

Associazione per l'Insegnamento della Fisica

Giochi di Anacleto

IN LABORATORIO

6 Maggio 2010

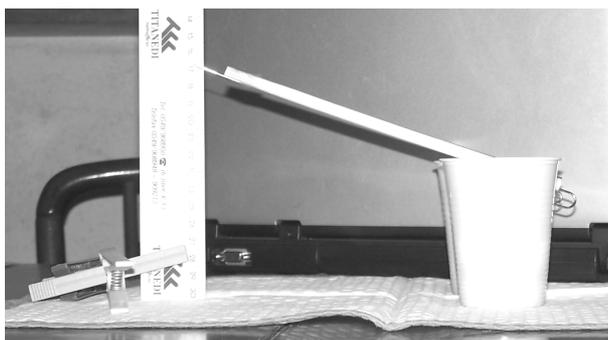
Istruzioni per l'allestimento della prova

Materiale riservato per i docenti

UNA BILANCIA MOLTO SENSIBILE

Presentazione

Questo esperimento propone di costruire una bilancia assolutamente non standard che possiede però la sensibilità di qualche milligrammo.¹ La si userà per misurare lo spessore, dell'ordine di qualche diecina di micron, di un foglio di alluminio preso da un rotolo da cucina. Il procedimento comporta, data la densità dell'alluminio, di misurare la massa e la superficie di un piccolissimo foglietto ritagliato dal rotolo potendo in tal modo risalire al suo spessore.

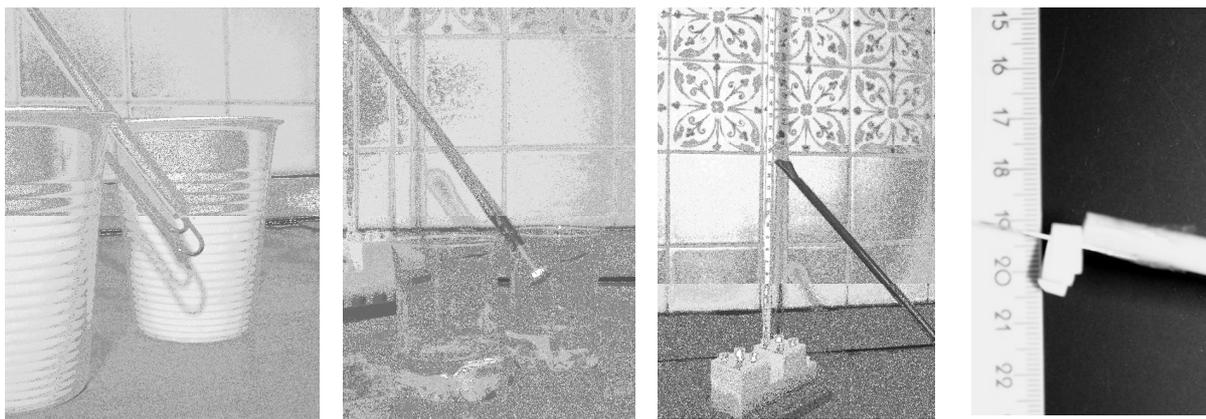


Una possibile versione della bilancia. L'ago infisso trasversalmente nella cannucchia poggia sui bordi dei bicchieri appesantiti con dei piccoli dadi d'acciaio. Il righello è mantenuto in posizione verticale da un sistema di mollette da bucato.

Materiali a disposizione su ogni banco

- Alcune cannucce da bibita del tipo privo della parte pieghevole.
- Alcuni spilli da sarta, sottili e con una capocchia piccola.
- Una vite lunga 2 – 3 cm che si adatti perfettamente ad essere inserita nella cannucchia. Alternativamente si può usare un fermaglio da carta del tipo più grosso. Una delle parti terminali del fermaglio va inserita nella cannucchia per fissarlo e ci si deve assicurare che il fermaglio non scorra nella cannucchia se non viene volutamente tirato o spinto. Le bilance costruite con viti corte e grosse risulteranno più pronte mentre quelle col fermaglio raggiungono l'equilibrio in tempi più lunghi.
- Una stecca di legno di 20 – 30 cm con incollato un nastro millimetrato di carta. La stecca deve mantenersi verticale durante tutto il tempo in cui si prendono le misure e va fissata con nastro adesivo ad un blocchetto di legno. Si possono usare anche delle mollette da bucato a tale scopo ma, poiché la stecca dovrà essere continuamente spostata questa soluzione può creare inconvenienti. Noi abbiamo anche usato un bastoncino di legno, di quelli per modellismo, e lo abbiamo fissato nei fori dei blocchetti del legno. I righelli di plastica possono creare interazioni elettrostatiche con le cannucce.
- Due bicchierini appesantiti per appoggiarvi la cannucchia e un paio di forbici.
- Un foglio di carta quadrettata con quadretti di lato 0.5 cm. I fogli dovranno essere tutti uguali e si dovrà disporre di un pacco di almeno una cinquantina di fogli per pesarli all'inizio della prova. Sarà anche bene fornire un contenitore per mettervi i pezzetti di carta che costituiranno le masse campione.
- Un righello millimetrato per misurare le superfici dei foglietti da pesare.
- Potranno essere utili: nastro adesivo per fissare lo spillo alla punta della cannucchia; una pinzetta e una lente di ingrandimento.

¹ Si veda il Laboratorio del PSSC, edizione italiana Zanichelli del 1964.



Esempi di montaggio della bilancetta.

Materiali a disposizione nell'aula

- Una bilancia.
- Un pacco di fogli quadrettati identici a quelli che si trovano sul banco degli studenti. Se si usa una bilancia da cucina ci vogliono almeno 50 fogli.

All'inizio della prova

Si peserà il pacco dei fogli e la sua massa e il numero dei fogli pesati saranno comunicati agli studenti. Si comunicherà anche il valore della densità dell'alluminio: $d = 2.70 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Costruzione della bilancia.

Si infila la vite ad una estremità nella cannuccia; all'altra estremità si fissa uno spillo in modo che sia collineare con la cannuccia. Si valuta la posizione del centro di massa della cannuccia appoggiandola ad un'altra cannuccia o al bordo di un bicchierino e in corrispondenza della posizione del centro di massa, sopra all'asse della cannuccia, si infila un altro spillo, perpendicolare alla cannuccia stessa. Per poter equilibrare la bilancia è importante che lo spillo non attraversi l'asse della cannuccia. Fissata verticalmente la riga millimetrata e disposta la cannuccia appoggiando le estremità dello spillo trasversale ai bordi dei due bicchierini ci si assicura che raggiunga una posizione di equilibrio. Se ciò non fosse bisognerà agire sulla vite (o sul fermaglio) spostandola dentro o fuori dalla cannuccia.

Si preparano le "masse campione": quadratini di carta di 1 cm^2 , o diverse striscioline, di $1, 2 \dots 5 \dots \text{cm}^2$. Le "masse campione" verranno appoggiate a cavaliere sullo spillo infilato all'estremità della cannuccia. La bilancia deve poter consentire almeno 5 misure valide. Se ciò non fosse si agisce al solito sulla vite (o sul fermaglio).

Misure

Quando si è certi che la bilancia ha una portata sufficiente si potrà procedere alla determinazione del grafico della funzione di risposta dello strumento, riportando l'altezza all'equilibrio dell'estremità dell'ago-indice in funzione della massa aggiunta. Non essendo richiesta l'elaborazione di un modello matematico del sistema il fitting verrà fatto tracciando la linea che meglio pare adattarsi ai punti di misura. Nel farlo si terrà conto delle incertezze.

Accorgimenti

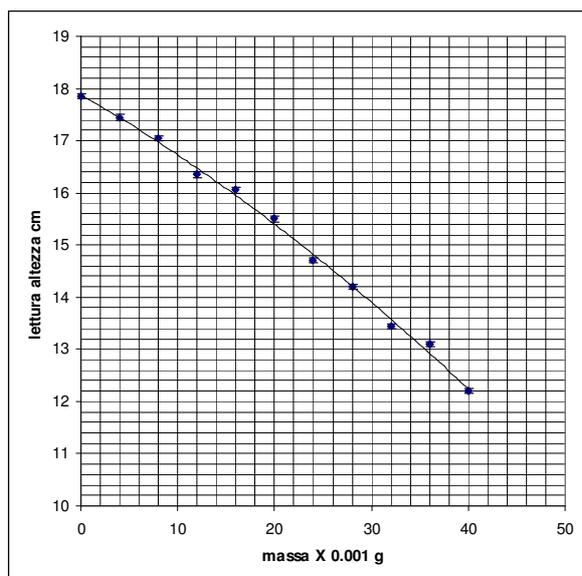
La bilancia a cannuccia è davvero molto sensibile, risente significativamente di disturbi provocati da movimenti o scossoni del banco su cui poggia. Chi opera deve essere accorto e le misure devono essere accurate; per evitare errori di parallasse, le misure vanno prese con la punta dello spillo-indice vicinissima alla riga millimetrata. Anche l'occhio di chi rileva le misure dovrà essere vicino all'indice; per studenti ipovedenti può essere utile disporre di una lente di ingrandimento. Gli studenti dovranno essere consapevoli che, se la vite viene spostata dalla sua posizione le caratteristiche dello strumento cambiano e le misure dovranno essere ripetute dall'inizio. Vanno quindi evitate le cadute e le manipolazioni distratte. I pezzettini di carta e di alluminio che vengono pesati dovranno essere ripiegati e posti sempre nella medesima posizione dell'ago indice.

Esempi di misure

masse "campione" con carta da 80 g/m² unità di massa m strisciolina di 0.5 cm² $m = 0.004$ g

misure prese con la cannucchia caricata con la vite					
N m	massa 0.001 g	lettura 1 cm	lettura 2 cm	y medio cm	dy cm
0	0	17,9	17,8	17,85	0,05
1	4	17,5	17,4	17,45	0,05
2	8	17,1	17,0	17,05	0,05
3	12	16,4	16,3	16,35	0,05
4	16	16,1	16,0	16,05	0,05
5	20	15,7	15,3	15,5	0,2
6	24	15,0	14,4	14,7	0,3
7	28	14,4	14,0	14,2	0,2
8	32	13,4	13,5	13,45	0,05
9	36	13,3	12,9	13,1	0,2
10	40	12,2	12,2	12,2	0

Curva di taratura della bilancia



Dati sul foglio di alluminio

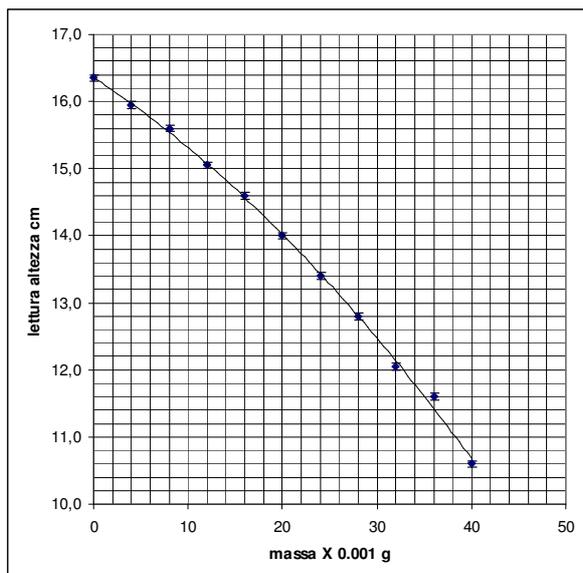
striscia di alluminio 10 cm² lettura Ya10 14 cm
 striscia 1 di alluminio 5 cm² lettura Ya5_1 15,7 cm
 striscia 2 di alluminio 5 cm² lettura Ya5_2 15,7 cm

La massa delle striscioline di alluminio viene letta dal grafico. Lo spessore x è calcolato dalla

$$x = \frac{\text{massa}}{\text{densità} \cdot \text{area}}$$

Ma10 = 29 mg $x = 0,01$ mm
 Ma5_1 = 17 mg $x = 0,01$ mm
 Ma5_2 = 17 mg $x = 0,01$ mm

misure prese con la cannucchia caricata con il fermaglio					
N m	massa 0.001 g	lettura 1 cm	lettura 2 cm	y medio cm	dy cm
0	0	16,4	16,3	16,4	0,05
1	4	16,0	15,9	16,0	0,05
2	8	15,6	15,6	15,6	0
3	12	15,1	15,0	15,1	0,05
4	16	14,7	14,5	14,6	0,1
5	20	14,0	14,0	14,0	0
6	24	13,5	13,3	13,4	0,1
7	28	12,8	12,8	12,8	0
8	32	12,0	12,1	12,1	0,05
9	36	11,5	11,7	11,6	0,1
10	40	10,6	10,6	10,6	0



striscia di alluminio 10 cm² lettura Yal10 12,4 cm
 striscia 1 di alluminio 5 cm² lettura Yal5_1 14,7 cm
 striscia 2 di alluminio 5 cm² lettura Yal5_2 14,7 cm

Mal10 = 30 mg x = 0,01 mm
 Mal5_1 = 15 mg x = 0,01 mm
 Mal5_2 = 15 mg x = 0,01 mm

Spunti per una griglia di valutazione

I correttori, se lo desiderano e in base agli obiettivi formativi perseguiti nella loro scuola con l'attività sperimentale, possono aggiungere o togliere delle voci e modificare la distribuzione dei punteggi.

1. COSTRUZIONE DELLA BILANCIA		punti 60/100
1a) stima della posizione del centro di massa (punti 2)	<i>Il valore deve essere ragionevole, bene al di qua della metà della cannuccia. L'operazione di stima del c.m. per bilanciamento è abitualmente nota agli studenti.</i>	
1b) Costruzione della bilancia. Posizione dello spillo - indice a bilancia scarica. (punteggio massimo 15)	<i>Se la cannuccia scarica è in equilibrio con un angolo di deviazione dal piano orizzontale troppo piccolo le letture sono più imprecise e la portata troppo ridotta. Lo studente dovrebbe capire che è opportuno che l'angolo sia abbastanza grande (almeno 60°).</i>	
1c) Almeno cinque misure accettabili di posizione all'equilibrio dell'indice a bilancia carica (punteggio massimo 10)	<i>Lo studente dovrebbe accorgersi che le altezze variano in maniera monotona con la massa e ripetere la misura quando questa devia da tale regolarità.</i>	
1d) Ripetizione delle misure precedenti al fine di valutarne la dispersione. Calcolo del valore medio e dell'incertezza. (punti 8)	<i>Il dispositivo in genere fornisce una buona ripetibilità di risposte. Una eccessiva dispersione delle misure dovrebbe suggerire allo studente una revisione del lavoro.</i>	
1e) Calcolo corretto della massa del foglietto di carta preso come unità di massa. (punti 5)		
1f) Corrette ipotesi sulle caratteristiche richieste alla carta. (punti 2)	<i>Ai fini dell'esperimento l'omogeneità della carta e del suo spessore sono sufficienti.</i>	
1g) Riporta in opportune tabelle tutte le misure prese (massimo punti 8)	<i>Le tabelle devono essere leggibili, riportare i simboli delle grandezze e l'unità di misura, rispettare il numero di cifre significative ammesso dagli strumenti usati e dalle incertezze calcolate.</i>	
1h) Traccia il grafico e la curva di taratura della bilancia (massimo punti 10)	<i>Il grafico deve riportare le grandezze rappresentate e le loro corrette unità di misura; saranno rappresentate le incertezze con segmenti di opportuna lunghezza. Grafici interpolati con una retta o con una linea spezzata vanno penalizzati.</i>	

2. DETERMINAZIONE DELLO SPESSORE DEL FOGLIO DI ALLUMINIO		punti 25/100
2a) Determinazione della massa di almeno 2 foglietti di alluminio usando la curva di taratura (10 punti)	<i>Il valore determinato deve essere ragionevole e trovarsi nell'intervallo della taratura.</i>	
2b) Corretta formula per il calcolo dello spessore (2 punti)		
2c) Determinazione dello spessore con stima corretta dell'ordine di grandezza (8 punti)		
2d) Stima motivata dell'incertezza della misura di spessore (5 punti)		
5. ACCORGIMENTI ED OSSERVAZIONI		massimo punti 15/100
<i>Il punteggio di questa voce andrà suddiviso fra diversi accorgimenti, purché ragionevoli e motivatamente efficaci. Esempi: 1) Verifica più volte lo zero della bilancia. 2) prende nuove misure intorno ai punti corrispondenti nel grafico al foglietto di alluminio con altre masse campione con intervalli di massa più piccoli. 3) identifica dati spuri. 4) si assicura che le risposte della bilancia a fogliettini di carta considerati uguali siano uguali. Ed altri possibili.</i>		