

Primo gruppo

➤ Densità

Misura della densità media di uno o più corpi solidi di forma regolare o irregolare tramite la misura del volume e della massa.

L'esperienza consiste nel determinare separatamente la massa M di un campione, con la bilancia elettronica, e il suo volume V in quanto la densità è definita come il rapporto tra la massa del corpo ed il volume del medesimo corpo.

Se m è la massa e V il volume si ha dunque:

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Nel Sistema Internazionale la densità si misura in kg/m^3 ; nel sistema CGS in g/cm^3 o equivalentemente il g/mL .

Nell'uso pratico si utilizza il kg/litro (kg/dm^3), che corrisponde esattamente al g/cm^3 ed equivale a 1000 kg/m^3 .

➤ Misura del volume di una moneta da 100 lire

a) **Misura diretta** del volume utilizzando un becher: si riempie un becher con dell'acqua e si misura di quanto il livello si solleva dopo aver inserito le monete.

b) **Misura indiretta** del volume di una moneta determina l'altezza e il diametro ($V=\pi r^2 h$) con un calibro.

Il calibro permette di misurare i decimi di millimetro (è talvolta i centesimi) con un accorgimento chiamato **nonio**. Mentre le tacche del righello del calibro sono distanti 1 mm, quelle del nonio sono ad intervalli di 0,9mm. Quando utilizziamo il calibro nella scala del righello leggiamo la lunghezza in centimetri dell'oggetto ad esempio 0,7 cm. I centimetri sono noti mentre per i millimetri sappiamo che sono più di sette e meno di otto. Dato che le tacche del nonio sono 0,1mm più vicine fra loro di quelle del righello, ognuna di esse resterà indietro di 0,1 mm nei confronti delle tacche del righello. Di conseguenza, per completare la misura, andiamo a ricercare la tacca del nonio che coincide con una tacca del righello ad esempio l'ottava, e concludiamo che la lunghezza è 0,78cm.

Infatti le otto tacche sono rimaste indietro, rispetto a quelle del righello, di $8 \times 0,1\text{mm} = 0,8\text{mm}$ che è proprio la lunghezza del tratto di sbarretta compreso fra 7 e gli 8 mm della scala del righello.

Secondo gruppo

REGOLA DEL PARALLELOGRAMMA DELLE FORZE O DI GALILEO

Si consideri un filo inestensibile appoggiato su due pulegge complanari, che ipotizziamo poter ruotare senza attrito, e alle cui estremità siano attaccati i due pesi P_1 e P_2 (Fig. 5).

Se attacchiamo ad un punto O , intermedio fra le pulegge, un terzo filo a cui è applicato un peso P , il punto O potrà essere considerato come il punto materiale a cui sono applicati i pesi P , P_1 e P_2 (Fig. 6).



Fig. 5

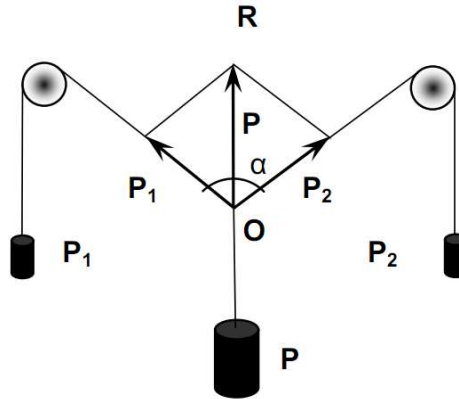


Fig. 6

Se i pesi P , P_1 e P_2 non sono troppo diversi fra loro si può raggiungere uno stato di equilibrio.

E' evidente che le forze applicate al punto O hanno le direzioni dei tre fili e sono proporzionali per intensità ai pesi applicati. Se sulle direzioni dei fili che portano P_1 e P_2 si tracciano a partire da O due segmenti proporzionali a P_1 e P_2 e si costruisce su di essi un parallelogramma, si vede che la diagonale di questo ha la stessa direzione del filo che sostiene P ma si trova dalla parte opposta di questo rispetto ad O .

La diagonale OR di questo parallelogramma rappresenta quindi una forza che risulta caratterizzata da un valore (in senso assoluto) uguale a P , giace sulla stessa linea di azione di P ma ha verso opposto. Si può allora dire che questa forza, giacente sulla diagonale OR , equilibra P .

Ora, poiché P equilibra P_1 e P_2 si può dedurre che OR produce lo stesso effetto complessivo di P_1 e P_2 . La OR (equilibrante della P) è detta allora la risultante delle due componenti P_1 e P_2 .

Si può dimostrare che il punto di sospensione della massa centrale alla fune portante del sistema costituito dalle tre masse sospese come in figura risulta in equilibrio statico se le tre masse P_1 , P_2 , P soddisfano l'equazione:

$$P^2 = P_1^2 + P_2^2 + 2P_1P_2\cos\alpha \quad (4)$$

indicando in essa, con α , l'angolo compreso fra le forze P_1 e P_2 .

In tal modo si è giustificata sperimentalmente la regola di composizione delle forze applicate ad uno stesso punto e poiché tali forze si compongono con la regola del parallelogramma queste si possono considerare "grandezze vettoriali".

Suggerimenti sullo svolgimento dell'esperienza.

Disponi un foglio sulla tavola di legno e con una penna traccia la direzione dei vettori F_1 , F_2 ed E , è sufficiente seguire la direzione dei fili. Costruisci uno schema relativo alle forze agenti sul sistema. La lunghezza dei vettori che devi disegnare dipende dal valore dei pesi P_1 e P_2 , quindi controlla i valori e decidi un'unità di misura (esempio 100gr equivale a 5cm, quindi 200gr equivale a 10cm, ricordati di mantenere le proporzioni). Costruisci il parallelogramma usando la riga e la squadretta in modo che i lati del parallelogramma risultino paralleli. Misura con il righello il valore della diagonale del parallelogramma e confrontalo con la lunghezza di P .

Terzo gruppo

➤ Costante elastica

Dato un dinamometro si vuole calcolare la costante elastica della molla. Fissato il dinamometro ad un'asta si appendono successivamente dei pesi uguali e si costruisce una tabella pesi ed allungamento.

Infine si riportano i dati in un grafico. Il **coefficiente angolare della retta** (o il suo reciproco) è uguale alla costante elastica della molla.

➤ Allungamento di una molla o taratura di un dinamometro.

Il dinamometro viene utilizzato per misure le forze, è costituito da una molla fissata a un estremo a al cui secondo estremo, libero, è fissato un indice I scorrevole su una scala graduata.

Quando la molla viene deformata da una mano o da un peso che la allunga, essa reagisce con una forza che, per la terza legge della dinamica, è uguale e opposta a quella applicata. Se sottoponiamo una molla a spirale a una deformazione esse reagisce con una forza che risulta di intensità tanto maggiore quanto maggiore è stata la deformazione impressa. La molla tende cioè a riprendere la propria lunghezza iniziale l con una forza elastica direttamente proporzionale alla deformazione Δx alla quale è stata sottoposta:

$$F = - k\Delta x \text{ (legge di Hook)}$$

Devi costruire un grafico dell'allungamento della molla in funzione della forza applicata.

Quarto gruppo

Analisi di una foto

Per studiare il moto di un corpo, è necessario registrare le sue posizioni in istanti successivi, in modo da costruire una tabella posizione-tempo e il grafico relativo. Possiamo ad esempio misurare le distanze percorse dal corpo a intervalli noti analizzando una fotografia multiframe.

Quando si scatta una fotografia, la luce proveniente dall'oggetto fotografato attraversa l'obiettivo della macchina fotografica e giunge sulla pellicola, dove si forma l'immagine. Il tempo di esposizione, cioè il tempo durante il quale l'obiettivo rimane aperto, è regolato dall'otturatore della macchina. Se l'otturatore viene lasciato aperto abbiamo un'esposizione prolungata.

Il corpo si muove al buio e viene illuminato da una lampada (detta lampada stroboscopia) che si spegne e si accende a intervalli regolari di tempo, per esempio ogni ventesimo di secondo. Sulla pellicola della macchina fotografica giunge luce solo quando la lampada si accende; perciò la pellicola viene impressionata al ritmo determinato dalla lampada stroboscopia.

La fotografia che si ottiene è una registrazione del moto; sulla foto si vedono le varie posizioni occupate dal corpo solo quando c'è luce. Le posizioni possono essere lette su un righello.

Il tempo impiegato per passare da una posizione all'altra si ricava dalla frequenza della lampada, conoscendo il numero di lampi al secondo che la lampada emette.

Noti i tempi e le posizioni si può costruire una tabella e quindi studiare il moto del corpo.

Si analizzi la foto relativa ad un moto realizzato con disco a ghiaccio secco. Costruire una tabella spazio tempo e tracciare il grafico relativo. Il coefficiente angolare della retta è uguale alla velocità del corpo.

Ritaglia i fotogrammi, avrai in questo modo delle strisce sempre più lunghe. Osserva che tra due fotogrammi consecutivi la differenza di lunghezza corrisponde allo spazio percorso, quindi essendo il tempo trascorso identico per ogni fotogramma ogni striscia che hai ottenuto è direttamente proporzionale alla velocità media in quell'istante. Quindi incolla le singole strisce in modo ordinato nel foglio di carta millimetrata. Il grafico che otterrai sarà una retta la cui pendenza corrisponde all'accelerazione.

Confronta il grafico velocità tempo con quello ottenuto incollando i diversi fotogrammi.

Quinto gruppo

➤ Misura dell'accelerazione di gravità utilizzando un pendolo

È possibile determinare il valore dell'accelerazione di gravità utilizzando un pendolo semplice, doppio o il pendolo di.....

La formula relativa al periodo d'oscillazione di un pendolo (T) lungo l è

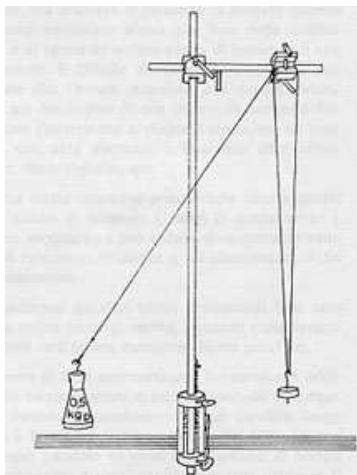
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} .$$

La formula lega il valore del periodo di oscillazione, la lunghezza del pendolo e l'accelerazione di gravità. È possibile ottenere g , formula inversa, misurando il periodo d'oscillazione (andata e ritorno) e la lunghezza del pendolo. Dopo aver messo in oscillazione il pendolo si misura il periodo con un cronometro e la lunghezza del pendolo con un righello.

I cronometri sono orologi particolari che possono essere avviati o fermati mediante un pulsante. Ogni cronometro è caratterizzato da un'incertezza strumentale.

L'ampiezza delle oscillazioni deve essere piccolo, leggi del pendolo:

- 1) isocronismo delle piccole oscillazioni, va da 0° a 5° (il periodo T (tempo) di una oscillazione risulta essere indipendente dall'angolo nell'ipotesi in cui le oscillazioni siano comprese tra un angolo variabile tra 0° e 5°)
- 2) indipendenza del periodo T dalla massa M (oscillante)



Esecuzione dell'esperimento. Per realizzare un pendolo semplice basta sospendere un pesetto a un filo non elastico. Se si utilizza un morsetto doppio è possibile annodare il filo del pendolo a una delle viti del morsetto, oppure, realizzare una sospensione bifilare come mostrato nella figura; in questo modo si evitano le orbite ellittiche della massa pendolare sospesa ad un unico filo. La misurazione della lunghezza del pendolo, che può essere eseguita partendo dalla gola del morsetto, nella quale è posto il filo, fino al centro del dado, è di solito abbastanza precisa. Infatti, se la riga è ben allineata con il filo, si può ammettere di fare un errore di non più di mezzo centimetro nel valutare la lunghezza del pendolo con un errore percentuale, per un pendolo lungo 1 metro, sempre inferiore all'1%. Invece nella misura di un singolo periodo l'errore percentuale sarebbe dieci volte più elevato perché, ad esempio, su un periodo di 2 s c'è un'incertezza di ± 0.2 s (0.1 s dovuto allo strumento e

altrettanto dovuto ai riflessi del cronometrista). Pertanto è necessario misurare la durata di almeno dieci oscillazioni complete. Il periodo è uguale a 1/10 del tempo segnato dal cronometro ipotizzando, come mostra la (1), che ciascuna oscillazione ha la stessa durata. In questo modo l'incertezza su T, che rimane sempre di ± 0.2 s, si distribuisce su 10 periodi, rendendo l'incertezza sul singolo periodo 10 volte più piccola.

L'istogramma della dispersione dei periodi attorno al valore medio. Comunicare al pesetto un piccolo spostamento e far scattare il cronometro quando la pallina si trova all'estremità dell'arco di traiettoria percorsa, cioè all'atto di invertire la marcia, e dopo aver contato 10 oscillazioni complete fermare il cronometro. Inserire il valore ottenuto in una tabella dove nella prima colonna è indicato il numero progressivo della misura. La seconda colonna contiene la durata t delle 10 oscillazioni e la terza il periodo calcolato, $T = t/10$; riportare il valore di T arrotondato con due cifre dopo la virgola. Ripetere poi questa misura per almeno trenta volte mantenendo costante la lunghezza del pendolo. Organizzare la serie dei valori di periodo ottenuti in un istogramma nel seguente modo: a) individuare il valore minimo e massimo dei periodi b) suddividere l'intervallo avente come estremi il minimo e il massimo periodo in un numero di sottointervalli piccolo a confronto del numero totale delle misure, ad esempio 6-7 c) contare il numero delle misure comprese in ciascun intervallo e costruire il diagramma d) verificare che le misure si addensano attorno al valore medio e) stabilire che la forma dell'istogramma cambia al variare del numero dei sottointervalli f) determinare la deviazione standard.

Ripetere con il pendolo reversibile ideato da Kater e confrontare i risultati

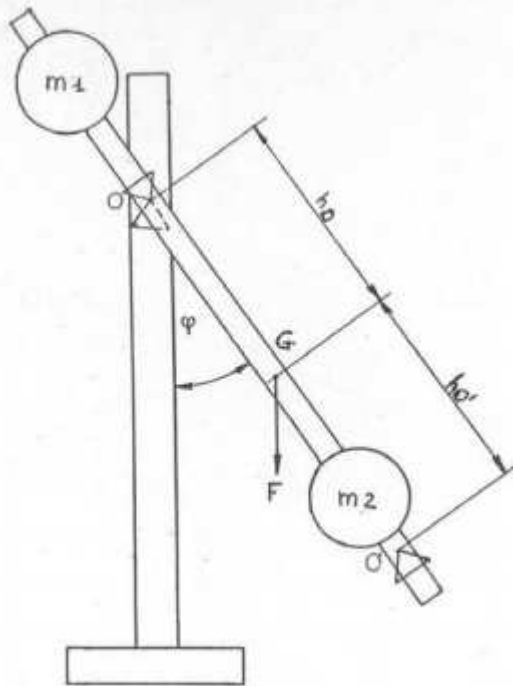


FIGURA 5. Schema pendolo reversibile in uso.

La reciprocità dei due assi a distanza l' e' sfruttata nel *pendolo reversibile*.

Il pendolo fisico che viene utilizzato in laboratorio (Fig. 5) e' composto da un'asta dotata di due coltelli di sospensione ortogonali all'asta a sezione triangolare, i quali sono posti, in posizione fissa , da parti opposte rispetto al centro di massa, G. Lungo l'asta possono venire posizionate due masse scorrevoli.

Il tutto viene montato su un dispositivo di sostegno in modo che l'asta risulti verticale.

E' realizzato in modo tale che i centri di massa delle varie parti costituenti siano allineate su di una retta intersecante gli assi definiti dai coltelli.

In tale modo l'oscillazione del pendolo avviene , nei limiti sperimentali, su di un piano verticale, ortogonale all'asse di rotazione e passante per il centro di massa del sistema.

Se l'asta risulta simmetrica e le masse scorrevoli eguali in massa e forma la condizione $h_o \neq h_{o'}$ si esprime semplicemente nel fatto che le disposizioni delle masse non devono essere simmetriche rispetto al baricentro dell'asta.

Esso ha due assi di sospensione O e O' (i due coltelli) , due masse scorrevoli m_1 e m_2 lungo l'asta mediante le quali e' possibile variare la distribuzione di massa , e quindi la posizione di G, ed il periodo di oscillazione del pendolo.

Tenendo fissa la massa m_1 (**massa fissa**: posta all'esterno dei due coltelli) e facendo scorrere m_2 (**massa mobile**) lungo l'asse si variano $l_o, l_{o'}, h_o, h_{o'}$ e quindi i periodi : $T_o = 2\pi \sqrt{[l_o / (m g h_o)]}$ e ; $T_{o'} = 2\pi \sqrt{[l_{o'} / (m g h_{o'})]}$

Se si riesce a trovare una disposizione per cui i due periodi $T_o, T_{o'}$ per i due assi O e O' coincidono, allora la distanza tra i due coltelli (l') e' proprio la lunghezza ridotta del pendolo per la quale si ha la relazione : $T = 2\pi \sqrt{(l' / g)}$, da cui si risale a:

$$g = 4 \pi^2 l' / T^2$$

Le misure necessarie si riducono ad una misura di lunghezza: l' = distanza tra i coltelli e una misura di tempo T = periodo di oscillazione comune in O e O'.

Le misure e i periodi di oscillazione vengono effettuate utilizzando alternativamente i due coltelli di sospensione, col variare della posizione sull'asta della massa scorrevole.

