

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:

$$d = \frac{1}{2} a (t - t_0)^2$$

$$v = a (t - t_0)$$

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 .

La formula teorica dell'accelerazione è la seguente:

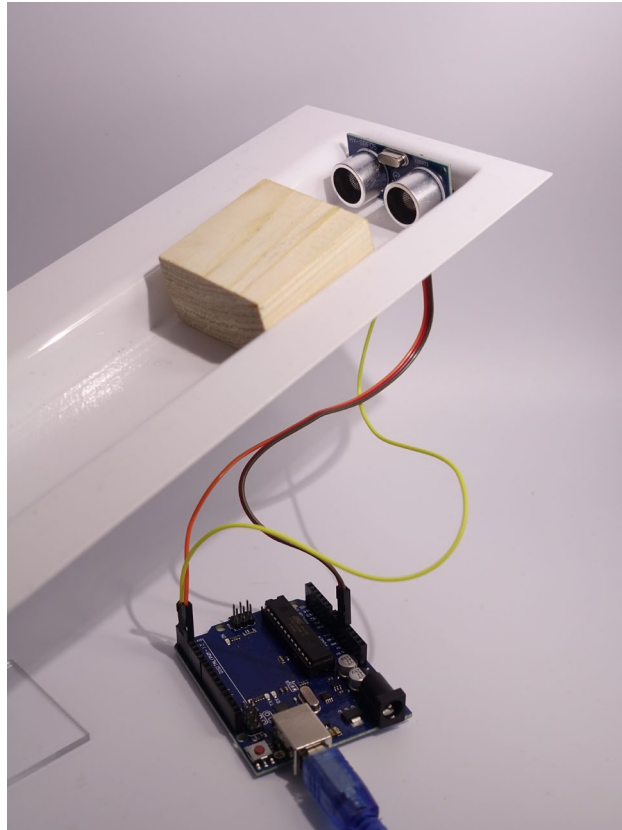
$$a = g(\sin\beta - \mu_D \cos\beta)$$

dove μ_D è il coefficiente di attrito dinamico del materiale, β è l'angolo di inclinazione del piano di scivolamento e g l'accelerazione di gravità, che vale 9.81 m/s^2 .

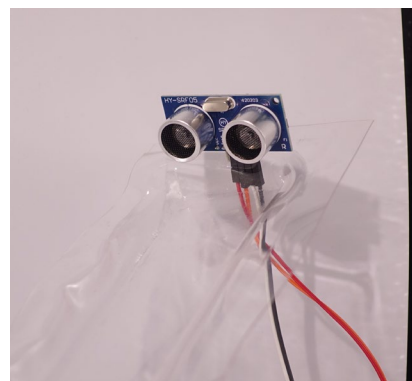
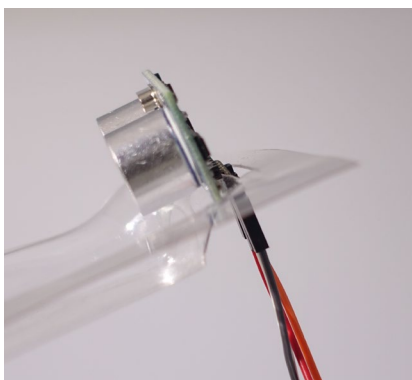
Materiale:

- 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. Si consiglia l'utilizzo dello script dal titolo *Dist_tantemedie_moto.ino*.

Suggerimento:

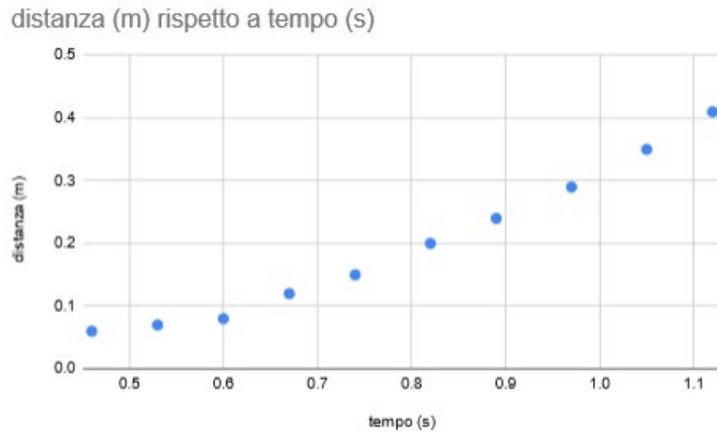
Cercando di fare tesoro delle tecniche apprese dalle esperienze precedenti e calandovi nei panni del ricercatore, cercate di realizzare un esperimento il più accurato possibile, prestando molta attenzione a non variare le condizioni esterne, a non intralciare il campo di vista del sensore e a ridurre 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

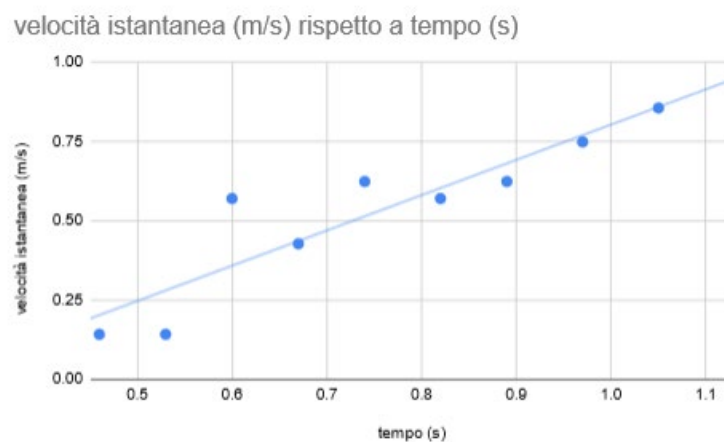
tempo (s)	distanza (m)	velocità istantanea (m/s)
0.46	0.06	0.14
0.53	0.07	0.14
0.6	0.08	0.57
0.67	0.12	0.43
0.74	0.15	0.63
0.82	0.2	0.57
0.89	0.24	0.63
0.97	0.29	0.75
1.05	0.35	0.86
1.12	0.41	0.37

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

- A. Qual è il minimo numero di punti necessari affinché i grafici mostrino un moto ben definito?
- B. Qual è l'andamento teorico del grafico distanza-tempo del moto uniformemente accelerato? Il grafico distanza-tempo ottenuto sperimentalmente segue questo andamento?
- C. 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? 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.
- II. Provate a calcolare il coefficiente di attrito dinamico dei vari materiali a disposizione usando l'accelerazione stimata con questo esperimento utilizzando la formula seguente:

$$\mu_D = \operatorname{tg}\beta - \frac{a}{g \cos\beta}$$

dove **a** è l'accelerazione media stimata nell'esperimento, **β** è l'angolo di inclinazione del piano di scivolamento e **g** l'accelerazione di gravità, che vale **9.81 m/s²**.