 Novembre 2016

## 1 Scopo dell'esperienza

Lo scopo dell'esperienza è quello di studiare il moto di una sferetta su di un piano inclinato.

## 2 Cenni teorici

Dalle equazioni della dinamica si ricava che l'accelerazione del centro di massa della sfera lungo il piano inclinato vale

$$a = \frac{5}{9}g\sin(\alpha), \quad (1)$$

dove  $\alpha$  è l'angolo di inclinazione della guida. Dalle leggi della cinematica si ricava la legge oraria che descrive il moto del centro di massa (con velocità iniziale nulla e spazio percorso all'istante iniziale anch'esso nullo):

$$s(t) = \frac{1}{2}at^2 = \frac{5}{18}g\sin(\alpha)t^2 \quad (2)$$

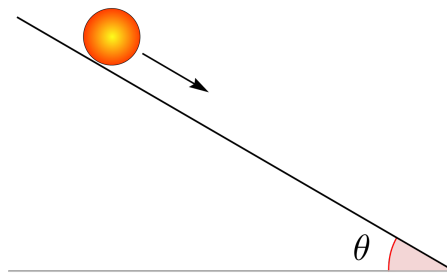


Figure 1: Sfera che rotola su un piano inclinato

## 3 Apparato sperimentale e strumenti

### 3.1 Apparato sperimentale

Abbiamo a disposizione una guida con un profilo "a V" di cui è possibile regolare l'angolo di inclinazione attraverso degli appositi supporti regolabili. Le due fotocellule vengono disposte a diverse distanze lungo la guida ad altezza tale che al passaggio della pallina si accenda la luce rossa che ne indica il passaggio.

### 3.2 Strumenti e materiale a disposizione

- Un profilo metallico "a V".
- Tre sferette di massa diversa.
- Calcolatore con programma di acquisizione.
- Due traguardi ottici collegati al calcolatore (con una risoluzione di  $10^{-6}$  secondi).
- Metro a nastro (risoluzione 1 mm).
- Calibro ventesimale (risoluzione 0.05 mm )
- Livella elettronica (risoluzione  $0.01^\circ$  gradi sessagesimali).

## 4 Descrizione delle misure

Per prima cosa abbiamo stimato l'angolo di inclinazione del piano. Abbiamo effettuato le misure con la livella elettronica partendo da un'estremità e spostandola di circa 30 - 40 cm ad ogni misurazione, poiché la sbarra presentava delle deformazioni. Abbiamo preso il valor medio delle misure come valore centrale e la semidispersione come incertezza.

Le misure dei tempi sono state effettuate avendo cura di far partire da ferma la sfera e il più vicino possibile alla fotocellula del primo traguardo ottico ( per far ciò abbiamo bloccato la sferetta con una piastrina di plastica che poi abbiamo rimosso velocemente ed accuratamente in direzione perpendicolare alla guida) per ridurre al minimo possibili errori sistematici dovuti alla velocità iniziale. Abbiamo raccolto i dati del calcolatore ed effettuato media e deviazione standard della media per ottenere rispettivamente valore centrale e incertezza della misura.

Nelle tabelle sottostanti sono raccolte le misure effettuate.

#### 4.1 Tempi in funzione della distanza tra le due fotocellule

$l_1 = 115.9 \pm 0.1 \text{ cm}$	$l_2 = 69.5 \pm 0.1 \text{ cm}$	$l_3 = 58.5 \pm 0.1 \text{ cm}$
$3,918188 \pm 0.000001 \text{ s}$	$2,929292 \pm 0.000001 \text{ s}$	$2.617168 \pm 0.000001 \text{ s}$
3,922968	2.870240	2.581416
3,937452	2.855972	2.571940
3,920572	2.847956	2.590868
3,969420	2.878348	2.576096
3,934120		

$l_4 = 31.5 \pm 0.1 \text{ cm}$	$l_5 = 13.8 \pm 0.1 \text{ cm}$
$1.792400 \pm 0.000001 \text{ s}$	$1.0475 \pm 0.000001 \text{ s}$
1.800360	1.0454
1.756248	1.0450
1.727764	1.0378
1.776672	1.0452

#### 4.2 Misure di angoli di inclinazione in vari punti della guida metallica

$2.01^\circ \pm 0.01^\circ$	$1.94^\circ \pm 0.01^\circ$	$1.79^\circ \pm 0.01^\circ$	$1.82^\circ \pm 0.01^\circ$
$1.87^\circ \pm 0.01^\circ$	$1.86^\circ \pm 0.01^\circ$	$1.92^\circ \pm 0.01^\circ$	

#### 4.3 Dati finali con le incertezze associate

$l_1 = 115.9 \pm 0.1 \text{ cm}$	$l_2 = 69.5 \pm 0.1 \text{ cm}$	$l_3 = 58.5 \pm 0.1 \text{ cm}$
$3.933 \pm 0.009 \text{ s}$	$2.876 \pm 0.016 \text{ s}$	$2.587 \pm 0.009 \text{ s}$

$l_4 = 31.5 \pm 0.1 \text{ cm}$	$l_5 = 13.8 \pm 0.1 \text{ cm}$	angolo inclinazione guida
$1.771 \pm 0.015 \text{ s}$	$1.044 \pm 0.002 \text{ s}$	$1.89 \pm 0.11^\circ$

### 5 Analisi dei dati

Tramite fit grafico dei quadrati dei tempi con le relative distanze (per evidenziare il comportamento lineare e dunque poter effettuare un fit grafico) abbiamo ottenuto il coefficiente angolare (la semisomma dei coefficienti angolari della retta con minor e maggior pendenza che intercettano i dati sperimentali

come valore centrale e la loro semidispersione come errore) dell'equazione del moto e dunque la relativa accelerazione. Propagando opportunamente gli errori otteniamo per l'accelerazione il valore :  $1.54 \cdot 10^{-1} \pm 0.14 \frac{m}{s^2}$ . Allo stesso modo su carta bilogaritmica abbiamo stimato l'indice di potenza della legge del moto e propagando opportunamente gli errori otteniamo :  $1.69 \pm 0.12$ .

## 6 Conclusioni

I dati dell'esperienza non sono in completo accordo con la teoria. Il valore teorico dell'accelerazione è infatti  $\frac{5}{9}g \sin(1.89^\circ) = 1.80 \cdot 10^{-1} \pm 0.01 \frac{m}{s^2}$ . Bisogna considerare l'errore influente dell'angolo (l'errore associato all'angolo è dell'ordine del 5%) sul risultato dell'esperienza rispetto agli altri errori che sono relativamente molto piccoli (tempi e distanze hanno errori relativi minori dell'1%). La guida metallica è infatti non perfettamente orizzontale e ciò ha influito sull'esito dell'esperienza. Lo stesso coefficiente angolare della retta ha un errore molto grande (dovuto probabilmente al fatto che la sfera aveva una piccola velocità iniziale difficile da individuare e sottrarre ai dati) e il range dei valori non rientra completamente nel valore teorico 2.