

Esercitazione in Laboratorio n.1 (28-29 / 10 / 2002)

L'esercitazione comprende 3 diverse serie di misure. Ciascun gruppo deve prendere i dati e ciascuno studente deve riportare i dati sul proprio quaderno in modo da potere nel seguito rielaborare individualmente i dati presi.

Misura 1)

Si tratta di determinare la densità dell'alluminio tramite misure di volume e massa di un certo numero di campioni. Dato il valore della densità dell'alluminio

$$\rho(\text{Al}) = 2.70 \text{ g / cm}^3$$

si deve concludere se il risultato della misura effettuata sui campioni è "compatibile" con il valore atteso.

Ogni gruppo dispone di un numero elevato di cilindri di alluminio. Ha inoltre a disposizione i seguenti strumenti per misure di "volume":

1 calibro ventesimale con nonio;

1 calibro palmer;

1 cilindro trasparente graduato.

Per la misura di massa sono a disposizione 2 tipi di bilancia, una analogica e una digitale.

Sequenza di operazioni consigliate.

1. Prendere confidenza con i 5 strumenti a disposizione, determinandone sensibilità e precisione.
2. Una volta stabilite le proprietà degli strumenti, il gruppo sceglie quali strumenti utilizzare per la misura di densità.
3. Procedere alle misure. È importante non confondere i cilindri e fare una tabella con le misure rilevanti per ciascun cilindro. Ricavare volume, massa e densità per ciascun cilindro.
4. Studiare le distribuzioni di densità misurate. Ricavare la migliore stima del valore vero della densità e stimare l'incertezza su tale valore.
5. È tale valore compatibile con la densità dell'alluminio ?

Misura 2)

Questa misura viene effettuata da ogni gruppo a turno, spostandosi nella stanza vicina. Utilizzando un apposito programma al calcolatore, misurare i tempi di reazione di ciascun componente del gruppo. Vengono misurati i tempi di reazione sia a segnali visivi che a segnali sonori secondo le modalità del programma che saranno illustrate.

Prendere una sequenza visiva di 20 misure per ogni studente ed una sonora sempre di 20 misure. In totale sono 120 misure. Stampare il risultato ed incollarlo sul quaderno.

Misura 3)

Utilizzando il calibro ventesimale, stimare la capacità di interpolazione degli studenti.

Aprire a caso il calibro, tenere coperto il nonio e poi tentare (senza sbirciare il nonio) di stimare al meglio la lettura sul calibro stesso. Poi guardare il nonio (senza cambiare l'apertura del calibro) e valutare il "valore vero". Mettere in tabella valore stimato e valore vero. Ripetere la misura una ventina di volte per studente.

Esercitazione in Laboratorio n.2 (11-13 / 11 / 2002)

L'esercitazione consiste nella determinazione dell'accelerazione di gravità g attraverso misure di allungamento e di periodo di oscillazione di una molla.

Appendiamo una massa m ad una molla di costante elastica k appesa a sua volta ad un supporto. In condizioni di equilibrio, la molla risulterà allungata rispetto alla sua posizione di equilibrio in assenza di pesi, di una quantità tale da rendere uguali e contrarie le 2 forze in gioco:

$$k\delta x = mg$$

per cui l'allungamento δx risulterà pari a:

$$\delta x = \frac{mg}{k}$$

Spostando lievemente il peso dalla posizione di equilibrio lungo la verticale, inizierà un moto di "piccole oscillazioni" intorno alla posizione di equilibrio, di periodo:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Utilizzando opportunamente le 2 relazioni trovate otteniamo una misura di g .

Sono a disposizione di ogni gruppo:

- Una molla appesa al supporto corredata di carta millimetrata per misure di allungamento;
- 10 dischetti che si possono appendere alla molla;
- Bilance per la misura della massa dei 10 dischetti;
- Un cronometro manuale a lettura digitale per le misure di periodo;

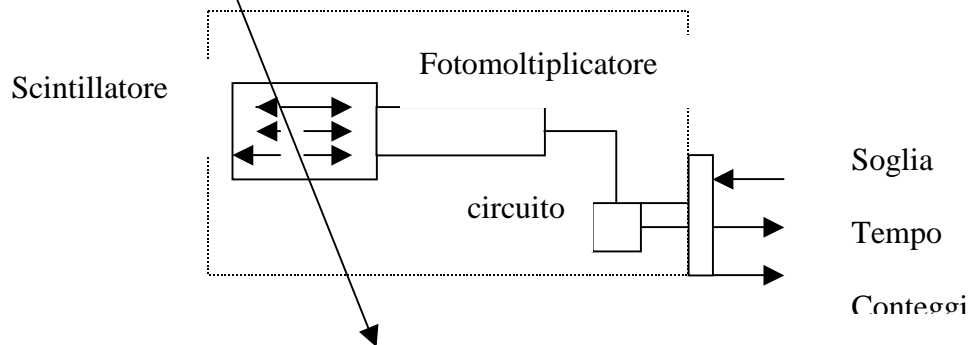
Si suggerisce la sequenza di operazioni

- (1) Misurare la massa dei 10 dischetti (mantenendo l'identità di ciascun dischetto).
- (2) Appendere un dischetto alla molla e misurare:
 - l'allungamento δx
 - il periodo delle piccole oscillazioni Tper ciascuna delle 2 misure occorre stimare l'incertezza di misura. Se necessario ripetere più volte la misura e misurare la deviazione standard delle misure stesse.
- (3) Ripetere la misura per 2 dischetti, poi per 3 e così via fino a 10 dischetti. Riportare in tabella i risultati (m , δx , T).
- (4) Al termine delle misure riportare su grafico i seguenti andamenti:
 - δx in funzione di m
 - T in funzione di \sqrt{m}e verificare qualitativamente l'accordo con gli andamenti previsti.
- (5) Calcolare per ciascuna delle 10 configurazioni di dischetti il valore di k e da questo il valore di g . Stimare per ogni misura l'incertezza su g . Graficare k e g in funzione di m per vedere se ci sono andamenti.
- (6) Dare la migliore stima "complessiva" di g con la sua incertezza.

Esercitazione di Laboratorio 3 (18-19/11/2002)

La terza esercitazione si propone di far fare agli studenti esperienza di fenomeni di conteggio sia binomiali che poissoniani. A tal fine vengono utilizzati (a) *un contatore* e (b) *un pallinometro*.

- (a) Contatore. Ogni gruppo ha a disposizione una “scatola nera” contenente un pezzo di materiale scintillatore che cioè emette luce al passaggio di radiazioni ionizzanti, un fotomoltiplicatore che traduce il segnale luminoso in impulso elettrico, ed un circuito elettrico che conta il numero di volte che il segnale elettrico supera una certa soglia regolabile dall'esterno. In figura è mostrato uno schema del contatore.



Il contatore può essere fatto funzionare in due modi:

- (1) fissato il tempo Δt si conta il numero di conteggi in Δt
- (2) fissato il numero di conteggi si misura dopo quanto tempo tale numero di conteggi viene raggiunto.

Dall'esterno della scatola nera sono visibili: 1 manopola per selezionare modo (1) o modo (2), un regolatore del numero di conteggi o del tempo e infine un display che indica il numero di conteggi (nel modo (1)) ed il tempo trascorso (nel modo (2)).

- (b) Pallinometro (o guinconce). Si tratta di un esperimento virtuale che si fa utilizzando una

simulazione al calcolatore. Il pallinometro è indicato schematicamente in figura. Si tratta di

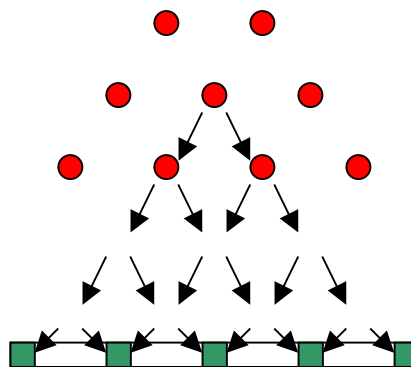
una struttura di N (4 in figura) file ordinate di chiodi. Si lasci cadere una pallina sopra il

primo chiodo della

prima fila. Questa per ragioni evidenti di simmetria può andare con eguale probabilità ($p=1/2$) a destra e a sinistra.

In corrispondenza di ogni fila successiva si troverà esattamente nella stessa situazione simmetrica.

Alla fine della catena ciascuna pallina lanciata potrà trovarsi in una delle N+1 posizioni raggiungibili, con una certa distribuzione di probabilità.



Si propone di effettuare le seguenti operazioni.

→ Effettuare misure di conteggi a Δt fissati (modo (1)): scegliere valori opportuni di Δt (per esempio 1 s, 10 s, 100 s). Per ogni intervallo di tempo scelto effettuare un campione di misure (una cinquantina per esempio) e fare l'istogramma dei valori ottenuti.

→ Effettuare misure di tempo per avere un conteggio. Fare un campione significativo di queste misure (per esempio un centinaio) e fare l'istogramma dei valori ottenuti, in carta lineare ed anche in carta semilogaritmica.

→ Prendere i dati con il pallinometro per diversi valori del numero di file di chiodi (per esempio $N=4, 10, 30$). Fare gli istogrammi per ogni set di misure.

Esercitazione di Laboratorio 4 (25-26/11/2002)

La quarta esercitazione è incentrata sullo studio delle proprietà cinematiche di un particolare sistema meccanico detto *volano*, schematizzato in figura. Un peso appeso ad un filo viene fatto scendere lungo una scala graduata in cui sono montate 20 fotocellule spaziate di 5 cm l'una dall'altra. La distanza tra ogni coppia di fotocellule è pari a 5 cm con una incertezza dell'ordine di 0.1 mm.

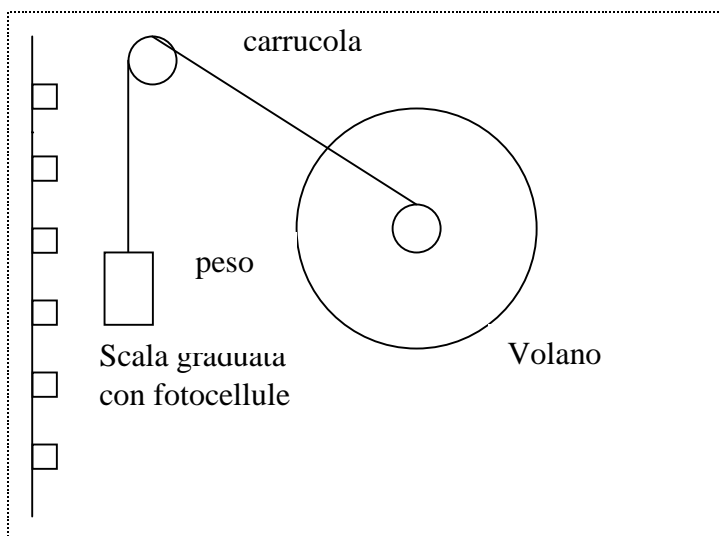
Il filo è avvolto nell'altra estremità ad un rotolo connesso rigidamente ad un volano.

Durante la discesa, ad ogni fotocellula viene misurato il tempo di passaggio del peso, cosicché alla fine di ogni discesa sono registrati 20 tempi ciascuno corrispondente a una delle 20 posizioni.

Per ogni discesa si hanno dunque i seguenti valori:

per $i=1,20$ $s(i)$, $t(i)$, $v(i)=\Delta s(i)/\Delta t(i)$

rispettivamente posizione, tempo e velocità media, che permettono di caratterizzare cinematicamente il moto del peso.



Sequenza di operazioni da effettuare:

- 0) Prendere confidenza con lo strumento. In particolare accertarsi di far partire da fermo il peso. Per fare ciò occorre far partire il peso da appena sopra la prima cellula
- 1) Studio della precisione della fotocellula nella misura del tempo e della velocità media. Fare 20 sequenze di misure. Riportare per ogni misura $t(1)$, $t(10)$ e $t(20)$ e calcolare $v(1)$, $v(10)$ e $v(20)$. Le 20 sequenze permettono di calcolare la deviazione standard campionaria delle 6 grandezze trovate, che danno una indicazione della precisione nella misura di t e di v a tre diverse posizioni nella discesa. Controllare che tali precisioni siano indipendenti da i .
- 2) Fare una misura a volano "scarico". Fare i grafici di t in funzione di s e di v in funzione di s . Da tali grafici si può desumere il tipo di moto.
- 3) Fare una seconda misura con le "palette". Ripetere i grafici di t in funzione di s e di v in funzione di s . Si vede che il tipo di moto è sostanzialmente cambiato.
- 4) Sulla base delle dipendenze funzionali attese (vedi seguito) scegliere il tipo di grafico da fare per avere andamenti lineari.
- 5) Ricavare a del volano scarico, v_{lim} e τ del volano con palette

Dipendenze attese:

→ caso del volano "scarico": s_0 è la posizione di partenza e v_0 è la velocità iniziale, a l'accelerazione.

$$s(t) = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v(t) = v_0 + a t$$

→ caso del volano con “palette”: qui v_{lim} e' la velocita' limite per $t \gg \tau$ e τ e' la costante di tempo.

$$s(t) = v_{\text{lim}} t + v_{\text{lim}} \tau (e^{-t/\tau} - 1)$$

$$v(t) = v_{\text{lim}} (1 - e^{-t/\tau})$$