

## Esperienza 7.2: Misurare oggetti in movimento

### Analisi del moto di scivolamento lungo un piano inclinato

Il moto compiuto da un corpo che scivola lungo un piano inclinato è un moto rettilineo accelerato uniforme. Nel nostro caso il corpo, ossia il blocco di legno, parte fermo, con velocità iniziale pari a zero. Il suo moto, dunque, è descritto dalle seguenti formule:

$$\begin{aligned}d &= \frac{1}{2}a(t - t_0)^2 \\v &= a(t - t_0)\end{aligned}$$

dove  $d$  indica la distanza del blocco di legno dal sensore, che rappresenta il punto di partenza del moto,  $v$  e  $a$  sono rispettivamente la velocità e l'accelerazione del blocco di legno,  $t$  è il tempo registrato durante lo scivolamento e  $t_0$  è il tempo di partenza del moto. È necessario prendere il tempo  $t_0 \neq 0$  per ragioni di funzionamento dello script, come poi si capirà meglio.

In questo esperimento dovrete dare una stima sperimentale dell'andamento che seguono i dati relativi alla **distanza**  $d$ , la **velocità**  $v$  e l'**accelerazione**  $a$ .

Vanno tenuti ben a mente i risultati ottenuti dall'esperienza precedente, quella della scheda *Esperienza 7.1: Misurare variazioni*. Per poter calcolare il valore teorico dell'accelerazione tenendo conto dell'attrito del materiale su cui viene fatto scivolare l'oggetto, vanno eseguiti i calcoli tenendo conto delle forze in gioco. La formula teorica dell'accelerazione è la seguente:

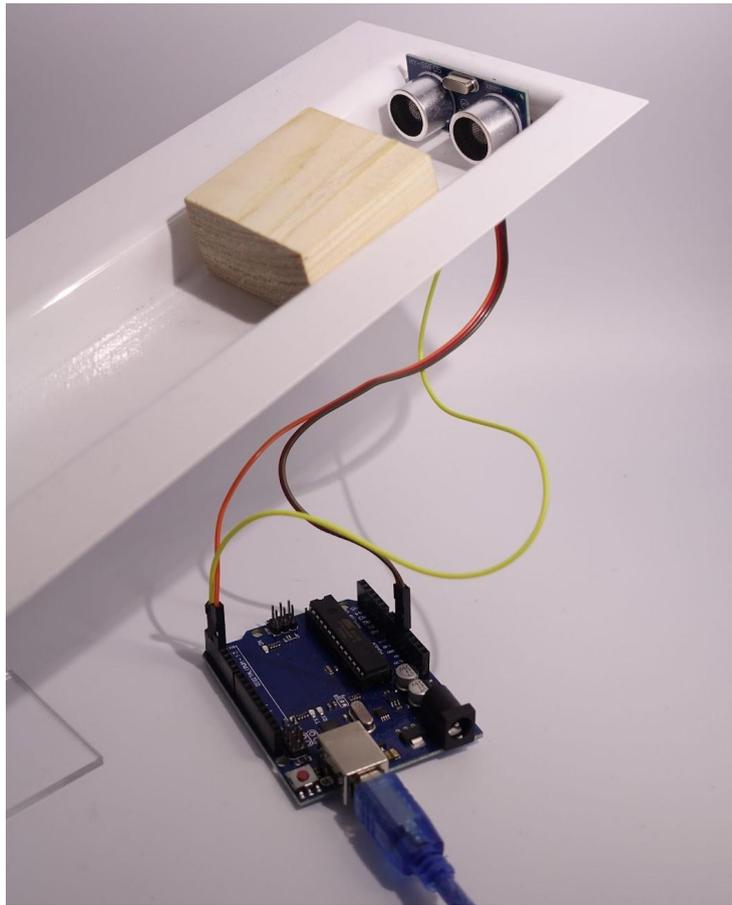
$$a = g(\sin \beta - \mu \cos \beta)$$

dove  $\mu$  è il coefficiente di attrito del materiale,  $\beta$  è l'angolo di inclinazione del piano di scivolamento e  $g$  l'accelerazione di gravità, che vale  $9.81 \text{ m/s}^2$ .

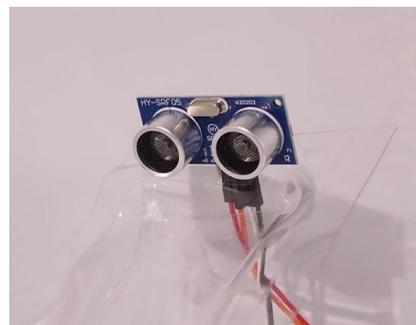
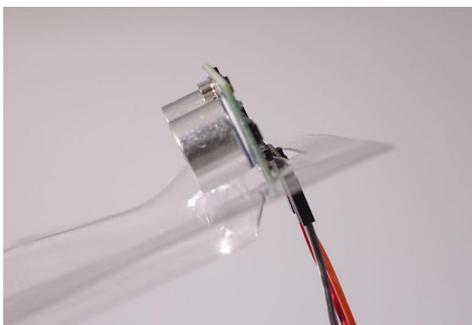
#### Materiale:

- sensore di distanza
- Arduino Uno
- cavo di collegamento tra il computer e Arduino
- cavi jumper MF
- breadboard
- piano inclinato
- supporto in plexiglass per piano inclinato
- blocco di legno

## Preparazione del setup sperimentale



1. Montare il circuito per il funzionamento del sensore a ultrasuoni utilizzando i cavi MF seguendo le indicazioni della scheda *Guida rapida al microprocessore Arduino*.
2. Montare il piano inclinato con il suo supporto in modo tale che l'oggetto scivoli facilmente lungo il piano e venga misurato facilmente dal sensore. Per questo esperimento consigliamo di decidere l'inclinazione a cui porre il piano inclinato assieme a tutta la classe. Tenete conto della velocità di risposta del sensore a ultrasuoni e delle caratteristiche del piano inclinato imparate nella scheda 7.1.
3. Incastrare nell'estremità superiore del piano i cavi e il sensore tramite il foro apposito, come mostrato in figura.



4. Per questo esperimento consigliamo l'utilizzo del programma *Dist\_tantemedie\_moto.ino*.

## Esecuzione dell'esperimento

Una volta preparato tutto il materiale necessario va aperto il monitor seriale, dopo aver avviato il programma sull'IDE di Arduino, e va fatto cadere l'oggetto lungo il piano inclinato. A schermo verrà mostrata la distanza a cui si trova l'oggetto e il tempo a cui è stata fatta la misura.

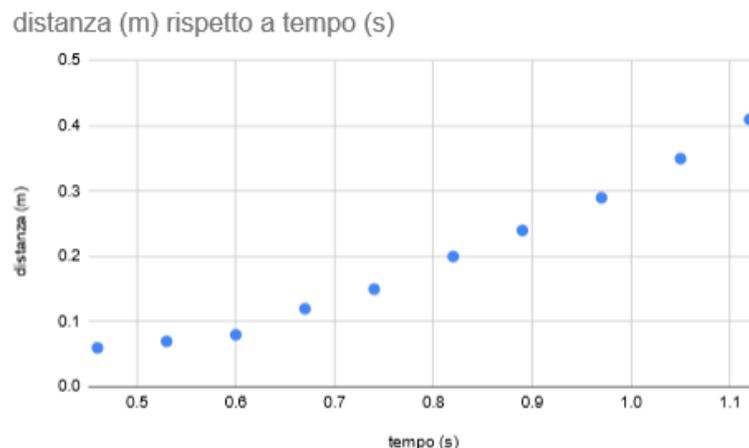
Ricordatevi di salvare i valori di distanza e tempo misurati su un foglio Excel o un foglio Google; per poter confrontare i dati tra gruppi diversi va utilizzato il metodo che è stato stabilito dalla classe nella scheda *Esperienza 2: Taratura* e il programma da voi modificato oppure si consiglia l'utilizzo dello script dal titolo *Dist\_tantemedie\_moto.ino*.

**Suggerimento:** Cercando di fare tesoro delle tecniche apprese dalle esperienze precedenti e calandovi nei panni del ricercatore, cercate di realizzare un esperimento il più accurato possibile, prestando molta attenzione a non variare le condizioni esterne, a non intralciare il campo di vista del sensore e a ridurre il più possibile i fattori di disturbo esterni, o quantomeno di tenerne conto. Questo vi servirà soprattutto per raccogliere i dati in maniera comprensibile agli altri gruppi, in modo da poterli poi confrontare con loro. Assicuratevi inoltre che il blocco di legno venga facilmente rilevato dal sensore.

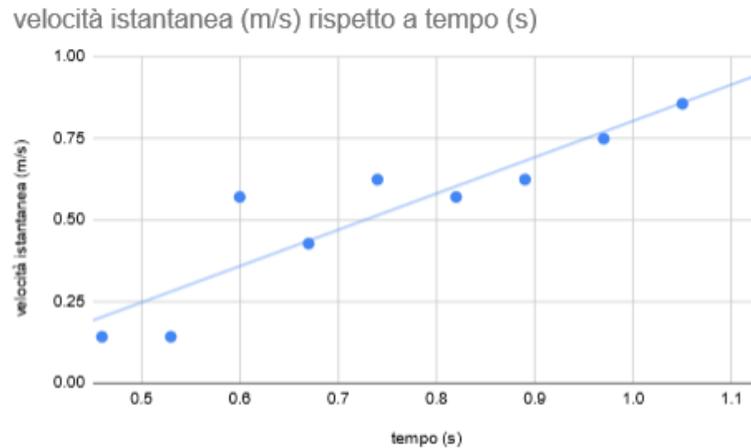
## Analisi dei dati

Dopo aver raccolto i dati di distanza  $d$  e di tempo  $t$  e averli scritti ordinatamente dentro una tabella, come nella figura precedente, si può procedere con la creazione di un **grafico**. Il grafico avrà lungo l'asse delle ascisse il tempo espresso in secondi e lungo l'asse delle ordinate la distanza a cui si trovava l'oggetto in quel momento.

Mettere i dati in un grafico ci permette di visualizzare a colpo d'occhio la relazione presente tra le diverse grandezze misurate, cosa che leggendo soltanto i numeri misurati è di difficile interpretazione.



Per creare il grafico è possibile sfruttare le impostazioni predefinite dei fogli Google (o di un foglio Excel). Si consiglia di realizzare un grafico a punti sparsi.



Da questi dati è possibile ricavare la velocità istantanea dell'oggetto. Se chiamiamo  $d_i$  la distanza misurata a un certo tempo  $t_i$ , e  $d_{i+1}$  la distanza misurata al tempo immediatamente successivo  $t_{i+1}$ , allora la velocità  $v_i$  del blocco di legno all'istante  $t_i$  può essere stimata mediante la seguente formula:

$$v_i = \frac{x_{i+1} - x_i}{t_{i+1} - t_i}$$

Per ogni istante di tempo (escluso quello finale), la velocità istantanea del blocco di legno è dunque facilmente calcolabile sfruttando le formule di calcolo presenti nel tipo di foglio utilizzato.

un ragionamento analogo si può effettuare per calcolare l'accelerazione istantanea, che al tempo  $t_i$  si potrà stimare come:

$$a_i = \frac{v_{i+1} - v_i}{t_{i+1} - t_i}$$

Facendo una media tra tutte le accelerazioni istantanee ottenute, si può ricavare un valore dell'accelerazione complessiva di tutto l'esperimento.

## Spunti di riflessione

- Qual è il minimo numero di punti necessari affinché i grafici mostrino un moto ben definito?
- Qual è l'andamento teorico del grafico distanza-tempo del moto uniformemente accelerato? Il grafico distanza-tempo ottenuto sperimentalmente segue questo andamento?
- Qual è l'andamento teorico del grafico velocità-tempo del moto uniformemente accelerato? Il grafico velocità-tempo ottenuto sperimentalmente segue questo andamento?

- D. Si riesce a dare una stima dell'accelerazione? Quanto si discosta da quella calcolata con la formula teorica, tenendo conto dell'attrito calcolato nell'esperienza precedente? Quali sono i problemi maggiori riscontrati con questo tipo di calcolo?

### **Approfondimento**

- I. Provate a ripetere l'esperimento stavolta utilizzando anche il sensore di temperatura per migliorare le capacità del sensore a ultrasuoni.  
**Nota:** Questo potrebbe rallentare le capacità di calcolo di Arduino.