

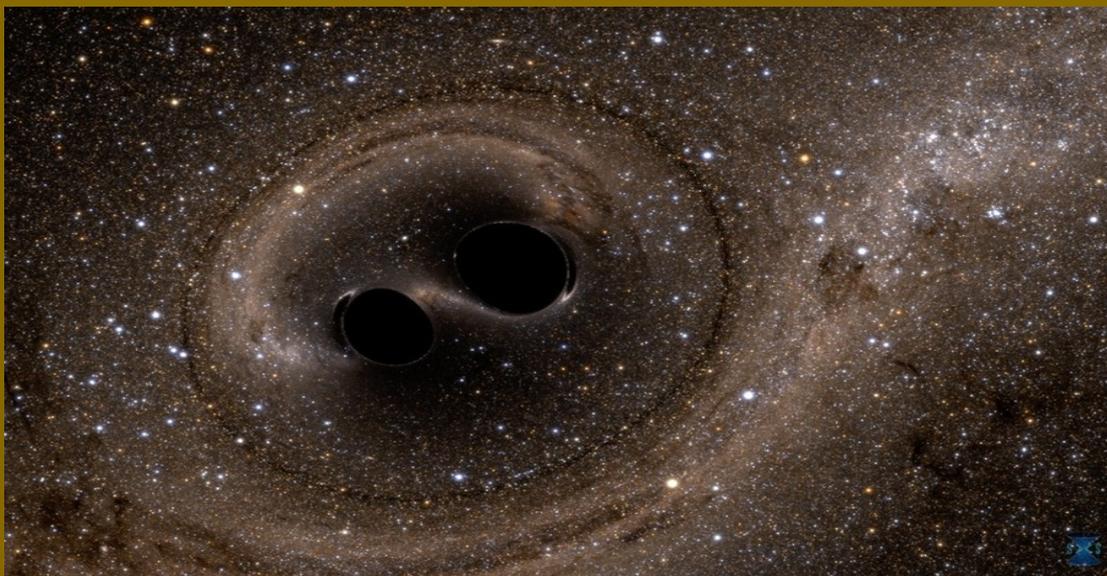
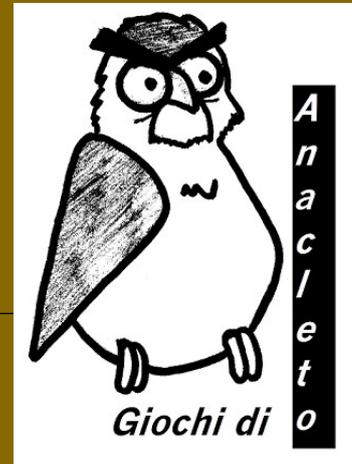
# Giochi di Anacleto

---

*ANACLETO in LAB*

*1997 - 2006*

---



*Materiale prodotto per le prove dei "Giochi di Anacleto"*

Le Prove dei Giochi di Anacleto



---

*ANACLETO in LAB*

*1997 - 2006*

---

I TESTI

*materiale prodotto per i "Giochi di Anacleto"*

## GLI AUTORI

hanno collaborato in vari modi alla produzione delle prove per la fase ANAinLAB dei Giochi di Anacleto:

gli esperimenti sono stati proposti da

*Luisa Bragalenti, Giuliana Cavaggioni, Ennio Poletti, Renato Sampaolo;*

alle prove per la messa a punto dell'apparecchiatura e del procedimento hanno partecipato, nel corso degli anni, anche *Luisa Bari, Nicoletta Capitanio, Chiara Magoga, Francesco Minosso, Lucia Papa;*

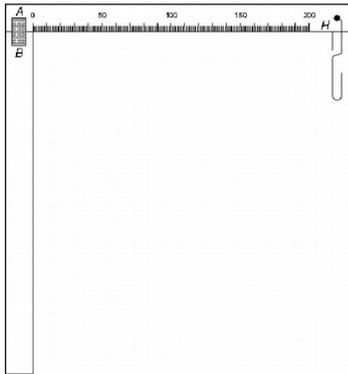
la stesura dei testi è di *Giuliana Cavaggioni;*

i disegni sono in buona parte dovuti a *Dennis L. Censi.*

Chi ha collaborato a questi testi lo ha fatto gratuitamente a titolo di servizio civile a sostegno dell'educazione scientifica nelle nostre scuole. Essi mettono pertanto questi materiali liberamente a disposizione degli insegnanti di fisica, soprattutto quelli che, partecipando ai Giochi, ne condividono l'orientamento, e di quelli studenti che stanno facendo i primi passi nello studio della fisica e provano interesse e curiosità per i fatti del mondo fisico. Per l'utilizzo a scopi commerciali o per l'inserimento in siti internet di questi materiali sarà apprezzata la richiesta di consenso all'editor. In caso di riproduzione e diffusione, anche parziale, in pubblicazioni su carta o sul web si invita a ricordarsi di citare la fonte [**Giochi di Anacleto** del (anno) e l'**indirizzo internet** a cui si può reperire il materiale originale che riporta doverosamente il nome degli autori].

## LA STADERA

Problema sperimentale per la gara del 15 marzo 1997



In questo esperimento ti viene proposto di costruire una bilancia con due strisce di cartoncino; la userai per misurare il peso specifico della plastilina relativo all'acqua. La bilancia finita è raffigurata qui a lato. Tra il materiale che hai a disposizione ci sono due strisce di cartoncino contrassegnate con le lettere  $A$  e  $B$ . La striscia  $A$  ha un forellino, contrassegnato con  $H$ , ad un'estremità.

Con del nastro adesivo collega le estremità delle due strisce in modo che formino fra loro un angolo retto. Il foro  $H$  sulla striscia  $A$  deve stare dalla parte opposta alla zona dove le strisce sono state collegate. Cerca di far combaciare bene i bordi delle strisce nella parte in cui sono sovrapposte. Incolla ora il nastro millimetrato alla striscia  $A$ , a partire dal bordo della striscia  $B$ , mantenendo il nastro millimetrato parallelo al lato più lungo della striscia  $A$  ed in modo che non sporga da essa: lo zero corrisponde al bordo della striscia  $B$ .

Prova ora a bilanciare il dispositivo. Per far ciò infila la striscia  $A$  entro il fermaglio grande e, sorreggendolo con la mano, sposta la striscia finché non riesci a far stare il dispositivo in equilibrio. La striscia  $A$  deve essere mantenuta in posizione orizzontale. Riporta sul foglio risposte il valore  $S$  che puoi leggere sulla scala in corrispondenza alla posizione del fermaglio in condizione di equilibrio. La lettura dovrebbe essere fatta con un'incertezza di un millimetro.

Fra il materiale che hai a disposizione ci sono 12 fermagli piccoli, praticamente identici fra loro, ed un gancetto a forma di doppio uncino. Infila il gancetto nel foro che si trova all'estremità della striscia  $A$  e, procedendo come prima, quando tutto il dispositivo con il gancetto appeso è in equilibrio, leggi sulla scala la nuova posizione,  $Y$ , del fermaglio grande. Annota il valore di  $Y$  e l'errore di misura.

Infila un fermaglio all'estremità del gancetto e trova ancora la posizione di equilibrio: prendine nota. Ripeti più volte annotando sempre la posizione del fermaglio grande all'equilibrio, letta sulla scala, ed il corrispondente numero  $n$  di fermagli. Annota sempre anche gli errori di misura.

Sul foglio di carta millimetrata traccia un grafico delle posizioni di equilibrio  $Y$  in funzione del numero di fermagli  $n$ . Disegna quindi una linea curva che approssimi al meglio i punti del grafico.

Togli tutti i fermagli ed appendi al gancio il pezzetto di plastilina mediante il filo. Trova la posizione del fermaglio che regge la striscia  $A$  quando il sistema con la plastilina appesa è in equilibrio: indica con  $Y_p$  il valore letto in queste condizioni sulla scala millimetrata e prendine nota.

Senza togliere la plastilina dal gancio immergila completamente nell'acqua contenuta nel bicchiere e determina la nuova posizione di equilibrio,  $Y_a$ , procedendo sempre come nelle determinazioni precedenti. Annota il valore di  $Y_a$ .

Dal grafico determina il numero  $n_p$  di fermagli che corrispondono a  $Y_p$  ed il numero  $n_a$  di fermagli che corrispondono a  $Y_a$ : non si tratta necessariamente di numeri interi. Annota questi valori sul tuo foglio per i dati.

La plastilina pesa quanto  $n_p$  fermagli. L'acqua spostata dalla plastilina pesa quanto  $n_p - n_a$  fermagli. Ricorda che un corpo immerso in un liquido riceve una spinta verso l'alto pari al peso del liquido spostato: spinta di Archimede. Tieni inoltre conto del fatto che il volume  $V$  dell'acqua spostata è uguale al volume della plastilina che è stata completamente immersa nell'acqua.

Il peso specifico di una sostanza è per definizione il rapporto fra il peso di un oggetto fatto di quella sostanza ed il volume dell'oggetto. In base alle misure che hai preso, scrivi il rapporto fra il peso specifico della plastilina e quello dell'acqua e dunque il peso specifico della plastilina relativo a quello dell'acqua.

Esprimi una stima dell'errore con cui hai misurato il peso specifico della plastilina relativo all'acqua.

## UN PENDOLO A CANNUCCIA

Problema sperimentale per la gara del 16 marzo 1998

*Materiale a disposizione:*

- |  |   |
|--|---|
| * Una cannuccia da bibite lunga circa 20 cm; | * Sostanza sfusa per appesantire la cannuccia ; |
| * un ago da cucire sottile;                  | * riga millimetrata;                            |
| * cronometro;                                | * nastro adesivo;                               |
| * vaso o bottiglia;                          | * carta millimetrata;                           |



Ti viene proposto di costruire un "orologio a pendolo" usando esclusivamente il materiale che hai a disposizione. Il corpo oscillante è costituito da una cannuccia da bibite che dovrai appesantire riempiendola accuratamente con la sostanza solida sfusa che ti è stata data. Come per ogni oggetto che oscilla sotto l'azione del proprio peso anche per la "cannuccia a pendolo" il periodo di oscillazione dipende dal valore di  $g$ , l'accelerazione di gravità: potrai quindi determinare anche questo valore.

### *Procedimento*

Chiudi con il nastro adesivo un'estremità della cannuccia e riempi completamente con la sostanza che deve appesantirla; fatto ciò chiudi bene con il nastro adesivo anche la seconda estremità della cannuccia.

Misura la lunghezza  $a$  della cannuccia e segna con il pennarello il livello del centro di massa alla metà della sua lunghezza.

Infila l'ago orizzontalmente entro la cannuccia a distanza  $x$  dal livello del centro di massa dove  $x = 1.0$  cm.

Disponi i due stecchini alla sommità del vaso (o della bottiglia) e usando l'ago come sostegno appoggia la cannuccia ai due stecchini: controlla che la cannuccia in equilibrio stia in posizione verticale.

Fai compiere alla cannuccia piccole oscillazioni in piano verticale e misurane il periodo.

La formula del periodo di questo pendolo è simile a quella che forse conosci per il pendolo matematico,  $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ , ma al posto della lunghezza  $l$  ci va un'espressione più complicata che chiameremo  $L$  e che si definisce al seguente modo:

$$L = \frac{x^2 + \frac{a^2}{12}}{x}$$

Allora il periodo della cannuccia oscillante risulta:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g} \frac{x^2 + \frac{a^2}{12}}{x}} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (1)$$

Ripeti più volte la misura del periodo  $T$  spostando la posizione dell'ago, sempre dalla stessa parte del livello del centro di massa; annota ogni volta la distanza  $x$  dal livello del centro di massa al punto in cui hai infilato l'ago per trapassare la cannuccia.

Prepara una tabella con i valori di  $T$  e i corrispondenti valori di  $x$ . Calcola anche le frequenze dell'oscillazione,  $f$ , e riportane i valori nella tabella: ricorda che la frequenza è il reciproco del periodo. Puoi verificare che dalla formula (1) si ricava

$$f^2 = \frac{g}{4\pi^2} \frac{1}{L}$$

Riporta in un grafico sulla carta millimetrata il quadrato della frequenza in funzione dei corrispondenti valori di  $R = 1/L$ .

Disegna una retta che approssimi al meglio i punti del grafico: determina la pendenza della retta,  $m$ . Noto il valore di  $m$  determina la misura dell'accelerazione di gravità,  $g$ .

In base al grafico, dove dovresti infilare l'ago perché, il tuo "pendolo a cannuccia" batta il secondo?

## PIROTTINI IN VOLO

Problema sperimentale per la gara del 22 marzo 1999

Ti viene proposto di studiare la caduta di oggetti un po' particolari. Gli oggetti in questione sono contenitori per paste, noti come "pirottini", i quali, leggeri come sono, risentono moltissimo della resistenza dell'aria. Essi scendono senza svolazzare come fanno invece i fogli di carta. Lasciane cadere uno sul pavimento e osserva come scende. Prova ad inserirne uno sull'altro due, tre o più pirottini e lasciali cadere: ti sembra che cambi qualche cosa? In questo esperimento ci proponiamo di trovare la relazione tra il numero  $n$  di pirottini e il corrispondente tempo  $t$  di caduta. Perciò lascerai cadere sempre dalla stessa altezza prima uno, poi due, poi tre ecc. pirottini inseriti l'uno nell'altro e misurerai i tempi di caduta.

### Materiale a disposizione

- ✗ alcuni pirottini
- ✗ cronometro digitale sensibile a 1/100 s
- ✗ stecca millimetrata
- ✗ metro avvolgibile
- ✗ forbici

### Procedimento

ci vorrà circa 1 ora per prendere le misure.

I pirottini vanno lasciati cadere da un'altezza non minore di 1.8 m altrimenti i tempi di discesa sono troppo brevi per poter essere misurati agevolmente e con precisione: lascia cadere i pirottini facendo attenzione a che l'altezza sia sempre la stessa. Annota l'altezza dalla quale hai fatto cadere i pirottini.

Nel punto di partenza tieni il pirottino con la concavità in alto e lascialo cadere senza dargli spinte; contemporaneamente misura con il cronometro il tempo che impiega per arrivare al pavimento. Ripeti la stessa misurazione per almeno altre cinque volte. Per ottenere il tempo  $t$  di caduta calcola la media di tutti i valori ottenuti.

Il pirottino va maneggiato con delicatezza perché non cambi forma tra una caduta e l'altra.

Ripeti la stessa cosa con due pirottini inseriti bene l'uno nell'altro in modo che le scanalature dei bordi combacino. Procedi poi con tre pirottini e così via fino a che si riesce a fare le misurazioni dei tempi di caduta. Cerca di far cadere sempre i pirottini dalla stessa altezza.

Se già con tre o con quattro pirottini il tempo di caduta è troppo breve e misurarlo diventa problematico, si può tagliare un pirottino a metà, appoggiare le parti tagliate su quelli interi e - curando che non si sbilancino nella caduta - misurare i tempi di caduta per numeri  $n$  frazionari; per esempio: 1.5; 2.5; 1.25; 1.75 ...

Fai in modo di avere le misure dei tempi per almeno cinque valori di  $n$ .

### Elaborazione dei dati e stesura del rapporto.

Tempo consigliato: 1 ora

Da questo punto in poi la prova deve essere condotta singolarmente anche se si è lavorato in gruppo per prendere le misure.

Esponi le misure in una tabella e rappresenta in un grafico il tempo di caduta in funzione del numero  $n$  dei pirottini.

Ti vengono proposte le formule seguenti in cui  $k$  è una costante, ha cioè un valore che non cambia al variare di  $n$  e di  $t$ . Scegli la formula che, in base ai dati che hai raccolto, rappresenta meglio la relazione tra il tempo  $t$  di caduta e il numero  $n$  di pirottini.

$$\mathbf{A:} \quad t n = k \qquad \mathbf{B:} \quad t / n = k \qquad \mathbf{C:} \quad t^2 n = k \qquad \mathbf{D:} \quad t^2 / n = k$$

Quale formula hai scelto? Come ti sei regolato per fare la scelta?

Calcola  $k$  e cerca di discutere quanto buona sia la corrispondenza tra i risultati delle tue misurazioni e quelli ottenuti con la formula che hai scelto. Valuta in qualche modo la precisione delle misure.

## UN INSOLITO NATANTE

Problema sperimentale per la gara del 24 marzo 2000

Determina la quantità di zavorra da introdurre in un bicchierino di plastica in modo che affondi fino alla linea di galleggiamento contrassegnata quando verrà posto nel liquido incognito  $X$  di cui ti è dato un campione. Concluso il progetto lo consegnerai all'insegnante e farai una prova di galleggiamento del tuo bicchierino zavorrato nella bacinella che contiene il liquido  $X$ . Ti servirà conoscere il volume della parte di bicchierino che dovrà rimanere immersa nell'acqua.

### *Materiale a disposizione*

- ✗ un bicchierino di plastica con un segno sulla linea di galleggiamento voluta
- ✗ un altro bicchierino di plastica uguale al precedente
- ✗ un contenitore con il liquido  $X$
- ✗ una siringa di plastica graduata da  $5\text{ cm}^3$
- ✗ una siringa da  $10\text{ cm}^3$
- ✗ un contenitore con acqua
- ✗ un righello e una squadra millimetrati
- ✗ un contenitore con una sostanza sfusa da usare come zavorra
- ✗ del filo
- ✗ una bilancia

### *È utile ricordare che:*

per il principio di Archimede un corpo immerso totalmente o parzialmente in un fluido è spinto verso l'alto con una forza uguale al peso del fluido spostato dal corpo stesso. Di conseguenza un corpo galleggia se il peso del fluido spostato è uguale al peso dell'oggetto;

### *Inoltre ...*

Non sei tenuto ad usare tutti i materiali che hai a disposizione: seleziona quelli che sono necessari allo sviluppo del tuo progetto.

Se pensi di aver bisogno di conoscere qualche formula per sviluppare il tuo progetto puoi chiederla all'insegnante.

Descrivi accuratamente il procedimento che hai seguito per trovare il risultato. Riporta i valori misurati con chiarezza, raccogliendoli in adeguate tabelle e indica i calcoli che hai fatto. Quando usi dei simboli riferendoti a grandezze fisiche spiegane il significato.

## LA DENSITÀ DEL VETRO

Problema sperimentale per la gara del 28 marzo 2001

Questa prova consiste nel misurare la densità del vetro di cui sono fatti i vetrini da microscopio. Ti si chiede di progettare e realizzare una misura della densità del vetro usando solo i materiali che hai a disposizione e che sono elencati più sotto. Esegui le misure con cura ed elabora opportunamente i dati per trovare il risultato richiesto, annotando le osservazioni, i procedimenti di lavoro e tutti i dati perché ti saranno utili per raccogliere le idee e scrivere la relazione.

Nella relazione che consegnerai:

- ci sarà la descrizione dettagliata del procedimento che hai seguito (puoi usare anche delle figure);
- saranno riportate tutte le misure che hai fatto, organizzate con chiarezza;
- sarà descritto il procedimento di elaborazione dei dati, in modo da giustificare il risultato che avrai trovato;
- troveranno posto eventuali osservazioni che ti sembrano rilevanti ai fini della misura;
- saranno descritti, motivandoli, gli accorgimenti che hai preso (o i suggerimenti) per rendere più accurato il procedimento di misura.

**ATTENZIONE:** *maneggia i vetrini con cura perché sono molto fragili ed inoltre i bordi possono essere taglienti.*

Per la progettazione ed esecuzione della prova e la stesura della relazione hai a disposizione 2 ore. Controlla da subito che sul tuo banco ci sia il seguente ...

### *Materiale a disposizione*

- × un dado da bullone con l'indicazione della sua massa, da usare come massa campione;
- × un pennarello indelebile a punta fine;
- × 10 vetrini portaoggetti da microscopio;
- × una stecca millimetrata;
- × un oggetto che può fungere da fulcro;
- × la calcolatrice tascabile;
- × i fogli per la relazione sui quali scriverai subito il tuo nome e cognome;
- × penne e matite.
- × forbici ;
- × nastro adesivo;
- × filo di cotone ritorto o spago sottile.

## OLTRE LO SPECCHIO

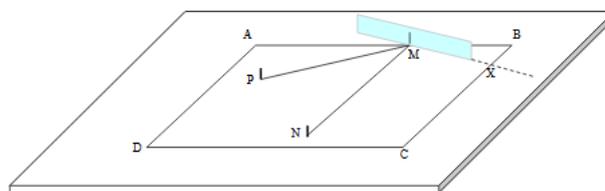
Problema sperimentale per la gara del 18 aprile 2002

In questo esperimento si osserva come ruota l'orientamento dell'immagine data da uno spillo riflesso in uno specchio piano quando lo specchio viene ruotato. Si cercherà dove bisogna infiggere lo spillo perché la sua immagine venga vista in una determinata direzione, che chiameremo "linea di visione". Quando lo specchio viene ruotato l'immagine potrà essere osservata lungo la medesima linea di visione solo se si sposta opportunamente il punto in cui viene infisso lo spillo.

### *Materiale a disposizione*

Per condurre l'esperimento disponi dei seguenti materiali:

- × Due spilli: uno (che chiameremo spillo-oggetto) sarà l'oggetto di cui osservare l'immagine, l'altro (lo spillo-traguardo) servirà per definire la linea di visione.
- × Una tavoletta di legno o di cartone in cui si possano infiggere gli spilli. Un foglio di carta bianca formato A3.
- × Uno specchio piano rettangolare.
- × Oggetti che possano servire da supporto per mantenere in
- × posizione verticale il piano dello specchio.
- × Un goniometro.
- × Riga e squadra.
- × Matita per disegnare.
- × Pennarello a punta fine di colore scuro.
- × Nastro adesivo bianco o puntine da disegno.
- × Carta millimetrata.



### *Procedimento*

Disponi il foglio di carta bianca sulla tavoletta e fissalo col nastro adesivo o le puntine da disegno; denomina i suoi vertici con le lettere A, B, C e D come è indicato nella figura che segue. Segna sul lato AB il punto M in modo che  $AM = 2/3 AB$ . Lo specchio sarà fatto ruotare attorno all'asse verticale che passa per M.

Traccia sul foglio di carta il segmento MN parallelo al lato BC: esso rappresenta la linea di visione lungo la quale osserverai l'immagine dello spillo oggetto. Traccia sullo specchio con il pennarello un segmento breve e sottile: il segmento deve essere parallelo ai lati più corti dello specchio.

Metti dei supporti alla base dello specchio in modo da mantenerlo perfettamente verticale e con la base a contatto con il piano di appoggio.

Disponi lo specchio in modo che un estremo del segmento che vi hai tracciato coincida con il punto M e che la base dello specchio (o il suo prolungamento) incontri il lato BC del foglio di carta nel punto X. Infiggi uno dei due spilli nel punto N: chiameremo questo spillo, spillo-traguardo. Osservane l'allineamento con la riga tracciata sullo specchio quando guardi lungo la linea NM. Per farlo devi posizionarti con gli occhi vicino al bordo del tavolo, all'altezza del foglio.

Sposta l'altro spillo, lo spillo-oggetto, finché trovi una posizione tale che la sua immagine data dallo specchio sia vista lungo la linea di visione determinata e infiggilo nel foglio: l'immagine deve risultare allineata con lo spillo-tra-guardo e con il segmento disegnato sullo specchio.

Segna sulla carta il punto P in cui è stato infisso lo spillo. Traccia la linea PM.

Misura gli angoli  $x = \widehat{M \hat{X} B}$  e  $y = \widehat{P \hat{M} N}$ .

Ripeti l'esperimento ruotando lo specchio. Lo specchio va ruotato mantenendo fissa la posizione del segmento al di sopra del punto M: il piede del segmento che hai tracciato sullo specchio dovrà coincidere con il punto M. Lo spillo infisso nel punto N non va rimosso. Esplora il comportamento dell'immagine dello spillo-oggetto per diversi valori di x e di y. Riporta le coppie di valori (x,y) su un piano cartesiano, sulla carta millimetrata, con y in ordinate e x in ascisse. Dovrai disporre di almeno 5 valori per x e per y.

Disegna nel migliore modo possibile la retta che è più vicina a tutti i punti sperimentali.

Prolunga la retta che hai disegnato fino ad incontrare l'asse delle ascisse nel suo punto di ordinata  $y = 0$ . Che valore di x leggi come ascissa? Come è disposto lo specchio quando  $y = 0$ ? Dove dovrebbe trovarsi in questo caso lo spillo-oggetto perché la sua immagine appaia allineata con lo spillo-traguardo? Quanto dovrebbe valere allora x?

Prolunga la retta che hai disegnato fino ad incontrare l'asse delle ordinate nel suo punto di ascissa  $x = 0$ . Che valore leggi per y? Come è disposto lo specchio quando  $x = 0$ ? Secondo te dove dovrebbe trovarsi in questo caso lo spillo oggetto, cioè il punto P? Quale dovrebbe essere in questo caso il valore di y?

Se l'equazione della retta che hai tracciato è del tipo  $y = mx + q$ , determina i valori di m e di q.

Indica, motivandoli, gli accorgimenti che hai preso per rendere le misure più precise e le cause di incertezza che hai individuato.

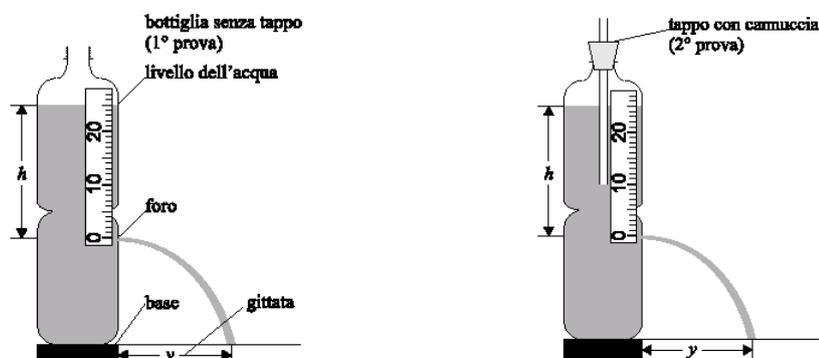
## LA BOTTIGLIA ZAMPILLANTE

Problema sperimentale per la gara del 6 maggio 2003

### Presentazione

In questo esperimento ti viene richiesto di studiare come varia la gittata dell'acqua che zampilla da una bottiglia attraverso un forellino, al diminuire del livello dell'acqua, mentre la bottiglia si svuota.

Figura 1



Le prove da fare saranno due: nella prima prova la bottiglia è aperta, nella seconda avrà un tappo attraversato da una cannuccia che pesca nell'acqua contenuta nella bottiglia. La gittata è la distanza percorsa in direzione orizzontale dal getto d'acqua, ed è un indice della velocità di uscita del getto stesso. Nella figura 1,  $y$  rappresenta la gittata,  $h$  il livello dell'acqua rispetto alla quota del foro.

### Materiale a disposizione

- × bottiglia di plastica da 1.5 l con un forellino sulla parete
- × tappo a vite attraversato da una cannuccia (o un tubicino) fissata con del sigillante.
- × vaschetta per raccogliere l'acqua che uscirà dalla bottiglia
- × base d'appoggio per la bottiglia
- × 2 elastici
- × righello millimetrato (20 cm) da applicare sulla parete della bottiglia con i due elastici
- × righello millimetrato (30 cm o 40 cm) per misurare la gittata
- × stuzzicadenti o plastilina per chiudere il forellino
- × imbuto
- × secchio
- × recipiente o mestolo per trasferire l'acqua
- × acqua
- × carta assorbente
- × foglio protocollo e foglio di carta millimetrata per la relazione sull'esperimento

### Preparazione

fissa con i due elastici il righello da 20 cm lungo la parete della bottiglia dove si trova il foro. Il righello ti servirà per misurare il dislivello  $h$  tra la superficie dell'acqua e il forellino. Tappa il forellino con lo stuzzicadenti o con una pallina di plastilina;

appoggia il righello da 30 cm (o 40 cm) sul bordo della vaschetta parallelamente ai lati più lunghi, con gli estremi a metà circa dei lati più corti. Sistema la vaschetta sopra il foglio di carta assorbente, metti la base d'appoggio per la bottiglia a contatto con la vaschetta, accanto allo "zero" del righello orizzontale. Anche sotto la base d'appoggio deve esserci carta assorbente;

prepara un foglio per le tue annotazioni durante l'esperimento e la raccolta dei dati.

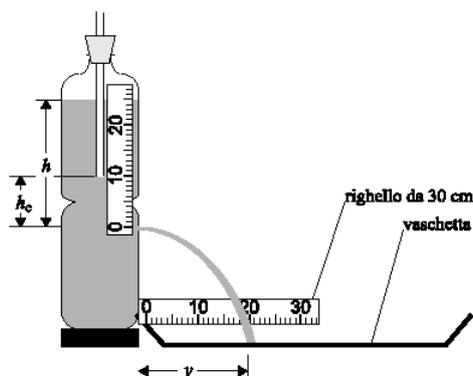


Figura 2

### L'esperimento

In entrambe le prove devi misurare le gittate  $y$ , da leggere sul righello orizzontale, in corrispondenza dei livelli  $h$  dell'acqua nella bottiglia, da leggere sul righello verticale. Puoi fare le misure di  $h$  a intervalli di 1 cm l'una dall'altra.

Tappa il forellino, riempi d'acqua la bottiglia e appoggiala sulla sua base. Il foro sulla parete dovrà essere sulla verticale sopra lo zero del righello orizzontale. Il getto d'acqua che si formerà dovrà sfiorare la scala del righello orizzontale, ma non cadervi sopra per evitare spruzzi che renderebbero difficili le letture. Così potrai misurare la gittata  $y$ .

**Prima prova.** Lascia aperta la bottiglia. Togli il tappo dal forellino e procedi con le misurazioni di  $h$  e di  $y$  fin dove è possibile. Alla fine della prima prova, senza spostare la vaschetta, togli con il bicchiere o con il mestolo quanta più acqua è possibile, versandola nel secchio. Così eviti che trabocchi nella prova successiva.

**Seconda prova.** Chiudi il forellino, riempi nuovamente d'acqua la bottiglia. Chiudila ora avvitando il tappo. Rimettila sulla base di appoggio e procedi con le misurazioni. Se il tappo è avvitato bene, dopo 5 o 6 secondi dall'inizio della fuoriuscita dell'acqua dal forellino noterai la formazione regolare di bolle nell'acqua. Se le bolle non si formano, devi avvitare meglio il tappo e ricominciare. Annota il valore  $h_c$  del dislivello tra la base della cannucchia e il forellino. Puoi misurare  $h_c$  con precisione, nel momento in cui l'acqua sarà proprio a pelo con la base della cannucchia. Dopo un po' che l'acqua esce, prova a chiudere con un dito (delicatamente!) l'apertura superiore della cannucchia, per pochi secondi. Osserva quello che succede e prendine nota. Procedi con le misurazioni di  $y$  e di  $h$ .

#### Domanda 1.

- Che cosa succedeva quando hai tappato la cannucchia, durante la seconda prova?
- Come lo spieghi?

Sul foglio di carta millimetrata costruisci, usando gli stessi assi, i grafici della gittata  $y$  (asse delle ordinate) in funzione del dislivello  $h$  (asse delle ascisse) relativi alle due prove.

#### Domanda 2.

Qual è l'andamento della gittata al variare del livello d'acqua sovrastante? Osserva i grafici e danne una breve descrizione, in forma qualitativa, distinguendo il caso della bottiglia con l'imbobatura aperta e quello della bottiglia con tappo attraversato dal tubicino.

#### Domanda 3.

Ti viene chiesto di fare una previsione basata sull'osservazione dei grafici. Immagina che in una prova successiva la cannucchia peschi di più nell'acqua, e che il suo livello di profondità  $h_c$  sia a 6 cm dal forellino.

- Che valore avrà la gittata  $y_1$  quando il livello  $h_1$  dell'acqua raggiunge i 4 cm?
- Che valore avrà la gittata  $y_2$  quando il livello  $h_2$  dell'acqua sarà di 9 cm?

## UNA BANDA ELASTICA COME DINAMOMETRO?

Problema sperimentale per la gara del 6 maggio 2004

Questo esperimento viene proposto per indagare alcune proprietà relative all'allungamento di un filo elastico sottoposto ad una trazione.

## Materiale a disposizione

- ✘ filo elastico nuovo
- ✘ dadi di acciaio tutti uguali fra loro. L'insegnante ti dirà la massa dei dadi che stai usando
- ✘ un contenitore leggero in cui mettere i dadi durante la misura
- ✘ un sostegno a cui appendere l'elastico
- ✘ una riga, nastro adesivo e carta millimetrata

## Preparazione

Con il filo elastico prepara un anello che, una volta ripiegato sia lungo circa 20 cm. Appendi l'anello al sostegno ed all'altra sua estremità metti il contenitore con il gancio. Fissa il nastro millimetrato in modo che stia verticale dietro all'elastico e leggi la lunghezza  $X_0$  della banda elastica.

## L'esperimento

Aggiungi un dado nel contenitore e registra la nuova lunghezza  $X_1$ . Continua ad aggiungere dadi nel contenitore, registrando ogni volta la lunghezza  $X$  della banda elastica. Smetti di aggiungere carico all'elastico quando noti che la sua lunghezza rimane quasi costante anche se si aggiungono nuovi dadi. A questo punto toglie un dado dal contenitore e registra la nuova lunghezza  $Y$  dell'elastico. Ripeti queste misure, togliendo ogni volta un dado dal contenitore. Calcola gli allungamenti dell'elastico in relazione al numero di dadi sia nella fase di aggiunta dei dadi che nella fase in cui vengono tolti.

### Domanda 1.

Su uno dei fogli di carta millimetrata riporta nel medesimo grafico sia gli allungamenti nella fase di carico che quelli nella fase di scarico dell'elastico, rappresentando sull'asse delle ordinate il numero di dadi appesi all'elastico e sull'asse delle ascisse i valori dell'allungamento dell'elastico. Approssima meglio che puoi con una curva ciascuna delle due serie di dati.

### Domanda 2.

- a. Descrivi la forma del grafico e commentala rispetto al comportamento dell'elastico. Non ti sono chieste "formule ed equazioni", ma descrizioni di come varia l'allungamento dell'elastico quando si aggiunge o si toglie un nuovo peso, sia quando ci sono pochi pesi che quando ce ne sono di più.
- b. Osservi qualche differenza fra la fase in cui stavi aggiungendo dadi e quella in cui li stavi togliendo?
- c. Ci sono delle zone in cui potresti dire che l'allungamento rimane costante all'aggiunta di ogni nuovo peso? Se sì, indica quali sono.

### Domanda 3.

Sicuramente conosci il comportamento elastico delle molle. Quando si applica un peso  $P$  ad una molla, questa si allunga e immagazzina dell'energia: l'energia immagazzinata si può ricavare calcolando l'area che sta sotto il grafico del peso in funzione dell'allungamento  $x$  della molla.

Quando si toglie il peso la molla "rende" quasi tutta l'energia che aveva accumulato nella fase di carico e, in genere, nella molla viene dissipata solamente

poca energia. Osservando invece il tuo grafico cosa potresti dire della capacità dell'elastico di rendere, quando si scarica, l'energia accumulata mentre viene teso?

*Domanda 4.*

Riporta sull'asse delle ordinate accanto al numero dei dadi il corrispondente peso in N e calcola a quanti N m di energia corrisponde un quadretto della carta millimetrata nel tuo grafico. Quanta energia viene dissipata caricando e scaricando l'elastico su cui hai condotto questa indagine?

*Domanda 5.*

In conclusione, diresti che un elastico si presta bene a funzionare da dinamometro? Spiega perché sì o perché no.

## UN PARACADUTE INVISIBILE

Problema sperimentale per la gara del 6 maggio 2005

### *Presentazione*

È esperienza comune che, se si tiene in mano un piccolo oggetto pesante - come una biglia, un bullone, un chiodo - e lo si lascia cadere da una certa altezza (1 o 2 metri), toccherà terra in un momento, meno di 1 secondo. Lo stesso accade con un piccolo magnete. Se però lo stesso magnete viene fatto cadere dalla medesima altezza di prima entro un tubo di alluminio o di rame tenuto in posizione verticale impiegherà molto più tempo per arrivare a terra. Ciò avviene perché il magnete dentro al tubo si muove assai più lentamente come, se fosse sostenuto da un invisibile paracadute! È possibile che le leggi della fisica che stanno alla base di questo fenomeno non ti siano ancora note e perciò in questo esperimento non ti si chiede di spiegare il perché di questo comportamento ma puoi indagare su come avviene. Studierai per questo alcune caratteristiche del moto del magnete dentro al tubo e analizzerai alcuni dei parametri che possono influire su tale moto.

### *Materiali a disposizione*

- ✗ 2 magnetini con l'indicazione della loro massa
- ✗ un tubo di alluminio lungo 2 metri
- ✗ 5 segmenti di tondino di ottone di cui è data la densità lineare (alternativamente altri oggetti di ottone tutti uguali fra loro e di massa nota)
- ✗ nastro millimetrato
- ✗ cronometro preciso a 1/10 s
- ✗ scatola per farvi cadere il magnete
- ✗ pennarello indelebile a punta fine
- ✗ 2 fogli di carta millimetrata

*Stai attento nella manipolazione dei magnetini perché, se posti troppo vicino a degli orologi digitali oppure alle memorie delle carte di credito o delle calcolatrici possono renderli inservibili. Costituiscono un pericolo se avvicinati ai pacemaker!*

### *L'esperimento*

Prima parte. Un buon indizio di quello che succede sta nel conoscere come si muove il magnete cadendo dentro al tubo. Tieni il tubo in verticale e lascia che il magnetino cada, restando dentro al tubo, da diverse altezze: per esempio da 200, 180, 150, 120, 90, 60, 30 cm. Per fermare il magnete ad una certa altezza dentro al tubo usa la piastrina di acciaio per bloccarlo all'altezza voluta. Quando vuoi che inizi la caduta rimuovi la piastrina che funziona da fermo e mettila lontano. Per ogni altezza misura tre volte il tempo di caduta.

### *Domande*

a.1 In base alle tue misure, nel limite di sensibilità dei tuoi strumenti, puoi descrivere con quale tipo di moto cade il magnetino all'interno del tubo? Diresti che si tratta di un moto uniforme?

b.1 In base a quello che hai osservato sul moto del magnete nel tubo di alluminio diresti che la forza che lo frena è maggiore, uguale o minore del suo peso? Spiega perché.

Seconda parte. Usando il secondo magnete di cui disponi, come hai fatto prima, ferma il magnetino dentro al tubo a 180 cm dalla base e lascia cadervi sopra uno dei piccoli segmenti di ottone che ti sono stati dati. Allontanato il magnete esterno potrai constatare che questa volta il pacchetto costituito dal magnete e dal pezzo di ottone cadranno a terra più velocemente di prima. Ti si propone di indagare la relazione tra il peso "portato" dal magnetino e la sua velocità di caduta all'interno del tubo metallico. Puoi determinare il peso dei segmenti di ottone misurandone la lunghezza visto che conosci la densità lineare del tondino di ottone. Usa lo stesso tubo dell'esperienza precedente e lo stesso magnetino. L'altezza di caduta nelle varie prove si tiene sempre uguale a 180 cm. Misura il tempo di caduta. Trova il tempo di caduta cambiando la massa caricando il magnete con almeno cinque masse diverse.

### *Domande*

a.2 In base alle misure suggerisci una relazione fra massa e velocità.

b.2 La forza che frena il "paracadute" in che relazione è con la sua velocità?

## CHI È PIÙ DENSO?

Problema sperimentale per la gara del 8 maggio 2006

### *Presentazione*

È più denso l'olio o l'acqua? Probabilmente sai già rispondere a questa domanda, ma ora cerca di confermare (o trovare) la risposta in base ai risultati di un particolare esperimento che ti permetterà anche di misurare il rapporto tra le densità dei due liquidi: l'olio e l'acqua. Per l'esperimento hai a disposizione un recipiente trasparente con dell'acqua e un tubicino di plastica piegato ad "U" fissato a un supporto verticale; l'estremo più lungo del tubicino è lasciato libero. All'interno del tubo ad "U" è stato versato un po' d'olio di oliva. Come puoi osservare, la superficie libera dell'olio, è allo stesso livello nei due rami del tubicino ad "U". Però, se soffi appena appena ad un estremo del tubicino, questa maggior pressione dell'aria si trasmette tale e quale al liquido che la compensa esattamente alzandosi nel ramo che sta dall'altra parte. Non soffiare troppo forte altrimenti l'olio può schizzare fuori.

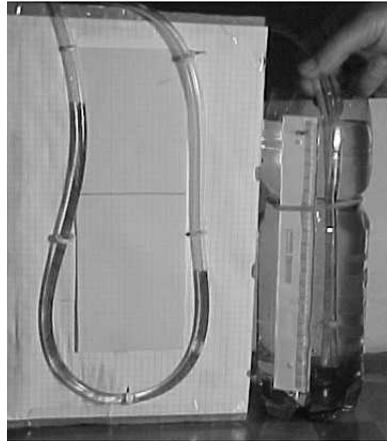


Figura: fotografia di un dispositivo assemblato per la determinazione del rapporto fra la densità di un olio e quella dell'acqua.

*Domanda 1.*

Descrivi quello che succede all'olio se immergi poco alla volta il tratto libero del tubicino nell'acqua della bottiglia?

All'aumentare della profondità dell'immersione aumenta la pressione sott'acqua. Questa pressione, dovuta al peso del liquido sovrastante, viene detta *pressione idrostatica*. Per la legge di Stevino *la pressione idrostatica in un punto sott'acqua è direttamente proporzionale sia alla profondità in cui si trova quel punto, sia alla densità dell'acqua*. Lo stesso discorso vale anche per l'olio. Inoltre la pressione idrostatica non dipende né dalla forma né dalle dimensioni del recipiente.

*Domanda 2.*

Per esercitare la stessa pressione alla sua base, una colonna di un liquido più denso dell'acqua dovrà avere un'altezza maggiore o minore di quella dell'acqua?

*Domanda 3.*

In base alle tue osservazioni (richieste al punto 1), puoi già dire se l'olio è più o meno denso dell'acqua. Perché?

*Domanda 4.*

Quanto vale il rapporto  $R$  tra la densità dell'olio che stai esaminando,  $d_o$ , e quella dell'acqua,  $d_a$ ?

Per rispondere a quest'ultima domanda ci sono alcune operazioni da fare: ma prima leggi attentamente i seguenti suggerimenti ed osserva la fotografia del dispositivo riportata sul foglio precedente.

Fissa il righello millimetrato in verticale lungo la bottiglia con l'elastico di gomma, in maniera che ti serva per misurare la profondità nell'acqua.

Lega con due elastici la cannuccia parallelamente all'estremità del tratto libero del tubicino. Così potrai immergerlo nella bottiglia mantenendolo vicino alla parete, in modo che sia più agevole la lettura della profondità nell'acqua.

Ora fai questa prova: inserisci un pezzettino di polistirolo nell'imboccatura dell'estremo libero del tubicino e immergi questo nell'acqua per pochi centimetri.

Il piccolo galleggiante evidenzia a quale profondità si trova l'aria a contatto con l'acqua. Sarà la pressione a questo livello quella che verrà trasmessa attraverso l'aria all'olio. Questo la compenserà esattamente con il dislivello tra i due rami. Se il polistirolo restasse attaccato alla parete interna del tubicino, lo puoi staccare con il fermaglio da carta che avrai prima raddrizzato.

Fissa la striscia di carta millimetrata al supporto verticale con il nastro adesivo, in modo che ti serva per misurare il dislivello nei due rami.

Immergi ora la cannuccia con il tratto di tubicino dotato del galleggiante di polistirolo ad una data profondità e prendine nota. Facendo attenzione a non spostarli da quella profondità, misura il dislivello tra le superfici libere dell'olio nei due rami del tubicino ad "U". Ripeti la misura cambiando la profondità almeno altre quattro volte, con profondità non inferiori a 50 mm.

Sulla base delle misure effettuate, determina il rapporto richiesto tra la densità dell'olio e quella dell'acqua.

#### *Materiali a disposizione sul tavolo di lavoro*

- ✘ bottiglia con acqua e vassoio raccogli gocce
- ✘ elastici
- ✘ tubicino trasparente con dell'olio, fissato ad un supporto
- ✘ riga millimetrata da 20 cm
- ✘ fermaglio da carta
- ✘ polistirolo
- ✘ nastro adesivo
- ✘ foglio di carta millimetrata
- ✘ cannuccia da bibite

#### *Materiali a disposizione sul tavolo di servizio*

- ✘ bottiglia con acqua per rabboccare
- ✘ forbici
- ✘ rotolo di carta assorbente

Giochi di Anacleto



---

*ANACLETO in LAB*

*1997 - 2006*

---

## NOTE PER L'INSEGNANTE

*Materiale prodotto per le prove dei "Giochi di Anacleto"*

Queste note sono state scritte per accompagnare il testo della prova sperimentale inviato agli istituti iscritti ai Giochi di Anacleto. Le note contengono alcune istruzioni per l'allestimento e tracce sui risultati degli esperimenti; il loro scopo è quello di guidare la realizzazione delle prove così da ridurre per quanto possibile le disomogeneità di conduzione nelle diverse sedi. In poche pagine non si ambisce certo di sviluppare uno studio esauriente dell'esperimento, piacerebbe però che potessero costituire un incoraggiamento ad approfondire ulteriori potenzialità di indagine dell'idea sperimentale proposta.

## LA STADERA

Problema proposto per l'Anacleto in Lab del 15 marzo 1997

*Materiali che ogni studente (o gruppo di lavoro) avrà sul proprio tavolo:*

- 12 fermagli identici. Si consiglia l'uso di scatole di fermagli del No 4. Quelli che abbiamo usato noi avevano massa compresa fra 0.72 e 0.74 g.
- Un gancio a forma di S fatto con un fermaglio identico ai precedenti.
- Un fermaglio grande. del N° 6.
- 2 strisce di cartoncino rigido o di plastica. di dimensioni uguali: 2.0 cm x 30.0 cm. Le strisce sono contrassegnate. l'una con la lettera **A** e l'altra con la lettera **B**. La striscia contrassegnata con la lettera **A** porta ad un'estremità. a 10 mm dall'estremo. un forellino fatto sulla sua linea mediana parallela ai lati più lunghi. Il forellino dovrebbe avere un diametro circa doppio di quello del filo d'acciaio di cui sono fatti i fermagli più piccoli.
- Uno o più pezzetti di plastilina (o "pongo"). Un tratto di filo lungo circa 150 mm col quale sostenere la plastilina. La massa di ciascun pezzetto di plastilina dovrebbe corrispondere a quella di 7- 8 fermagli del tipo più piccolo.
- Una striscia di carta millimetrata. lunga 25.0 cm e larga 1.0 cm.
- Un bicchiere di plastica riempito d'acqua per tre quarti.
- Fogli di carta millimetrata; fogli per la raccolta e l'elaborazione dei dati.
- Una scheda con la descrizione dell'attività.

*Materiali da condividere ogni quattro o cinque gruppi di lavoro:*

- Uno stick piccolo di colla.
- Un rotolino di nastro adesivo
- Un paio di forbici

Nell'aula dove si farà la prova dovrà trovarsi un secchio per la raccolta dell'acqua ed un rotolo di carta assorbente. Sarà bene che siano disponibili delle strisce di cartoncino di riserva.

### *Misure indicative*

Con 12 fermagli di massa  $m = (0.735 \pm 0.010)$  g e un pezzetto di pongo di massa  $m^1 = (5.87 \pm 0.01)$  g.<sup>1</sup>

Striscia A: larghezza =  $(2.0 \pm 0.1)$  cm; lunghezza =  $(30.0 \pm 0.1)$  cm; massa =  $(5.60 \pm 0.01)$  g.

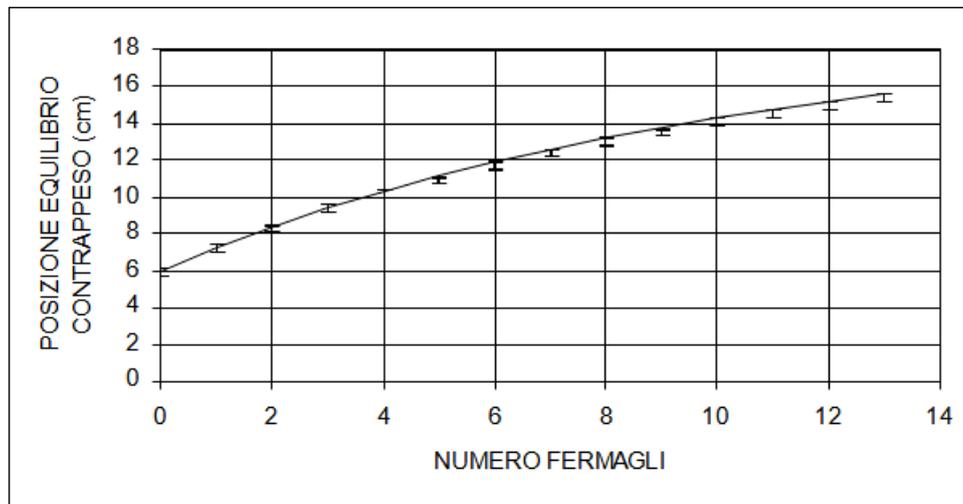
Striscia B: larghezza =  $(2.0 \pm 0.1)$  cm; lunghezza =  $(30.0 \pm 0.1)$  cm ; massa =  $(5.66 \pm 0.01)$  g .

---

<sup>1</sup> L'esperimento non prevede di avere a disposizione una bilancia. Queste misure sono servite in fase di preparazione dell'esperimento con funzioni di controllo.

Si sono prese le seguenti misure:

Numero di fermagli	Y (cm) Prima misura $\pm 0.1$ cm	Y (cm) Seconda misura $\pm 0.1$ cm	Y (cm) Valore medio $\pm 0.1$ cm	Y (cm) Valore teorico
0	5.9	6.0	6.0	6.0
1 (gancio)	7.3	7.2	7.3	7.3
2	8.4	8.2	8.3	8.4
3	9.3	9.4	9.4	9.4
4	10.1	10.2	10.2	10.3
5	10.9	10.9	10.9	11.2
6	11.6	11.8	11.7	11.9
7	12.4	12.3	12.4	12.6
8	13.1	12.9	13.0	13.2
9	13.6	13.4	13.5	13.8
10	14.1	14.0	14.1	14.3
11	14.4	14.5	14.5	14.8
12	15.0	15.0	15.0	15.2
13	15.3	15.4	15.4	15.6
pongo	13.6	13.5	13.6	
pongo in acqua	10.2	10.4	10.3	



*posizioni di equilibrio del contrappeso: punti corrispondenti ai valori misurati e linea rappresentativa dell'andamento calcolato teoricamente*

Il numero di fermagli corrispondente al peso del pongo, escludendo il gancio, è:

valore di controllo ( $n_p'$ )	valore tratto dal grafico ( $n_p$ )
8.0	7.6

Il numero di fermagli corrispondente al peso del pongo in acqua, escludendo il gancio, è:

valore di controllo ( $n_a'$ )	valore tratto dal grafico ( $n_a$ )
3.0	3.0

Se ne deduce che un volume d'acqua pari al volume del pongo ha una massa pari a quella di  $(n_p - n_a)$  fermagli. Il rapporto fra la densità del pongo e quella dell'acqua, in base ai valori calcolati per controllo è data da  $n_p'/(n_p' - n_a')$ , in base ai valori misurati risulta essere  $n_p/(n_p - n_a)$ .

Assumendo che la densità dell'acqua sia di  $1 \text{ g cm}^{-3}$  si può trovare dalle misure effettuate una stima della densità del pongo. In base ai valori di controllo:  $d_p = 1.63 \text{ g / cm}^3$ . Dalle misure con la stadera di cartone la densità =  $1.61 \text{ g / cm}^3$  con una differenza del 1.2 %.

Dalle tabelle si sa che la densità della plastilina è  $1.6 - 1.8 \text{ g/cm}^3$ . La pasta del polimero di cloruro di vinile venduta comunemente per le attività dei bambini ha densità più bassa:  $1.1 - 1.4 \text{ g/cm}^3$ .



## UNA CANNUCCIA A PENDOLO

Problema proposto per l'Anacleto in Lab del 16 marzo 1998

### Premessa

Ci si propone di costruire un pendolo fisico con una cannuccia da bibite e di effettuare con questa una misura dell'accelerazione locale di gravità.

Non si prevede che gli studenti che affrontano questa prova abbiano studiato il pendolo fisico e conoscano le leggi della meccanica del corpo rigido; perciò vengono suggerite nel testo della prova sia l'espressione della frequenza che quella della cosiddetta lunghezza ridotta della cannuccia oscillante.

Si è deciso di considerare la frequenza e non il periodo perché la frequenza è nulla quando la lunghezza ridotta si annulla e l'asse di sospensione passa per il centro di massa: questa informazione rende più facile tracciare il grafico.

## Apparecchiatura

Per appesantire la cannuccia, garantendo una distribuzione accettabilmente omogenea della massa, si può usare un solido sfuso che gli studenti potranno introdurre nella cannuccia con un imbutino costruito da loro stessi con un foglio di carta. La distribuzione della sostanza usata all'interno della cannuccia non dovrà variare apprezzabilmente durante la prova; può andar bene della limatura di ferro a grana fine, asciutta e pulita, ma anche zucchero o sabbia fine e molto asciutta, o anche pasta alimentare (naturalmente cruda) a spaghetti sottilissimi: in questo ultimo caso però è necessario fare speciale attenzione a che l'asse di sospensione passi per l'asse della cannuccia.

*Materiali che ogni studente (o gruppo di lavoro) avrà sul proprio tavolo:*

- 1 cannuccia da bibite lunga non meno di 20 cm, di struttura omogenea (senza la parte flessibile).
- una opportuna quantità di sostanza (circa  $20 \text{ cm}^3$ ) per appesantire la cannuccia; possono andar bene: zucchero, limatura di ferro a grana fine e omogenea, pasta alimentare a spaghetti sottili.
- 1 rotolo di nastro adesivo.
- 1 cronometro; possono andar bene anche quelli degli orologi da polso.
- 1 riga millimetrata più lunga della cannuccia.
- 1 vaso profondo più della cannuccia o una bottiglia trasparente.
- 2 stecchini sottili e lunghi abbastanza da essere disposti trasversalmente sull'imboccatura del vaso: gli stecchini dovranno poter stare in un piano orizzontale.
- 1 pennarello a punta fine con cui si possano riportare dei segni sulla cannuccia.
- 1 sottile ago da cucire del diametro di circa 0.5 mm.
- 1 foglio di carta millimetrata.
- 1 foglio protocollo per la relazione. Qualche foglio di carta per appunti.

## Misure indicative

*l caso: una cannuccia caricata con spaghetti.*

Lunghezza della cannuccia:  $a = (24.3 \pm 0.1) \text{ cm}$ ; Distanza del punto di sospensione dal CM:  $x$ ;  $\delta x = 0.1 \text{ cm}$ ;

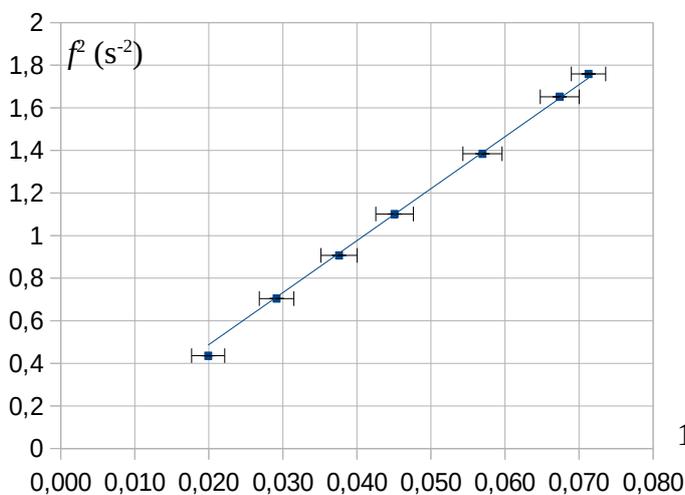
Tempo di  $n$  oscillazioni:  $t_n$ ;  $\delta t_n = 0.0122 \text{ s}$ ;  $n = 30$ ; Periodo:  $T$ ;  $\delta T = 0.0003 \text{ s}$

$$K = a^2/12 = (49.2 \pm 0.4) \text{ cm}^2; H = K + x^2$$

$x$ (cm)	$T_{30}$ (s)	$T$ (s)	$f$ (s <sup>-1</sup> )	$\delta f$ (s <sup>-1</sup> )
1.0	45.44	1.5147	0.6602	0.0001
1.5	35.75	1.1917	0.8392	0.0002
2.0	31.5	1.0500	0.9524	0.0003
2.5	28.59	0.9530	1.0493	0.0004
3.5	25.5	0.8500	1.1765	0.0005
5.0	23.34	0.7780	1.2853	0.0006
7.0	22.62	0.7540	1.3263	0.0006

$f$ (s <sup>-2</sup> )	$\delta f$ (s <sup>-2</sup> )	$x^2$ (cm <sup>2</sup> )	$\delta x^2$ (cm <sup>2</sup> )	$H$ (cm <sup>2</sup> )	$\delta H$ (cm <sup>2</sup> )	$1/L$ (cm <sup>-1</sup> )	$\delta(1/L)$ (cm <sup>-1</sup> )
0.4359	0.0002	1.0	0.2	50.2	0.6	0.020	0.002
0.7042	0.0004	2.3	0.3	51.5	0.7	0.029	0.002
0.9070	0.0006	4.0	0.4	53	0.8	0.038	0.002
1.1011	0.0008	6.3	0.5	55	0.9	0.045	0.003
1.3840	0.0010	12.3	0.7	61	1	0.057	0.002
1.652	0.001	25	1	74	1	0.067	0.002
1.759	0.002	49	1	98	2	0.071	0.002

Approssimando i punti con una retta definita con il metodo dei minimi quadrati si è tracciato il grafico con in ordinate il quadrato della frequenza e in ascisse il reciproco di  $L$  :



Coefficiente di correlazione  $r = 0.999$ ;  
Coefficiente angolare  $m = 24.4 \text{ cm/s}^2$ ;

errore standard della pendenza  $0.27 \text{ cm/s}^2$ ;

valore di  $g$  con incertezza stimata

$$g = (963 \pm 11 [1\%]) \text{ cm/s}^2.$$

### Il caso: lo zucchero per appesantire la cannuccia.

Si è trovato  $g = (996 \pm 5 [0.5\%]) \text{ cm/s}^2$ .

Nel I e nel II caso i valori sono, come si vede, abbastanza vicini a quello atteso di  $981 \text{ cm/s}^2$ : le deviazioni da questo sono, rispettivamente, 1.8 % in difetto e 1.5 % in eccesso. I valori misurati, considerando l'incertezza stimata, non sono però compatibili con quello atteso e ciò fa pensare a qualche ulteriore fonte di errore.

### III caso: farina di mais a grana fine per appesantire la cannuccia.

Prendendo due serie di misure, ai due lati del centro di massa si è trovato  $g = (9.8 \pm 0.1 [1\%]) \text{ m/s}^2$

## PIROTTINI IN VOLO

Problema proposto per l'Anacleto in Lab del 22 marzo 1999

### *Premessa*

Si consiglia di effettuare preliminarmente la prova allo scopo di evidenziare i punti critici nell'esecuzione delle misure per poter eventualmente suggerire agli studenti possibili accorgimenti operativi. Maggiore è l'altezza del punto di partenza e migliori sono le misure dei tempi. anche perché, così si riduce l'influenza della breve fase iniziale di moto accelerato.

### *Reperibilità*

Questi graziosi contenitori di carta per pasticcini, se lasciati cadere con la parte concava in alto, scendono nell'aria senza svolazzare, probabilmente a causa del bordo ondulato.

Sono in vendita nei supermercati, nei magazzini "fai da te" e in alcune cartolerie. Si consiglia di usare in questa esperienza pirottini il cui diametro di base non sia inferiore a 50 mm. Su alcune confezioni è indicata anche la densità di superficie della carta di cui sono fatti. Abbiamo fatto prove con pirottini di diversa densità tra cui quelli con densità di 40 g/m<sup>2</sup> e con densità di 60 g/m<sup>2</sup> e diametro 70 mm. Sono stati però allargati: la pila di pirottini è stata un po' appiattita. Con questo trattamento diventano facilmente deformabili e vanno maneggiati con delicatezza durante l'esperienza.

*Materiali che ogni studente (o gruppo di lavoro) avrà sul proprio tavolo:*

- Almeno 5 pirottini. Se ce ne sono a sufficienza si possono dare già suddivisi in gruppetti da 1. 2. 3. 4 e 5 esemplari. Fare attenzione perché aderiscono così bene l'uno all'altro che è facile sbagliare nel contarli. Se sono larghi e leggeri scendono lentamente e il tempo di discesa è facilmente misurabile con il cronometro. Non devono però essere così larghi e tanto leggeri da non cadere verticalmente.
- Un cronometro digitale sensibile a 1/100 s.
- Una stecca o un metro avvolgibile da almeno 2 m.
- Un paio di forbici.
- Carta millimetrata .
- Un righello.

### *Misure indicative*

Per la relazione tra  $n$  e  $t$ , il modello migliore è  $t^2 n = k$  quindi la proporzionalità inversa tra  $n$  e  $t^2$

Se il pirottino raggiunge la velocità limite in un tempo trascurabile, questa relazione implica la proporzionalità tra la resistenza dell'aria e il quadrato della velocità.

Nota: nei seguenti esempi di misure non sono riportate per ragioni di spazio le singole rilevazioni. ma si danno solamente i valori medi.

Pirottini A

Diametro  $d = 50$  mm; 100 pirottini pesano 27.0 g;

Altezza di caduta  $h = 1.90$  m.

$n$	tempo medio $t$ (s)	$n \cdot t^2$ (s <sup>2</sup> )
1	2.10 ± 0.05	4.4 ± 0.2
1.25	1.86 ± 0.05	4.3 ± 0.2
1.5	1.65 ± 0.05	4.1 ± 0.2
1.75	1.50 ± 0.05	4.0 ± 0.2
2	1.39 ± 0.05	3.9 ± 0.2
2.5	1.28 ± 0.05	4.1 ± 0.3
3	1.16 ± 0.05	4.0 ± 0.3
3.5	1.06 ± 0.05	4.0 ± 0.3
4	1.00 ± 0.05	4.0 ± 0.3
4.5	0.97 ± 0.05	4.3 ± 0.3
5	0.86 ± 0.05	3.7 ± 0.4

Pirottini B

Diametro  $d = 50$  mm ;

Densità superficiale  $ds = 40$  g/m<sup>2</sup>;

Altezza di caduta  $h = 1.95$  m .

$n$	tempo medio $t$ (s)	$n \cdot t^2$ (s <sup>2</sup> )
1	1.34 ± 0.05	1.8 ± 0.1
1.5	1.15 ± 0.05	2.0 ± 0.1
2	1.03 ± 0.05	2.1 ± 0.1
2.5	0.91 ± 0.05	2.1 ± 0.1
3	0.84 ± 0.05	2.1 ± 0.3

Pirottini C

Diametro  $d = 70$  mm ;

Densità superficiale  $ds = 60$  g/m<sup>2</sup>;

Altezza di caduta  $h = 1.95$  m ;

$n$	tempo medio $t$ (s)	$n \cdot t^2$ (s <sup>2</sup> )
1	1.79 ± 0.05	3.2 ± 0.2
1.5	1.45 ± 0.05	3.2 ± 0.2
2	1.31 ± 0.05	3.4 ± 0.2
2.5	1.15 ± 0.05	3.3 ± 0.2
3	1.03 ± 0.05	3.2 ± 0.3

Nota: base allargata.

### Pirottini D

Diametro  $d = 35 \text{ mm}$  ;  
Densità superficiale  $ds = 40 \text{ g/m}^2$  ;  
Altezza di caduta  $h = 2.10 \text{ m}$  .

$n$	tempo medio $t$ (s)	$n \cdot t^2$ (s <sup>2</sup> )
1	$1.43 \pm 0.08$	$2.0 \pm 0.2$
2	$1.05 \pm 0.12$	$2.2 \pm 0.5$
3	$0.88 \pm 0.10$	$2.3 \pm 0.5$
4	$0.84 \pm 0.07$	$2.8 \pm 0.4$
5	$0.82 \pm 0.06$	$3.4 \pm 0.5$

### Pirottini E

Diametro  $d$  : non specificato;  
Massa media di un pirottino  $m = 0.412 \text{ g}$  ;  
Altezza di caduta  $h = 2.04 \text{ m}$  ;

$n$	tempo medio $t$ (s)	$n \cdot t^2$ (s <sup>2</sup> )
1	$1.59 \pm 0.07$	$2.5 \pm 0.2$
2	$1.21 \pm 0.04$	$2.9 \pm 0.2$
3	$1.05 \pm 0.05$	$3.3 \pm 0.3$
4	$0.90 \pm 0.03$	$3.3 \pm 0.2$
6	$0.85 \pm 0.03$	$4.3 \pm 0.3$

### *Nota finale*

Può accadere che la relazione di proporzionalità inversa tra il quadrato dei tempi di caduta e il numero di pirottini non sia sufficientemente evidente. Ciò dipende da molti fattori contingenti relativi anche al tipo ed al numero di pirottini usati; il tempo in cui i pirottini si portano alla velocità di regime può non essere trascurabile rispetto ai tempi misurati. Una buona esplorazione dei dati andrà comunque valutata positivamente anche se lo studente non riesce a decidere una formula. La formula attesa è un risultato di prima approssimazione, pur essendo ragionevolmente l'unica accettabile tra quelle proposte.

Si consiglia, nella discussione dei risultati dopo la fine della prova, di sottolineare la natura della riproducibilità delle misure che deve essere richiesta a questo tipo di "esperimenti poveri", la cui esigenza può essere ben compresa dagli studenti.



## UN INSOLITO NATANTE

Problema sperimentale per la gara del 24 marzo 2000

### *Premessa*

Questo esperimento richiede agli studenti di sviluppare un progetto inventando un metodo di misura per ricavare i dati necessari a risolvere un problema. Si chiede infatti di progettare un procedimento sperimentale e di prendere le misure necessarie per decidere la quantità di zavorra da introdurre in un bicchiere per farlo galleggiare ritto in un liquido, immerso fino ad una predefinita linea di galleggiamento. In seguito si dovrà fare una prova di galleggiamento mettendo nel bicchiere la quantità di zavorra determinata precedentemente. È ammessa una sola prova di galleggiamento: si eviterà in questo caso di ottenere il risultato col metodo dei successivi tentativi ed errori.

Il testo è volutamente parco di direttive procedurali e lascia ciascuno studente libero di seguire uno dei diversi procedimenti possibili. Perché tutti gli studenti abbiano a disposizione le informazioni essenziali per giungere alla soluzione è riportata la legge di Archimede. Può bastare che si pensi in termini di equivalenza fra la massa del liquido spostato e la massa del bicchierino zavorrato.

La linea effettiva di galleggiamento sarà segnata e la differenza minore o maggiore con la linea prevista costituirà uno degli indici di successo della prova.

### *Materiali che ogni studente (o gruppo di lavoro) avrà sul proprio tavolo:*

- Si sceglieranno bicchierini di plastica a tronco di cono da circa  $20 \text{ cm}^3$ , se possibile fatti con materiale un po' trasparente. Sul bicchiere andrà segnata con un pennarello di colore rosso resistente all'acqua la linea di galleggiamento nella metà superiore del bicchiere. È opportuno preparare tre o quattro serie di bicchieri con linee di galleggiamento a diversi livelli. Al fine di agevolare la valutazione dei lavori è bene che gli insegnanti conoscano il volume della parte di bicchiere sottostante alle diverse linee di galleggiamento.
- Il liquido X può essere una soluzione satura in acqua di sale da cucina o, meglio, di zucchero.
- Su ogni banco di lavoro ci saranno circa  $30 \text{ cm}^3$  di soluzione (mezza tazzina) contenuta in una bottiglietta o altro contenitore che non consenta prove dirette di galleggiamento. È importante che il contenitore abbia dimensioni tali da non permettervi l'immersione del bicchiere così da evitare che lo studente giunga alla determinazione della corretta quantità di zavorra non attraverso la progettazione di una procedura operativa, bensì attraverso un atteggiamento improntato a tentativi con prove ed errori.
- Saranno preparate delle bacinelle di plastica (ne basterà una per classe) adatte a verificare alla fine il risultato del progetto di ciascuno studente. Potete segnare con un pennarello nero resistente all'acqua la linea effettiva di galleggiamento. Se la zavorra non è ben distribuita il bicchiere, galleggiando, si inclina vistosamente. Gli studenti dovranno essere avvisati di pareggiare il livello della zavorra prima di effettuare la prova di galleggiamento.
- Per zavorra si può usare riso, pallini di piombo molto piccoli o anche zucchero o sale. Quando si usano zucchero o sale sarà necessario fare attenzione a non bagnarli.

- Qualche studente potrebbe voler misurare il volume del bicchiere sottostante alla linea di galleggiamento usando l'acqua. Ne basterà un becher da 50 cm<sup>3</sup> o anche un normale bicchiere da vino pieni d'acqua su ciascun tavolo.
- La squadra ed il righello serviranno a quegli studenti che vogliono misurare il volume con la formula del tronco di cono. Suggeste la formula solamente a chi la chiede esplicitamente. È meglio se la squadra è del tipo con angoli di 30°, 60° e 90°.
- Non è necessario che ciascuno studente abbia una bilancia a disposizione: pure è opportuno che ce ne sia almeno una, precisa a 1 g, ogni otto studenti.

### Misure indicative

#### Volume dell'acqua spostata

Misurare il raggio della base del bicchiere,  $r$ .

Misurare il raggio della circonferenza alla tacca di galleggiamento.  $R$ .

Misurare l'altezza della linea di galleggiamento dal fondo del bicchiere.  $h$ .

$r(\text{cm})$	$R(\text{cm})$	$h(\text{cm})$
$2.30 \pm 0.05$	$2.91 \pm 0.02$	$5.3 \pm 0.1$

La circonferenza di galleggiamento è stata misurata usando un pezzetto di filo e ricavando dalla sua lunghezza il raggio. È possibile anche tagliare il secondo bicchiere di plastica all'altezza corrispondente alla linea di galleggiamento e misurare il diametro con il righello. L'altezza della linea di galleggiamento viene misurata dal fondo con la squadra appoggiata al tavolo usando il righello come traguardo per evitare errori di parallasse. L'incertezza della misura aumenta perché, appoggiando la squadra sul tavolo è probabile che sia necessario eseguire un'aggiunta per la traslazione dello zero della scala sulla squadra.

Il volume di acqua spostata è dato da

$$V_{\text{immerso}} = \frac{1}{3} \pi h (R^2 + r^2 + Rr) = (114 \pm 5) \text{ cm}^3 .$$

L'incertezza di misura è del 4.5% .

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta h}{h} + \frac{((2R+r)\Delta R + (2r+R)\Delta r)}{R^2 + r^2 + Rr}$$

Il volume (interno) del bicchierino fino al segno potrebbe essere misurato versando acqua fino al segno guardando controluce. Il volume d'acqua poi può essere misurato usando la siringa da 10 cm<sup>3</sup>. Dovrebbe venire notato esplicitamente che il bicchierino è molto sottile e il volume esterno differisce poco da quello interno.

#### Densità del liquido

Si misura più volte la massa di volumi d'acqua determinati mediante la siringa graduata.

Volume (cm <sup>3</sup> )	5	10	15	20	25	30
Massa (g)	4	9	14	20	24	30
Densità (g/cm <sup>3</sup> )	0.80	0.90	0.93	1.00	0.96	1.00

In questa prova il liquido era acqua; la densità risulta  $\rho = (0.958 \pm 0.018) \text{ g/cm}^3$  con scarto quadratico medio della media al 2%.

#### Massa dell'acqua spostata

$$M_{\text{spostata}} = \rho V_{\text{immerso}} = 109 \text{ g, con incertezza del 6\%.$$

#### Massa del bicchiere con la zavorra

Perché il bicchiere galleggi nell'acqua alla linea di galleggiamento fissata, la massa del bicchiere con la zavorra deve essere uguale alla massa dell'acqua spostata per il principio di Archimede. Il bicchiere viene messo sulla bilancia e poi riempito con la zavorra finché la massa non sia quella richiesta.

## LA DENSITÀ DEL VETRO

Problema sperimentale per la gara del 28 marzo 2001

*Materiali che ogni studente (o gruppo di lavoro) avrà sul proprio tavolo:*

- Usare un bullone da circa 50 g come massa campione. Il bullone verrà pesato con una bilancia elettronica e si annoterà la sua massa sul bullone stesso con un pennarello indelebile.
- I vetrini portaoggetti si trovano nei laboratori dotati di microscopi oppure possono essere acquistati da distributori di vetreria per laboratori. Per evitare che ci si faccia male maneggiandoli con disattenzione si raccomandano i vetrini a bordi molati.<sup>2</sup>
- Come fulcro si può usare un pezzo di circa 10 cm di profilato di lamiera angolare o anche una matita cilindrica.
- Il filo di cotone deve essere sottile ma robusto: con filo troppo sottile può accadere che legando il pacco dei vetrini e sospendendoli alla stecca il filo venga tagliato dai bordi di vetro.
- La stecca può essere una normale riga da disegno da 40 - 50 cm purché, non si fletta. Se si preferisce usare una stecca di legno si dovrà prepararla incollandovi una striscia di carta millimetrata.

I banchi di lavoro vanno disposti in modo che gli studenti possano lavorarvi intorno agevolmente.

Per evitare che gli studenti si intralcino quando prendono il materiale ci dovrebbe essere un banco di servizio ogni 4 - 6 banchi di lavoro.

Il foglio con il testo del problema va distribuito quando tutti i materiali sono pronti sui banchi.

#### *Misure indicative*

Si dovrà misurare il volume e la massa di un certo numero di vetrini. La scelta del modo in cui usare il materiale a disposizione per ottenere queste misure fa parte della prova stessa e perciò nel testo non sono indi-

---

<sup>2</sup> In caso lo si giudichi opportuno si tenga conto che esistono vetrini da microscopio di plastica commercializzati per bambini e che la prova potrebbe essere fatta anche con profilati di plastica rigida a sezione rettangolare opportunamente tagliati.

cati i modi per farlo. Raggiunto l'equilibrio delle masse si dovrebbe comunque osservare una deviazione evidente dall'equilibrio con uno spostamento del filo di supporto sulla riga di un solo millimetro: gli studenti dovrebbero darne conto nel rapporto tra le precauzioni di misura adottate.

Riportiamo i risultati di alcune prove eseguite nelle condizioni che verranno descritte di volta in volta:

#### Prima prova

Spigoli del pacco di dieci vetri:  $a = 1.15$  cm;  $b = 2.55$  cm ;  $c = 7.55$  cm.

Apprezzando le misure con una precisione di 0.05 cm il volume del vetro è

$$V = a \cdot b \cdot c = 22 \text{ cm}^3 \quad \text{con un'incertezza del } 7 \%$$

Per misurare la massa si è usata la stecca millimetrata appoggiata ad una staffa metallica sporgente dal banco e ricoperta di nastro adesivo rugoso da imbianchini per evitare che la stecca scivoli. Viene anzitutto fissato il centro di equilibrio della stecca libera da altri carichi e questo viene segnato con il pennarello. Successivamente, appoggiando sempre la stecca al fulcro nel centro di equilibrio, si sospendono dalle due parti il pacco dei dieci vetri e la massa campione  $m$  di 50 g con fili di lunghezza uguale. Spostando i punti di sospensione delle due masse appese si ottiene l'equilibrio e si annotano le distanze dal punto di appoggio dei punti di sospensione, sia del pacco dei vetri,  $l_1$ , sia della massa campione,  $l_2$ . La massa del vetro allora è

$$m_v = \frac{l_2}{l_1} m \quad \text{mentre la densità del vetro è } d = \frac{m_v}{V}$$

$l_1$ (cm)	$l_2$ (cm)	$m_v$ (g)	$d$ (g/cm <sup>3</sup> )
5.0	5.8	58.0	2.62
10.0	11.4	57.0	2.57
15.0	16.7	55.6	2.51
6.3	7.2	57.1	2.58
11.3	12.5	55.3	2.50
16.3	18.0	55.2	2.49
7.0	7.9	56.4	2.55
10.0	11.2	56.0	2.53
13.0	14.3	55.0	2.48
15.0	16.7	55.7	2.51

La densità media risulta 2.53 g/cm<sup>3</sup> con deviazione standard 0.04 e semidispersione massima 0.07.

Una misura con strumentazione più precisa ha dato, in questo caso, per il vetro dei portaoggetti densità di 2.55 g/cm<sup>3</sup>, compatibile con il valore misurato.

#### Seconda prova

In questa misura, eseguita su altri vetri, è stata usata, per pesarli, una riga millimetrata sospesa con un filo avvolto intorno ad essa. All'equilibrio la riga si trova in posizione orizzontale. La massa usata come campione è ancora di 50 g.

Misure del volume del pacco di vetri con la riga millimetrata:

$c = 7.60$  cm.  $b = 2.50$  cm.  $a = 1.60$  cm da cui  $V = 30 \text{ cm}^3$  con  $\epsilon_v = 6 \%$ .

Posizione sulla riga scarica del filo all'equilibrio: 25.00cm.

posizioni all'equilibrio delle masse (cm)		bracci (cm)		rapporto bracci
vetro	campione	vetro $l_1$	campione $l_2$	$l_2/l_1$
37.2	6.0	12.2	19.0	1.56
40.0	2.2	15.0	22.8	1.52
31.7	14.9	6.7	10.1	1.51
34.0	11.1	9.0	13.9	1.54
37.0	7.5	12.0	17.5	1.46
38.8	4.0	13.8	21.0	1.52

Media del rapporto 1.52, deviazione standard del rapporto 0.034.

massa vetrini 75.9 g, densità del vetro 2.50 g/cm<sup>3</sup>.

In altre misure prese con la riga sospesa si sono usati dei bicchierini di plastica per il caffè come contenitori delle masse. In questo caso l'equilibrio iniziale è stato determinato con i bicchierini appesi ed usando della sabbia per regolare l'equilibrio. Il risultato ottenuto è confrontabile con quelli indicati sopra.

### Terza prova

In questa prova la riga millimetrata è stata posta in equilibrio su un fulcro cilindrico (matita) fissato sul banco con del nastro adesivo. Si è usato nastro adesivo ruvido incollato sul fulcro per evitare lo scivolamento della riga.

Il volume è il medesimo trovato nella seconda prova. L'equilibrio è stato determinato nella posizione 25 cm della riga millimetrata. La massa campione ed il pacco dei vetrini sono stati appoggiati sulla riga annotando la posizione sulla riga del centro della massa campione e le posizioni laterali del pacco di vetrini appoggiato alla riga perpendicolarmente al suo asse: da queste è stato ricavato il punto medio come posizione del pacco di vetrini sulla riga.

posizioni all'equilibrio delle masse (cm)		bracci (cm)		rapporto bracci
vetro	campione	vetro $l_1$	campione $l_2$	$l_2/l_1$
30.50	16.50	5.5	8.5	1.55
29.55	18.00	4.6	7.0	1.54
30.80	15.50	5.8	9.5	1.64
34.40	11.00	9.4	14.0	1.49
36.10	8.00	11.1	17.0	1.53
38.85	4.00	13.9	21.0	1.52

(\*) La posizione delle masse sulla stecca viene determinata apprezzando la posizione centrale della base di appoggio.

Media rapporto 1.54, deviazione standard rapporto 0.051.

massa vetrini 77.2 g, densità del vetro 2.54 g/cm<sup>3</sup>.

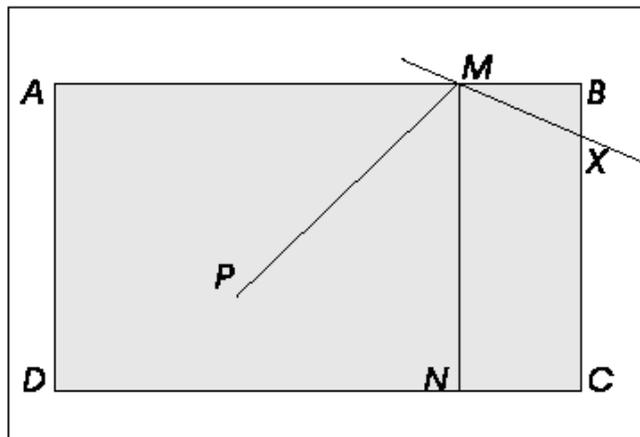
## OLTRE LO SPECCHIO

Problema sperimentale per la gara del 18 aprile 2002

### Presentazione

La prova consiste nello studio della riflessione data da uno specchio piano quando viene fatto ruotare attorno ad un asse contenuto nel suo piano. La particolarità dell'esperimento sta nel fatto che la linea di visione dell'immagine viene prefissata e l'oggetto, uno spillo, deve essere disposto in modo che la sua immagine sia vista secondo la direzione voluta. Ciò si ottiene facendo in modo che l'immagine sia allineata con un altro spillo e con un segmento che rappresenta l'asse attorno a cui sarà fatto ruotare lo specchio.

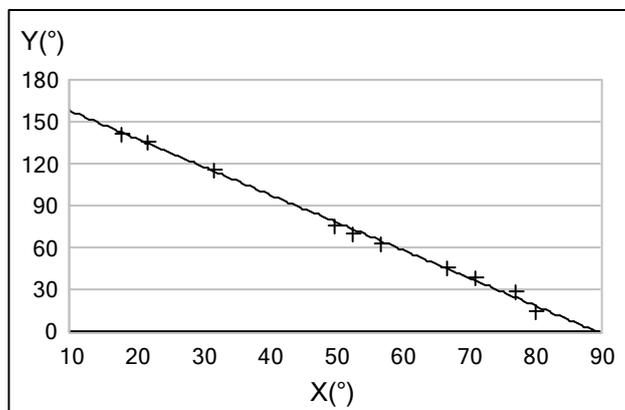
Nella figura MN rappresenta la linea di visione per un raggio luminoso che parte dallo spillo e va allo specchio. P il punto in cui è infisso lo spillo che risulta allineato con l'immagine data dallo specchio. Si indica con  $y$  la misura dell'angolo  $\widehat{PMN}$  e con  $x$  quella dell'angolo  $\widehat{MXB}$ : si chiede di determinare la relazione lineare fra  $y$  e  $x$ . Non è necessario che gli studenti conoscano le leggi della riflessione, né dovranno farvi ricorso per trovare la relazione richiesta che si basa sulle misure degli angoli determinati con il procedimento di allineamento descritto.



### Misure indicative

#### Prima serie

Prova n.	$x$ (°)	$y$ (°)
1	18.0	142.5
2	32.0	117.0
3	53.0	71.0
4	57.0	64.0
5	77.5	29.0
6	71.5	39.0
7	22.0	137.0
8	50.0	77.0
9	67.0	46.0
10	80.5	15.5



La migliore retta interpolante i dati della tabella precedente è  $y = -1.99x + 179^\circ$  con le incertezze  $\Delta m = 0.04$  e  $\Delta q = 2$ .

I valori trovati sono compatibili con quelli attesi dal modello dell'ottica geometrica per cui si vuole che sia  $m = -2$  e  $q = 180^\circ$ , infatti  $-2.03 < m < -1.95$  e  $177^\circ < q < 181^\circ$ .

### Seconda serie

Prova n.	x (°)	y (°)
1	50.0	79.0
2	55.0	71.0
3	57.0	64.0
4	64.0	54.0
5	67.0	46.0
6	71.5	39.0
7	73.0	32.5
8	77.5	29.0
9	81.5	16.5

Per la seconda serie di dati campione:  $q = 176$ ;  $m = -1.94$ ;  $\Delta m = 0,07$ ;  $\Delta q = 4$ .

Quando  $y = 0$  lo spillo oggetto è posto lungo la linea NM. Perché l'immagine si trovi allineata con la stessa linea il piano dello specchio deve essere perpendicolare alla linea di visione e quindi al lato BC del foglio. quindi  $x = 90^\circ$ . Con i dati della prima serie si troverebbe  $x = 89.9^\circ$  e con i dati della seconda serie invece si avrebbe  $x = 90.7^\circ$ .

Quando  $x = 0$  il piano dello specchio è parallelo al lato BC del foglio di carta. In questo caso non si riesce a vedere l'immagine lungo la linea di visione predeterminata qualunque sia la posizione dello spillo. In effetti si ha  $y = 180^\circ$ . Con i dati della prima serie si trova un valore  $y = 179^\circ$  e con quelli della seconda serie invece  $y = 176^\circ$ .

A prova finita. se lo si riterrà opportuno. si potrà dare ragione della relazione trovata in base alle leggi dell'ottica geometrica. Detti  $\hat{i}$  l'angolo di incidenza della luce e  $\hat{r}$  l'angolo di riflessione,  $\widehat{PMN}$  è la somma di  $\hat{i}$  e  $\hat{r}$  e, per le leggi della riflessione, il doppio di  $\hat{i}$ . Essendo MN parallela per costruzione a BC. gli angoli  $\widehat{M\hat{X}B}$  e  $\widehat{X\hat{M}N}$  hanno ambedue misura  $x$ . Inoltre l'angolo  $\widehat{X\hat{M}N}$  è complementare dell'angolo  $\hat{r}$ . Per quanto detto vale quindi la relazione

$$x = 90^\circ - \frac{y}{2}$$

La relazione teorica fra  $y$  e  $x$  è quindi lineare ed espressa in forma esplicita dall'equazione

$$y = 180^\circ - 2x$$

### Preparazione dei materiali per la prova

Abbiamo procurato delle tavolette di legno tenero (vanno bene anche rettangoli di cartone grosso o fogli di polistirolo) con dimensioni di circa (50 × 40) cm. Su questa base andrà fissato un foglio di carta formato A3. La base sottostante di cartoncino o legno deve essere più ampia del foglio di carta quanto basta per fare in modo che lo specchio possa essere ruotato e rimanere sempre tutto sopra la base stessa, altrimenti la posizione dello specchio potrebbe rivelarsi instabile.

Rivolgersi ad un vetraio per ritagliare strisce di specchio di circa (20 × 5) cm. I bordi degli specchi dovranno essere molati per evitare che siano taglienti.

Durante la prova il piano dello specchio dovrà essere mantenuto in posizione verticale: per sostenere lo specchio si possono usare blocchetti di legno con delle fenditure, pezzi di plastilina, piccoli profilati a L fissati con nastro adesivo al retro dello specchio, cilindri di cartone fissati sul retro dello specchio ecc.

## LA BOTTIGLIA ZAMPILLANTE

Problema sperimentale per la gara del 6 maggio 2003

### *Presentazione*

La "bottiglia zampillante" propone, a costo quasi nullo, la "Bottiglia di Mariotte"<sup>3</sup> che permette di ottenere un flusso costante di liquido da un recipiente. La bottiglia ha un tappo forato e attraversato da un tubicino che pesca nell'acqua contenuta nella bottiglia stessa. Un forellino sulla superficie laterale della bottiglia permette all'acqua di uscire, spinta dalla pressione idrostatica dell'acqua stessa. Attività con bottiglie forate sono frequentemente proposte all'osservazione dei bambini sia nelle scuole del ciclo primario che nei "musei delle scienze"; nel nostro caso si chiederà di effettuare delle misure e da esse di trarre alcune conseguenze senza però entrare nel merito della teoria idrodinamica della quale si danno alcuni cenni per chi desideri approfondire l'argomento.

*Materiali che ogni studente (o gruppo di lavoro) avrà sul proprio tavolo:*

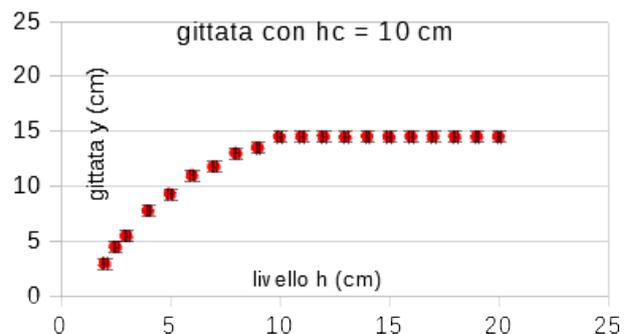
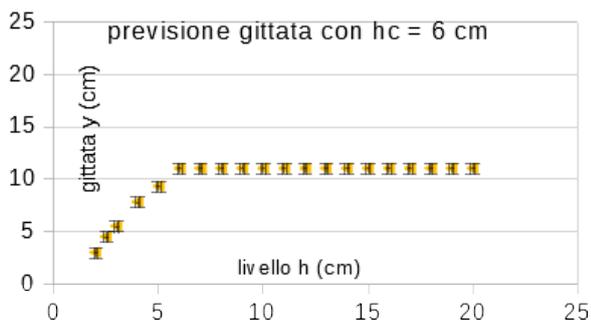
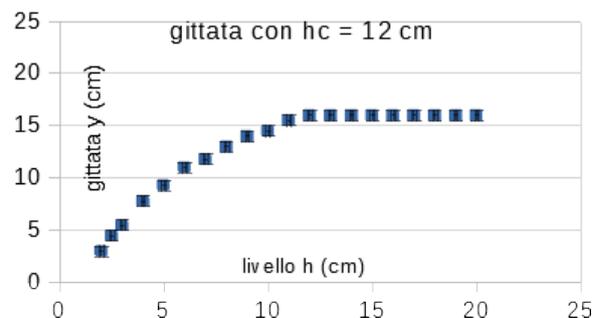
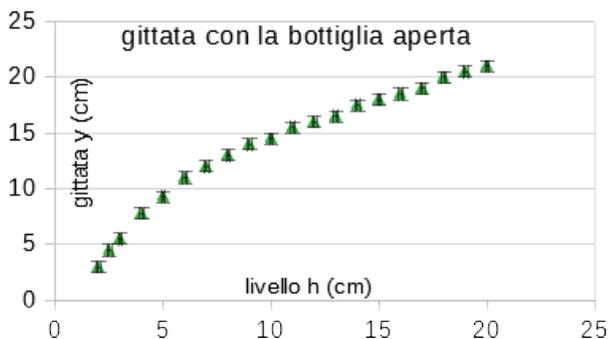
- Bottiglia di plastica da 1.5 L. La bottiglia ha un'altezza compresa tra 32 cm e 35 cm e va forata a circa 10 cm dal fondo. Per farlo si consiglia di usare un ago da cucire grosso, di quelli da lana, con la punta scaldata alla fiamma. Il forellino deve avere un diametro di circa 1.5 mm. Se è troppo stretto l'acqua esce troppo lentamente, se è troppo largo il getto può risultare irregolare. È consigliabile usare una bottiglia che non presenti anse (o almeno non troppo marcate) per evitare errori di parallasse nella misura del livello  $h$  dell'acqua con il righello appoggiato alla superficie laterale della bottiglia. Le anse però non influiscono sull'andamento della gittata  $y$  in funzione del dislivello  $h$ .
- Tappo a vite della bottiglia, forato ed attraversato da un tubicino di vetro o di plexiglas trasparente delle dimensioni di una cannuccia da bibite. Se non fosse possibile trovare il tubicino trasparente si può usare una cannuccia da bibite, ma in questo caso si perderà la possibilità di osservare il movimento dell'acqua all'interno del tubicino. Il tappo a vite della bottiglia si può forare con un trapano o con un ferro da calza metallico, grosso e arroventato; si inserisce il tubicino lasciandone sporgere da 10 a 15 cm dalla parte che entrerà nella bottiglia. Con il tappo avvitato la distanza fra la base del tubicino interna alla bottiglia e il livello del foro dovrebbe essere di  $10 \div 12$  cm. Sigillare l'ingresso del tubicino nel tappo con pasta adesiva lasciandolo asciugare bene.
- Vaschetta per raccogliere l'acqua che uscirà dalla bottiglia. È sufficiente una teglia da forno di alluminio da 3 litri. Si trovano nei supermercati. Le dimensioni di quella usata nelle prove erano [29 cm×22 cm×4.5 cm]. Si possono usare anche vaschette di plastica di forma simile.
- 2 elastici.

---

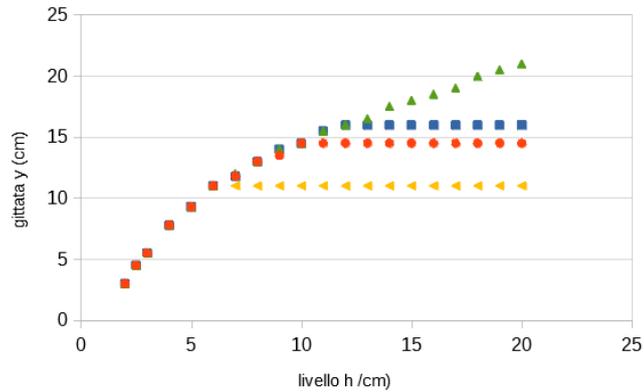
<sup>3</sup> Edme Mariotte 1620-1684. La bottiglia di Mariotte è utilizzata oltre che in attività di laboratorio, per il rifornimento controllato di carburante, nello studio delle infiltrazioni di liquido in diversi tipi di terreno e in genere quando c'è bisogno di un efflusso di liquido a velocità costante.

- Righello millimetrato (20 cm) che verrà applicato nel corso della prova sulla parete della bottiglia con i due elastici. Serve per misurare i dislivelli  $h$  e  $h_C$ . Gli studenti dovranno quindi porre lo "zero" della scala il più vicino possibile al forellino. Per misurare  $h_C$  con facilità e senza errori di parallasse, si consiglia di attendere il momento in cui l'acqua sarà arrivata alla base della cannucchia.
- Righello millimetrato (30 cm o 40 cm a seconda delle dimensioni della vaschetta) per misurare la gittata. La lunghezza del righello dipende dalla distanza tra i suoi due punti di appoggio. Non deve essere appoggiato sul fondo della vaschetta, perché il getto si allarga "atterrando" e inoltre, come l'acqua sale nella vaschetta, si sposta facilmente fluttuando.
- Base d'appoggio per la bottiglia. Serve per portare il fondo della bottiglia al livello del righello con cui si misurerà la gittata. Si possono usare spessori di legno o di polistirolo (larghi), o piccoli contenitori a forma di parallelepipedo o a tronco di cono rovesciati (per esempio quelli da 250 g di ricotta).
- Stuzzicadenti. Serve per tappare il forellino.
- Un secchio con acqua.
- Bicchiere, da almeno 0.25 L, o piccola caraffa o dosatore da cucina o mestolo. Si usa sia per togliere l'acqua dalla vaschetta, sia per versare l'acqua nella bottiglia attraverso l'imbuto.
- Imbuto, per versare l'acqua nella bottiglia. A tale scopo si può attingere l'acqua dal secchio con il bicchiere.
- Carta assorbente. Ne serve una lunghezza di almeno 60 cm. Andrà sistemata tra l'apparecchiatura e il piano del tavolo per assorbire l'acqua che uscirà dal forellino, specialmente nella fase finale delle due prove, quando la gittata si riduce a zero e l'acqua scorre lungo la parete della bottiglia.
- Foglio protocollo e foglio di carta millimetrata per la relazione sull'esperimento ed i grafici.

### Misure indicative



tutti i grafici a confronto



<b>BOTTIGLIA DA 1.5 Litri</b>				
livello $h$ (cm) $\pm 0.1$ cm	gittata <sup>4</sup> $y$ (cm) $\pm 0.5$ cm			
	bottiglia aperta	bottiglia con tappo e cannuccia		
		$h_c = 10$ cm	$h_c = 12$ cm	$h_c = 6$ cm (previsione)
20	21.0	14.5	16.0	11.0
19	20.5	14.5	16.0	11.0
18	20.0	14.5	16.0	11.0
17	19.0	14.5	16.0	11.0
16	18.5	14.5	16.0	11.0
15	18.0	14.5	16.0	11.0
14	17.5	14.5	16.0	11.0
13	16.5	14.5	16.0	11.0
12	16.0	14.5	16.0	11.0
11	15.5	14.5	15.5	11.0
10	14.5	14.5	14.5	11.0
9	14.0	13.5	14.0	11.0
8	13.0	13.0	13.0	11.0
7	12.0	11.8	11.8	11.0
6	11.0	11.0	11.0	11.0
5	9.3	9.3	9.3	
4	7.8	7.8	7.8	
3	5.5	5.5	5.5	
2.5	4.5	4.5	4.5	
2	3.0	3.0	3.0	

4 L'incertezza delle misure della gittata è dovuta principalmente alla pulsazione del getto.

**Domanda 1**

**1.a** Chiudendo con un dito la cannuccia si nota che la gittata in poco tempo diminuisce e si annulla, un po' d'acqua continua ad uscire scorrendo lungo la bottiglia.

**1.b** L'acqua esce ancora per un po', aumenta il volume sotto al tappo, poiché non entrano più le bolle d'aria la pressione interna alla bottiglia si riduce. Sul foro, dalla parte interna alla bottiglia, la pressione infine fa equilibrio alla pressione atmosferica dalla parte esterna.

**Domanda 2** Bottiglia con imboccatura aperta: la gittata  $y$  diminuisce sempre più al diminuire del dislivello  $h$ . Bottiglia con tappo e tubicino: la gittata  $y$  resta costante al diminuire del dislivello  $h$ , finché la superficie dell'acqua non arriva alla base della cannuccia ( $h = h_c$ ). Da questo momento in poi la gittata  $y$  diminuisce come faceva con la bottiglia aperta.

**Domanda 3** La risposta a questa domanda dipende dai dati sperimentali che potranno variare sensibilmente da un'apparecchiatura ad un'altra, dipendendo principalmente dall'altezza  $z$  del foro rispetto al righello orizzontale.

Con i dati dei grafici riportati sopra, le risposte sono (si vedano il grafico e la "previsione" nella figura precedente):

Per  $h_c = 6$  cm

**3.a** con  $h_1 = 4$  cm,  $y_1 = 8$  cm. In questo caso, con  $h_1 < h_c$ , la gittata è la stessa che si avrebbe con bottiglia aperta.

**3.b** con  $h_2 = 9$  cm,  $y_2 = 11$  cm. In questo caso, invece, con  $h_2 > h_c$ , si è nella fase di gittata costante;  $y$  ha lo stesso valore che assume per  $h = h_c$  negli altri due grafici.

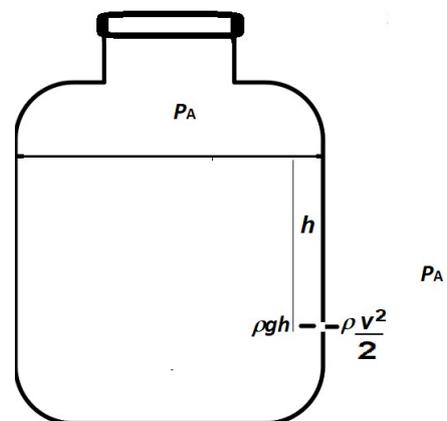
**Note di teoria**

Nella prima fase, con la bottiglia priva del tappo, la velocità  $v$  di efflusso è  $v = \sqrt{2gh}$  (1) dove  $g$  è l'accelerazione di gravità e  $h$  il dislivello tra il foro e il livello, variabile, dell'acqua nella bottiglia. La relazione vale per un liquido ideale. Si noti che è la medesima velocità che avrebbe un oggetto quando è caduto da altezza  $h$ .

Se si ammette che non ci siano perdite di energia a causa di vorticosità o attriti, ai due lati del foro di efflusso la pressione interna nel liquido è bilanciata, fuori dalla bottiglia, dalla velocità del getto d'acqua,  $v$ :

$$P_A + \rho gh = P_A + \rho \frac{v^2}{2}$$

$\rho$  è la densità del liquido,  $P_A$  la pressione atmosferica, da cui la (1). Si è tenuto conto del teorema di Bernoulli sulla pressione di un fluido in moto laminare con data velocità. Volendo ricavare in tal modo la gittata attesa teoricamente si avrebbero risultati piuttosto deludenti non potendo nelle semplici condizioni dell'esperimento garantire un moto laminare dell'acqua in efflusso né effetti di attrito dovuti ai bordi del foro e nemmeno la possibilità di trascurare l'effetto della resistenza dell'aria. Ne può risultare una utile discussione sui limiti di validità delle formule della fisica.



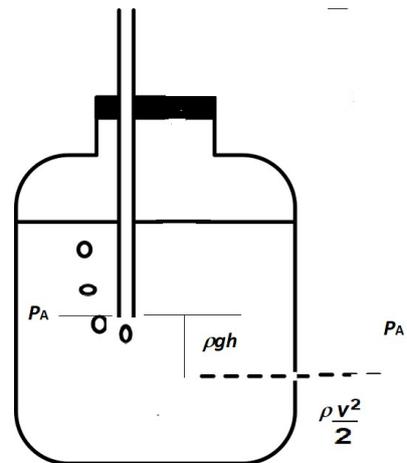
Nel caso della bottiglia di Mariotte si nota che a regime il tubicino risulta svuotato dell'acqua e quindi alla sua base c'è la pressione atmosferica. Il dislivello fra il foro d'uscita dell'acqua e la sezione a pressione atmosferica rimane dunque costante finché la base della cannuccia resta immersa in acqua.

La velocità  $v$  di efflusso è costante

$$v_2 = \sqrt{2gh_c} \quad (2)$$

dove  $g$  è l'accelerazione di gravità e  $h_c$  il dislivello costante tra il foro e la base della cannuccia.

Quando la cannuccia non è più immersa in acqua il regime è quello osservato nella prima fase dell'esperimento.



Osservando più in dettaglio la fase iniziale della prova, quando ancora il foro di efflusso dell'acqua è tappato, si nota che il tubicino è parzialmente riempito d'acqua, come ci si aspetta per dei vasi comunicanti. L'aria fra la base del tappo e il livello superiore dell'acqua nella bottiglia è a pressione atmosferica. Aprendo il foro la pressione idrostatica dell'acqua sopra di esso spinge fuori un getto d'acqua, il volume d'aria sotto al tappo aumenta e quindi diminuisce la sua pressione, non c'è più equilibrio di pressione ai due estremi del tubicino, la pressione atmosferica esterna spinge nel tubicino, lo svuota dell'acqua che contiene e quindi spinge bolle d'aria dentro alla bottiglia. Alla base del tubicino si mantiene la pressione atmosferica.

L'acqua che esce dal foro ha una gittata  $y$  che dipende, sia dalla velocità di uscita del getto, sia dall'altezza  $z$  del foro rispetto al piano orizzontale di arrivo o dove si effettua la misura.

In condizioni ideali (assenza di resistenze passive)

$$y = 2\sqrt{hz}$$

come si può ricavare dalle tre equazioni seguenti:

velocità di efflusso	$v = \sqrt{2gh}$
gittata	$y = v t_{\text{volo}}$
spostamento verticale	$z = \frac{1}{2} g t_{\text{volo}}^2$

La gittata misurata sperimentalmente risulta, come già detto, significativamente minore di quella calcolata e ciò dipende soprattutto dal diametro e dalla forma del forellino. Si osserva comunque che la gittata segue le sorti della velocità effetto della differenza di pressione tra interno ed esterno del foro.

## UNA BANDA ELASTICA COME DINAMOMETRO?

Problema sperimentale per la gara del 6 maggio 2004

### Presentazione

L'esperimento mira ad osservare l'andamento della deformazione di un elastico quando è sottoposto ad una forza traente gradualmente crescente e gradualmente decrescente.

In genere un elastico presenta una deformazione pressoché lineare rispetto alla trazione solamente in un intervallo della forza applicata.  $\vec{F}$ .

Una migliore approssimazione del comportamento del materiale è data dalla formula

$$F = kT(x - x^{-2})$$

dove  $x$  è la deformazione relativa dell'elastico allungato:  $x = L/L_0$ ,  $T$  è la temperatura assoluta dell'elastico e  $k$  una costante che dipende dalla lunghezza e dallo spessore dell'elastico e dal materiale di cui è fatto. La costante inoltre dipende dalle condizioni iniziali dell'elastico ed è diversa nel caso che l'elastico venga caricato da forze crescenti oppure sia scaricato riducendo la forza che lo deforma.

Rappresentando su un piano cartesiano l'allungamento dell'elastico in funzione della forza che lo tende si ottiene una curva che presenta una regione lineare. Riducendo poi gradualmente la tensione, la curva che si ottiene è diversa dalla precedente; infatti gli allungamenti, a parità di tensione, sono in genere maggiori di quelli ottenuti per le medesime forze nella fase di aumento della tensione.

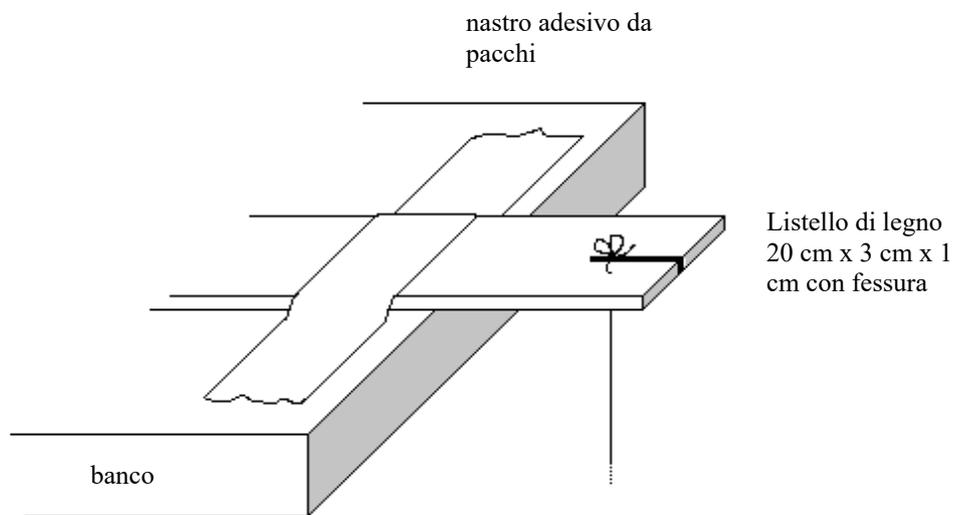
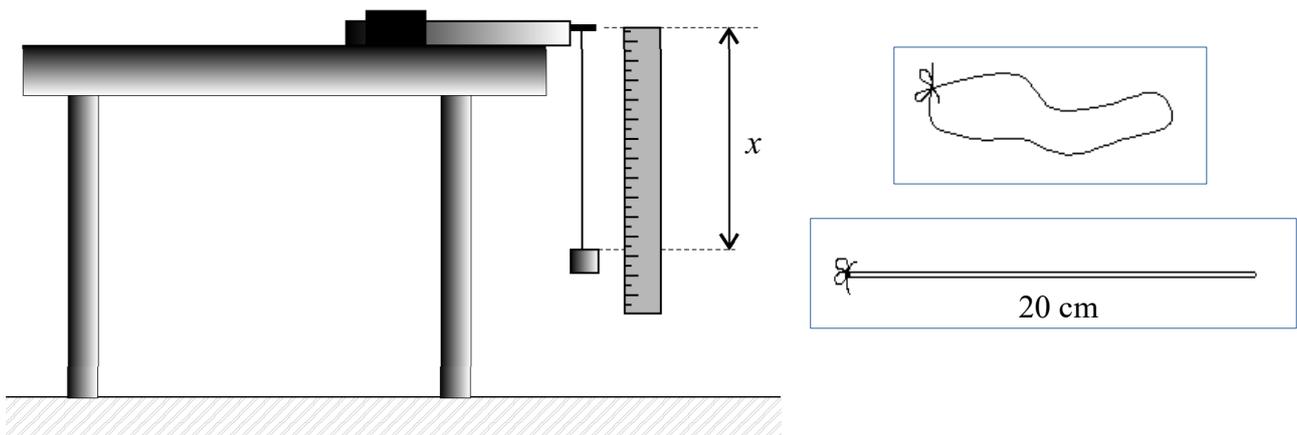
Si tratta di un fenomeno di isteresi caratteristico del materiale che, nella fase di accorciamento, subisce cambiamenti a livello microscopico a spese di parte dell'energia ricevuta nella fase di allungamento. Generalmente si nota anche un piccolo allungamento permanente quando l'elastico è completamente libero da trazione. Se lo stesso elastico fosse testato di nuovo allo stesso modo di prima gli allungamenti registrati risultano in genere maggiori. Non presentando una perfetta reversibilità rispetto alle deformazioni generate da una forza di trazione l'elastico, che non mostra di essere perfettamente elastico, non sarà uno strumento affidabile se si vorrà usare come dinamometro. La prova non risulterà quindi ripetibile con i medesimi esiti.

Si può osservare anche che la risposta alla trazione non è pronta e si notano delle variazioni di lunghezza mantenendo la medesima forza di trazione per qualche minuto.

*Materiali che ogni studente (o gruppo di lavoro) avrà sul proprio tavolo:*

- L'elastico da usare si acquista in rocchetti nelle mercerie chiedendo del "filo elastico". Si consiglia di usare filo elastico nuovo lungo circa 45-50 cm. nel quale si annoderanno le due estremità in modo da ottenere un elastico doppio di lunghezza 20 cm. circa.
- La tensione potrà essere generata caricando il filo sospeso verticalmente ad un supporto con dadi di acciaio tutti uguali con massa di circa 10 - 15 g. Usando dadi più leggeri sarà maggiore il numero delle misure da prendere: si giudichi quindi la disponibilità degli studenti a porre attenzione ad un più alto numero di misure e si scelgano i dadi in conseguenza.
- L'elastico può essere appeso ad un'asticciola fissata trasversalmente al banco con nastro adesivo da pacchi. Può essere utile infiggere un chiodo alla sua estremità, facendo in modo che stia ben fermo anche quando si aggiungeranno dei pesi all'elastico.

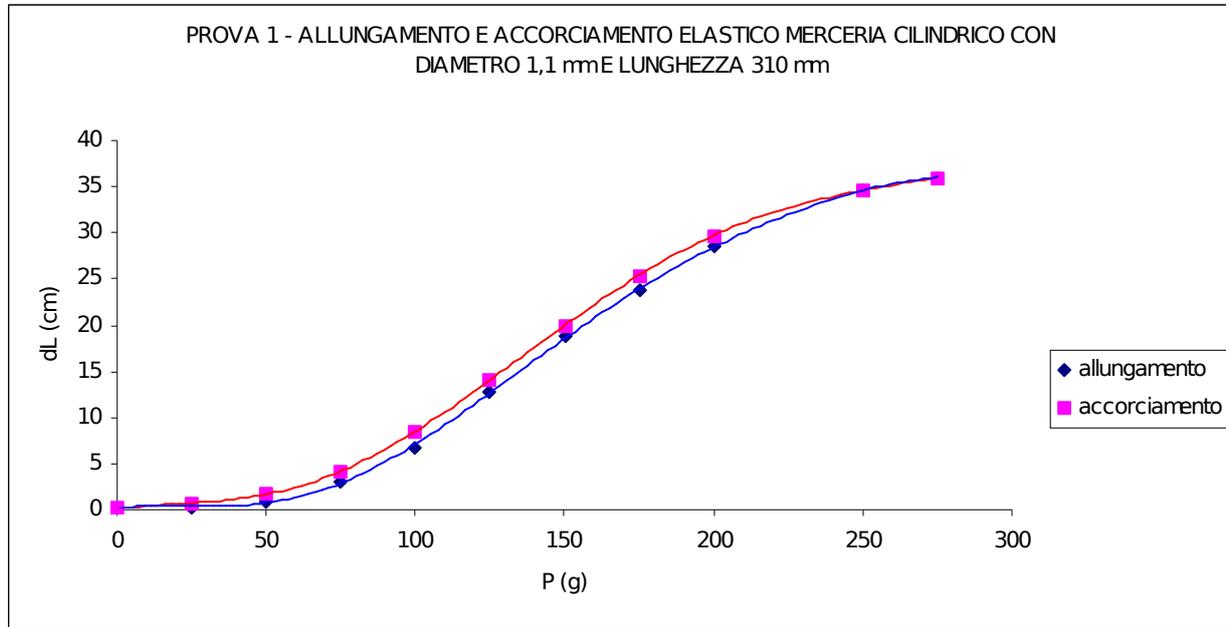
- Le misure della lunghezza dell'elastico saranno prese con una riga.
- I dadi potranno essere inseriti in una reticella (vanno bene quelle leggere usate per i frutti) o in un cestello preparato con un bicchiere di plastica e uno spago sottile fermato a modo di manico attraverso due forellini praticati nel bicchiere.
- Reticella o cestello saranno appesi alla banda elastica mediante un gancio che si può ottenere da un fermaglio di misura grande.



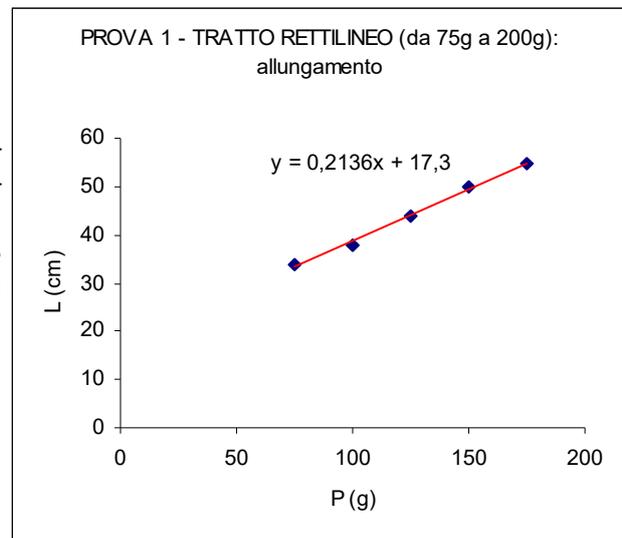
*particolare della zona di sospensione*

Misure indicative

Usando dadi da 25 g ciascuno e una banda elastica di spessore 1.1 mm e lunga, da scarica, 31 cm si è trovato:



Una possibile estensione del lavoro è la stima dell'energia dissipata nella deformazione dell'elastico. Tracciando il grafico su carta millimetrata si potrà calcolare l'entità di energia rappresentata dall'area di  $1 \text{ mm}^2$  e stimare l'area della superficie racchiusa fra le due curve contando i quadratini del foglio.



## UN PARACADUTE INVISIBILE

Problema sperimentale per la gara del 6 maggio 2005

### Presentazione

Per illustrare gli effetti dell'induzione elettromagnetica si può lasciar cadere una pastiglia magnetica dapprima attraverso un tubo di plastica, tenuto in posizione verticale, e poi attraverso tubi di rame o di alluminio. La variazione di flusso di induzione magnetica dovuta alla caduta del magnete induce correnti parassite nel tubo metallico e queste a loro volta determinano una forza che agisce sul magnete e che, per la legge di Lenz, tende a ridurre la velocità fino a raggiungere, se il magnete è abbastanza intenso e il tubo abbastanza stretto o a pareti sufficientemente spesse, una velocità limite. Questa dimostrazione viene spesso presentata nei musei della scienza riscuotendo notevole successo per la meraviglia suscitata dall'inatteso rallentamento del magnete.

Un semplice modello prevede una forza resistente  $\vec{R}$ , proporzionale alla velocità del corpo in caduta, collineare ad essa e con verso contrario,  $\vec{R} = -c\vec{v}$ .

Il magnete allora, entro al tubo metallico, è soggetto alla forza complessiva data dalla forza di resistenza e dal suo peso: la seconda legge della dinamica si scrive in questo caso nella forma

$$mg - cv = m \frac{dv}{dt}.$$

Integrando si ricava l'equazione del moto in cui la velocità assume andamento esponenziale e tende ad un valore limite,  $v_L = \frac{mg}{c}$ .

Relazioni analoghe si troveranno in tutti i casi in cui una forza si oppone al moto di un oggetto con intensità proporzionale alla sua velocità. La seconda parte della prova è volta ad evidenziare questo fatto.

Probabilmente una buona parte degli studenti che partecipano ai Giochi di Anacleto non ha conoscenze sufficienti sul fenomeno dell'induzione magnetica per spiegare, sia pure a grandi linee, ciò che succede e sicuramente pochi dominano la matematica necessaria per elaborare un modello efficace del fenomeno. In questa proposta perciò non si entra nel merito della natura del fenomeno che viene analizzato seguendo invece un approccio mirato a descrivere il modo in cui si svolge, a mettere in luce alcuni parametri significativi ed a determinare alcune relazioni fra di essi. Lo studente che affronta la prova di Anacleto avrà il compito di indagare il moto del magnete in diversi tratti del tubo e di osservare che, con i magneti ed i tubi proposti, i dati di misura sono compatibili con una velocità costante. Si potrà dunque ipotizzare l'esistenza di una forza frenante che a regime è pari al peso del magnete.

La situazione di regime e la corrispondente velocità limite si stabiliscono in tempi molto brevi<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Uno studio accurato sull'andamento del transitorio in analoga situazione, condotto con un sistema di sensori interfacciati a computer, è descritto in A. Sconza. G. Torzo - Il freno elettromagnetico: un altro esperimento sulla legge di Lenz - La Fisica nella Scuola XXXV (3) 2002

Anche l'effetto che può avere la resistenza dell'aria in analoghe condizioni è risultato trascurabile, circa lo 0.1% delle forze elettromagnetiche che agiscono sul magnetino in caduta all'interno del tubo metallico: lo riporta uno studio accurato di questo sistema condotto da C. S. MacLachy ed altri. In questo articolo viene elaborato un modello, in buon accordo con i dati sperimentali, per la velocità limite in relazione ai parametri significativi del sistema e soprattutto alla distribuzione del campo magnetico generato dal magnetino durante la sua caduta entro il tubo. La trattazione è interessante e lascia spazio ad ulteriori indagini, sicuramente condotta ad un livello più arduo di quanto si voglia nei Giochi di Anacleto, per cui rimandiamo chi fosse interessato all'articolo originale.<sup>6</sup>

*Materiali che ogni studente (o gruppo di lavoro) avrà sul proprio tavolo:*

- Si usano per la prova piccoli magneti con momento magnetico decisamente più intenso di quelli normalmente usati, per esempio, per assicurare la chiusura delle ante dei mobili. Nelle nostre misure abbiamo utilizzato magneti tratti dalle confezioni di costruzioni che si trovano facilmente dove si vendono giocattoli. Le confezioni che abbiamo usato contenevano materiali per quattro postazioni di lavoro, con 4 magnetini cilindrici lunghi 2 cm circa, ai quali è stata tolta la plastica di rivestimento per ottenere un diametro di 5.0 mm; nella medesima confezione abbiamo trovato anche 5 magnetini più corti, lunghi circa 1.5 cm, utilizzati per bloccare gli altri magnetini entro al tubo all'altezza stabilita. Risultati anche migliori si ottengono con piccole pastiglie magnetiche fatte con una lega di neodimio - ferro - bromo. con diametro di 8.0 mm e spessore 4.0 mm: si possono acquistare su internet nei settori del fai-da-te.

**SICUREZZA:** fare attenzione nell'acquisto di magneti particolarmente intensi (grandi dimensioni, intensità speciali) e seguire le avvertenze di sicurezza del venditore.

- Ciascuna postazione di lavoro dovrà disporre di un tubo metallico di rame o alluminio. lungo 2 metri. Il diametro del tubo sarà adattato a quello del magnete che vi deve cadere ed esservi contenuto di misura. Il rame però è notevolmente più costoso dell'alluminio quindi si consiglia di usare tubi di alluminio possibilmente abbastanza spessi (2 - 3 mm) così da compensare la minore conducibilità ed ottenere un buon effetto frenante riducendo comunque la resistenza elettrica ed aumentando così la densità di corrente.

*NOTA: Tubi di rame di uguale lunghezza e diametro interno e con spessori diversi, o con uguale lunghezza e spessore e diverso diametro possono essere utilizzati per interessanti dimostrazioni (ed esplorazioni) in classe da condurre nella fase di discussione dopo la prova. Sarebbe bene disporre anche di un tubo di plastica rigida per il confronto.*

- Le pastiglie magnetiche al neodimio possono spezzarsi a seguito di urto: per tale motivo e per evitare rincorse nel caso che cadendo rotolino in giro per l'aula sarà prudente fornire delle scatoline di raccolta entro cui appoggiare la base inferiore del tubo.
- Tondino di ottone.

---

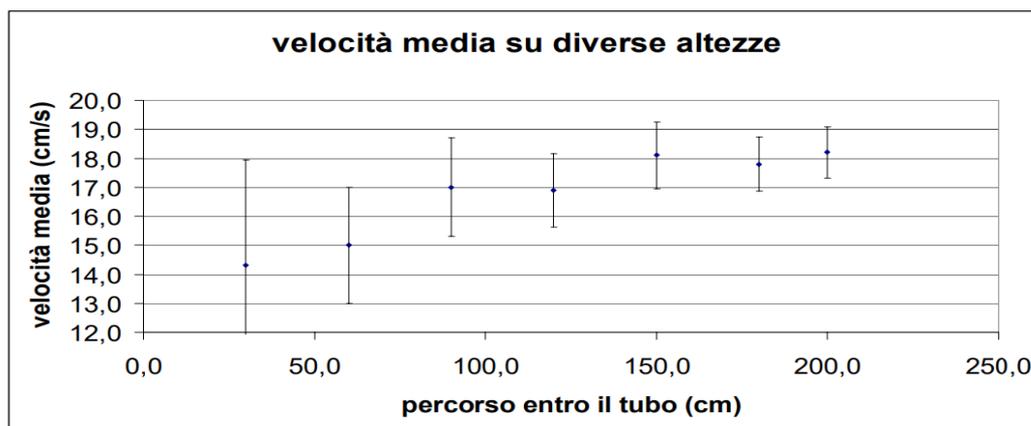
<sup>6</sup> In bibliografia

- Per studiare la relazione fra velocità limite e massa che cade si trattiene il magnete all'interno del tubo, all'altezza voluta, con un altro magnete. Poi si lascia cadere nel tubo un piccolo segmento di tondino d'ottone: tolto il magnete che funge da fermo, magnetino e tondino d'ottone cadranno solidalmente. Abbiamo usato tondini di ottone di diametro non superiore a 0.5 cm fatti tagliare in tratti di lunghezza di circa 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 e 15.0 cm. Si ricavano da un tondino di ottone di uno o due metri di lunghezza. Va fornita la densità lineare del tondino. In questo caso gli studenti calcolano la massa dei diversi segmenti dopo averne misurata la lunghezza ed aggiungono la massa del magnetino che verrà fornita all'inizio della prova.

*NOTA: Se dovesse essere difficile procurarsi i segmenti di tondino d'ottone o anche se si volesse alleggerire il lavoro degli studenti si può fornire loro dei dadini d'ottone tutti uguali in modo che ad ogni misura possano aggiungere una massa di circa 2.5 grammi. La variante va spiegata prima dell'inizio della prova a cura dell'insegnante che vi assiste e la massa dei dadini fornita, insieme a quella del magnete.*

### Misure indicative

Con un tratto di tubo di alluminio lungo 201.5 cm, con diametro esterno di 0.80 cm e diametro interno di 0.55 cm e un magnete cilindrico lungo 2.05 cm, di diametro 0.50 cm e massa 4.3 g abbiamo trovato:

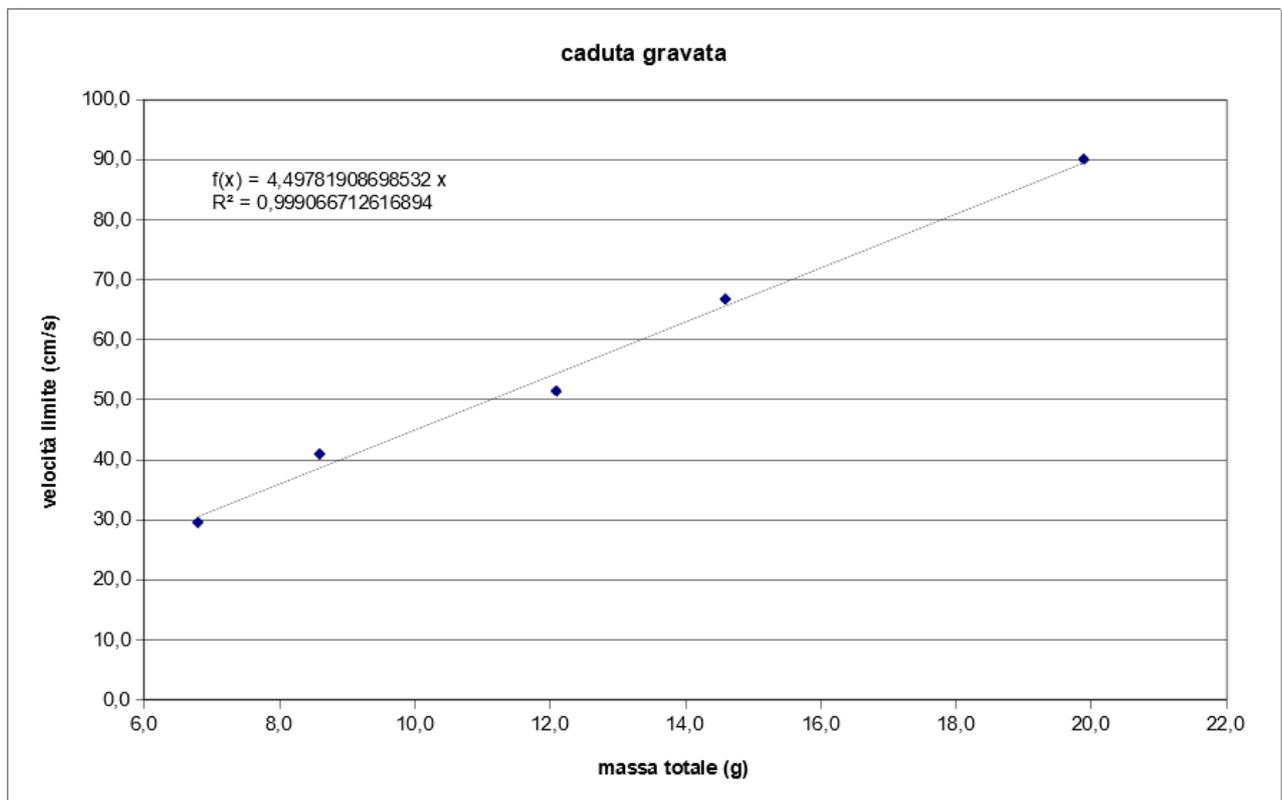


Per ogni altezza sono state effettuate tre misure dei tempi di caduta.

(cm)	dh (cm)	$t_{\text{media}}$ (s)	dt (s)	$v$ ( $\text{ms}^{-1}$ )	dv ( $\text{ms}^{-1}$ )
200.0	0.5	11.0	0.2	18.2	0.9 (5%)
180.0	0.5	10.1	0.1	17.8	0.9 (5%)
150.0	0.5	8.3	0.1	18.1	1.1 (6%)
120.0	0.5	7.1	0.1	16.9	1.3 (7%)
90.0	0.5	5.3	0.1	17.0	1.7 (10%)
60.0	0.5	4.0	0.0	15.0	2.0 (13%)
30.0	0.5	2.1	0.1	14.3	3.6 (25%)

Si potrebbe dire che una velocità di 17 cm/s sia compatibile con tutte le misure rilevate ma si dovrebbe anche osservare l'incertezza rilevante dei valori ottenuti nei due percorsi più brevi per cui, con precauzione, si potrebbe concludere che in base alle osservazioni fatte dopo (4 - 5) s dall'inizio della caduta nel tubo la velocità misurata del magnete è compatibile con un valore costante compreso fra 17.3 cm/s e 18.2 cm/s.

Per esplorare la dipendenza della velocità limite dalla massa il magnete è stato lasciato cadere sempre da un'altezza di 180 cm, gravandolo via via con segmenti di tondino d'ottone. Anche in questo caso sono state prese tre misure per ogni caduta entro il tubo. La costante data dal rapporto fra il peso in caduta e la velocità limite è la costante di proporzionalità  $c$  fra la forza resistente e la velocità richiamata nella parte iniziale di queste brevi note.



## LA DENSITÀ DELL'OLIO

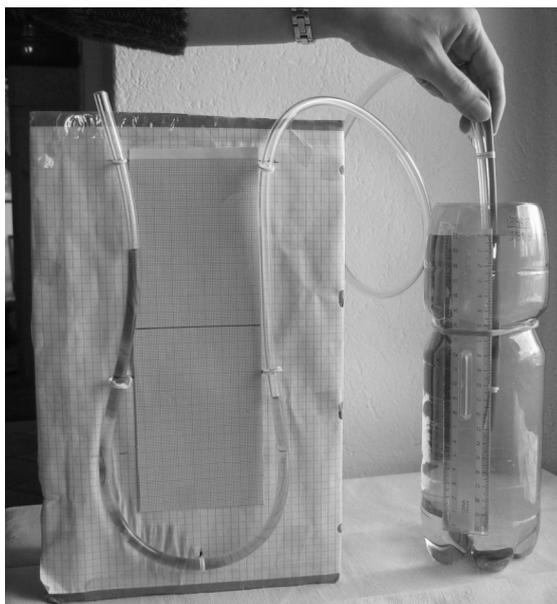
Problema sperimentale per la gara del 8 maggio 2006

### Presentazione

In questo esperimento ci si propone di determinare il rapporto tra la densità dell'olio di oliva e quella dell'acqua osservando come i due liquidi si dispongono in un tubo flessibile incurvato ad U. Si tratterà quindi di studiare l'uguaglianza di due pressioni idrostatiche, ricorrendo alle leggi di Stevino e di Pascal. L'attività si presta inoltre ad una riflessione sul significato delle parole *denso* e *viscoso*, che nel linguaggio corrente spesso sono usate come sinonimi.

Il tubo di plastica trasparente contiene dell'olio d'oliva e viene fissato ad un supporto dandogli una forma ad U, in maniera che l'olio si trovi nella parte curvata ad U, inizialmente a livelli uguali nelle due parti verticali. Si è fatto in modo che una delle estremità del tubo eccedenti dalla U sia molto più lunga dell'altra.

L'estremità più lunga si può immergere nell'acqua della bottiglia, a diverse *profondità*, come si vede nella fotografia a lato.



La pressione idrostatica dell'acqua data dalla legge di Stevino comprime l'aria nel tubicino e, secondo il principio di Pascal, si trasmette inalterata lungo di esso spingendo l'olio il quale risale il ramo di sinistra della U creando un *dislivello* dell'olio presente nei due rami.

Uguagliando le due pressioni, quando ci si trova in situazione di equilibrio per l'aria nel tubicino, si ottiene:

$$pressione_{olio} = pressione_{acqua} \quad (1)$$

Esprimendo quindi le due pressioni in funzione della accelerazione di gravità  $g$ , della densità e dell'altezza dei liquidi (legge di Stevino):

$$g \cdot (densità \cdot dislivello)_{olio} = g \cdot (densità \cdot profondità)_{acqua}$$

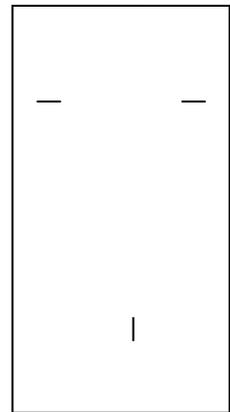
e quindi:

$$\frac{densità_{olio}}{densità_{acqua}} = \frac{profondità_{acqua}}{dislivello_{olio}}$$

La legge di Stevino nel testo è enunciata in termini di proporzionalità diretta tra la *pressione* e le due grandezze *densità e altezza del liquido*; il principio di Pascal non viene menzionato esplicitamente, ma si afferma che la pressione si trasmette "tale e quale". Ci sono tutti gli elementi per arrivare alla conclusione circa il rapporto tra le densità.

Materiali che ogni studente (o gruppo di lavoro) avrà sul proprio tavolo e loro preparazione:

- Recipiente cilindrico trasparente con altezza di circa 25 cm (es. cilindro graduato o bottiglia di plastica tagliata nella parte superiore). Non disponendo di cilindri graduati, va bene anche una bottiglia di plastica, con le pareti più lisce possibile, resa cilindrica<sup>7</sup> tagliando l'imboccatura, altrimenti è problematico mantenere il tubicino accanto alla parete della bottiglia. Più lontano è, infatti, meno bene si vede il livello dell'acqua all'interno e più si fanno sentire gli errori di parallasse. Aiuta in tal senso anche la cannuccia da bibite fissata con due elastici piccoli lungo l'estremità del tubicino; questo, così irrigidito può essere meglio mantenuto vicino alla parete della bottiglia. La bottiglia va riempita d'acqua fino a circa 2 cm dal bordo.
- Un vassoietto sotto la bottiglia serve per raccogliere l'acqua che quasi inevitabilmente trabocca. Vanno bene i sottovasi o i vassoi delle confezioni degli alimenti.
- Per rabboccare l'acqua eventualmente versata, può essere utile una bottiglia piena d'acqua a disposizione su un tavolo di servizio.
- Righello millimetrato da 20 cm ed elastico di gomma. Il righello va fissato alla bottiglia per mezzo di un elastico grande di gomma, con lo zero all'altezza della superficie libera dell'acqua. È bene controllare che lo zero sia sempre all'altezza giusta a mano a mano che il tubicino viene immerso sempre di più, perché è facile che si sposti.
- Polistirolo. Può capitare che il piccolissimo galleggiante di polistirolo, per effetto di forze di adesione superficiale, rimanga attaccato alla parete interna del tubicino se questo viene tirato su bruscamente. Lo si può staccare con un uncinetto, o con un filo metallico, per esempio quello ottenuto raddrizzando un fermaglio da carta di formato "gigante" che è lungo circa 18 cm.
- Tubicino trasparente contenente olio, già fissato ad un supporto verticale. Il tubicino di plastica trasparente è lungo almeno 1.5 m ed ha un diametro interno di circa 5 mm<sup>8</sup>. si trova facilmente nei negozi di ferramenta e di bricolage o quelli di articoli per acquari. Il tubicino deve essere piegato ad "U" e fissato ad un supporto verticale, per esempio si può usare una scatola alta una trentina di centimetri come una scatola da scarpe. Sul fondo della scatola si praticano con un taglierino tre taglietti lunghi 3 o 4 mm distanti 15 cm in verticale e 8 cm in orizzontale. Nei tre tagli si infilano tre laccetti di quelli usati per chiudere i sacchetti da freezer, in modo da abbracciare il tubicino e si chiudono dietro il cartone. In mancanza di scatole o di altro supporto verticale piano e rigido, si può anche ricorrere come appoggio per il tubicino a due bottiglie di plastica affiancate, riempite a metà d'acqua e tappate. In questo caso il tubicino va fissato alle bottiglie con due coppie di elastici; invece della carta millimetrata per la misura dei dislivelli, si può usare un righello da 20 cm o una squadretta che vanno letteralmente incastrati tra le due bottiglie e lasciati sporgere di taglio. In questo caso però occorre avvicinare il più possibile i due rami della U al bordo del righello e la lettura risulta piuttosto scomoda.
- L'olio va versato nel tubicino con congruo anticipo, anche perché si assesta con lentezza. Ne bastano 10 cm<sup>3</sup> da immettere con una siringa senza ago. Il livello iniziale deve essere circa a metà dell'altezza disponibile nei due rami.



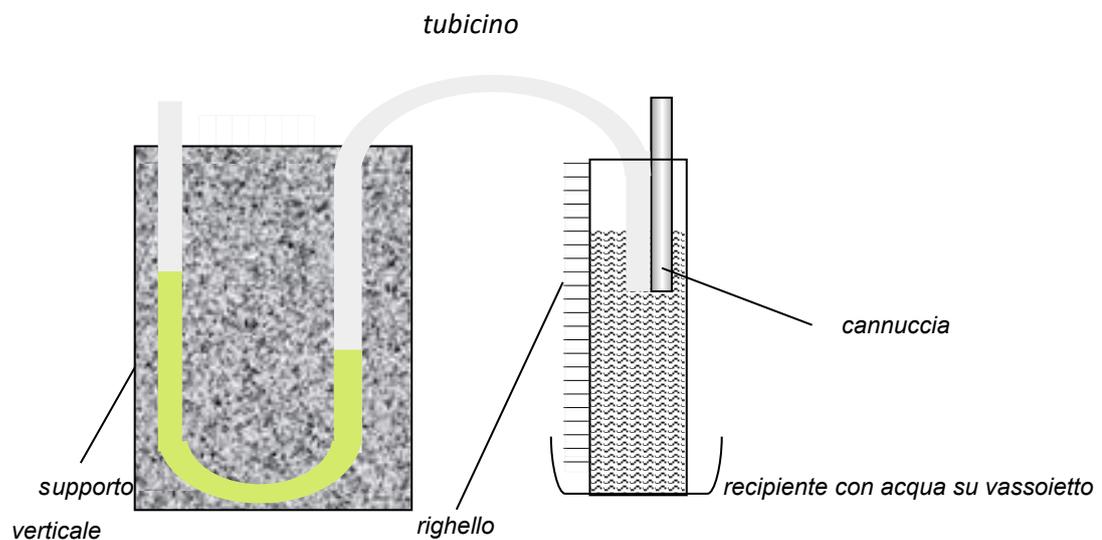
7 Lasciare la bottiglia così com'è sarebbe certamente istruttivo, per osservare che la pressione non dipende dalla forma del recipiente.

8 Con un tubo di sezione interna inferiore (per esempio 4 mm) si possono incontrare difficoltà ad introdurre l'olio con la siringa perché le bolle d'aria permangono a lungo.

- Per evitare la formazione di bolle d'aria è bene dirigere il getto dell'olio lungo la parete interna. Se, nonostante ciò, restassero bolle, queste possono essere rimosse con un filo metallico. Va bene anche un fermaglio da carta raddrizzato.
- È importante controllare poi che il livello dell'olio nei due rami sia lo stesso: se ciò non fosse significa che ci sono ancora bolle d'aria da rimuovere.
- 1 foglio di carta millimetrata. Nella zona tra i due rami della U andrà fissata una striscia di carta millimetrata per rilevare il dislivello. È sufficiente una striscia 8 cm x 20 cm. e va fissata al supporto di cartone con nastro adesivo.
- Nastro adesivo. Va bene il tipo che si può attaccare e staccare senza lacerare la carta.

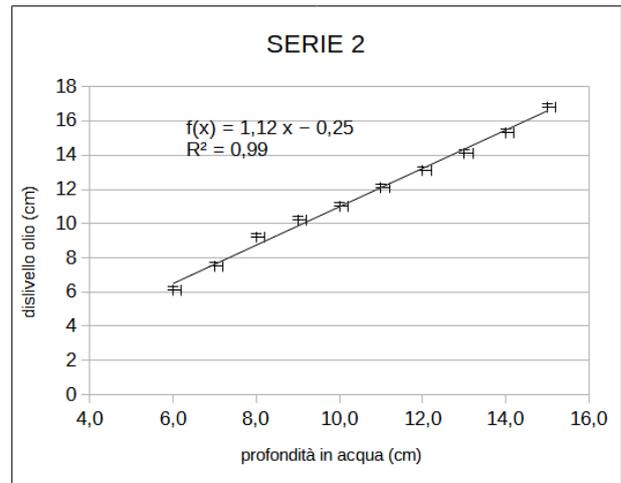
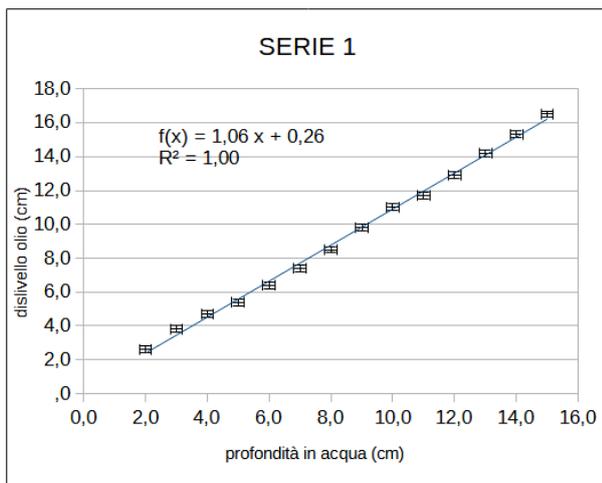
Sul tavolo di servizio

- Rotolo di carta assorbente
- Bottiglia con acqua per rabboccare
- Forbici



Misure indicative e risposte attese

profondità in acqua (cm)	dislivello in olio(cm)		Profondità/Dislivello olio densità olio/densità acqua		
	Serie 1	Serie 2	Serie 1	Serie 2	incertezza %
2.0±0.2 (±10%)	2.6 ± 0.2		0.77		18 %
3.0±0.2 (±7%)	3.8		0.79		12 %
4.0±0.2 (±5%)	4.7		0.85		9 %
5.0±0.2 (±<5%)	5.4		0.93		8 %
6.0±0.2	6.4	6.1± 0.2	0.94	0.98	7 %
7.0±0.2	7.4	7.5	0.95	0.93	6 %
8.0±0.2	8.5	9.2	0.94	0.87	5 %
9.0± 0.2	9.8	10.2	0.92	0.88	4 %
10.0± 0.2	11.0	11.0	0.91	0.91	4 %
11.0± 0.2	11.7	12.1	0.94	0.91	4 %
12.0± 0.2	12.9	13.1	0.93	0.92	3 %
13.0± 0.2	14.2	14.1	0.92	0.92	3 %
14.0± 0.2	15.3	15.3	0.92	0.92	3 %
15.0± 0.2	16.5	16.8	0.91	0.89	3 %



Densità olio/densità acqua	(dal grafico)	(media aritmetica da tabella)
	$\approx 0.94$ $\approx 0.89$	0.90    0.91
		(deviazione standard)
		0.06    0.03

**Domanda 1**

La risposta richiede solo l'osservazione che *"il dislivello cresce con la profondità di immersione."*

**Domanda 2**

La risposta è semplicemente: *"minore"*. La domanda serve solo a far riflettere sul fatto che la proporzionalità diretta della legge di Stevino diventa una proporzionalità inversa tra densità e altezza, a parità di pressione idrostatica.

**Domanda 3**

La risposta richiede un'osservazione più attenta di quanto avviene immergendo il tratto libero del tubicino nell'acqua (v. domanda 1). Il dislivello dell'olio ha evidentemente un'entità maggiore della profondità in acqua; lo si nota facilmente se la profondità è di almeno 10 cm. Dal confronto tra profondità e dislivello, e dalla risposta al punto 2 (o dalla legge di Stevino) si deduce che l'olio è meno denso dell'acqua.

**Domanda 4**

La risposta deve essere corredata della documentazione richiesta nel testo.

## Bibliografia minima

### UN PENDOLO A CANNUCCIA

- *Physical pendulum - A simple experiment can give comprehensive information about a rigid body* - February 2014, [European Journal of Physics](#)
- C. Dauphin, F. Bouquet - [Physical pendulum experiment re-investigated with an accelerometer sensor](#) – Papers in Physics, vol. 10, 2018

### PIROTTINI IN VOLO

il gruppo youtube Vernier Software&Technology ha inserito in data 3 novembre 2009 un video su prove di velocità limite raggiunta facendo cadere liberamente dei filtri da caffè, di seguito l'indirizzo

- <https://www.youtube.com/watch?v=fW8Kef1arI0>

una versione più impegnativa dell'esperimento che vuole distinguere fra dipendenza lineare e dipendenza quadratica della forza di resistenza dell'aria si trova in:

- Colm O'Sullivan et al. [Some experiments to Investigate aerodynamic drag in air](#), in atti GIREP 2009:
- Sebastian Becker et al., *Video analysis on tablet computers to investigate effects of air resistance*, The Physics Teacher, 54-2016

### OLTRE LO SPECCHIO

Fu il progetto PSSC (Physical Science Study Committee) a divulgare la tecnica di fissare le linee di visione con degli spilli in esperimenti di ottica fisica adatti a studenti della scuola secondaria. Oggi le edizioni italiane del progetto sono fuori commercio ma le sue proposte didattiche sono ancora universalmente applicate, spesso anche con gli opportuni adeguamenti alla più recente tecnologia.

- <https://www.youtube.com/watch?v=QZFfm05ZOek> (7 Maggio 2017)

### LA BOTTIGLIA ZAMPILLANTE

Una trattazione della Bottiglia di Mariotte ed un suo uso didattico si trova in:

- E. Perucca. *Guida pratica per esperienze didattiche di fisica sperimentale*, Nicola Zanichelli Editore, Bologna, 1937. Reperibile nelle biblioteche didattiche.
- L. Bragalenti et al., *La bottiglia zampillante di Anacleto 2003*, La Fisica nella Scuola, Anno XXXVII – 2004

quando l'efflusso dell'acqua avviene attraverso una cannuccia inserita nel forellino si può evidenziare la transizione fra il regime laminare e quello turbolento

- [J.A. Maroto et al, Am. J. of Physics, July 2002](#)
- [http://seniorphysics.com/physics/pinhole\\_water\\_flow.pdf](http://seniorphysics.com/physics/pinhole_water_flow.pdf)
- proposte di elaborazione in classe in [Scienza Firenze 2018](#)

### UNA BANDA ELASTICA COME DINAMOMETRO?

- Bruce Denardo, Richard Masada - *Rubber hysteresis experiment* - The Physics Teacher **28**, 489 (1990)
- C.A. Triana, [Dependence of some mechanical properties of elastic bands on the length and load time](#), Eu. J. of Physics, 33 – 2012
- G. Marx J. Ogborn P. Tasnadi, *Perché un elastico si allunga*, La Fisica nella Scuola Anno XXII - 1989

### UN PARACADUTE INVISIBILE

- F. Behroozi, *Weighing a Magnet as it Falls with Terminal Velocity Through an Aluminum Pipe*, The Physics Teacher, 54 - 2018
- G. Donoso et al, [Magnet fall inside a conductive Pipe: motion and role of the pipe wall thickness](#), Eu. J. of Physics, 2009

## Indice

Gli autori .....	pg.	1
------------------	-----	---

### I Testi

La stadera .....	pg.	2
Un pendolo a cannuccia .....	pg.	3
Pirottini in volo .....	pg.	4
Un insolito natante .....	pg.	6
La densità del vetro .....	pg.	7
Oltre lo specchio .....	pg.	8
La bottiglia zampillante .....	pg.	9
Una banda elastica come dinamometro? .....	pg.	11
Un paracadute invisibile .....	pg.	13
Chi è più denso? .....	pg.	14

### Le Note per l'Insegnante

La stadera .....	pg.	19
Un pendolo a cannuccia .....	pg.	21
Pirottini in volo .....	pg.	24
Un insolito natante .....	pg.	27
La densità del vetro .....	pg.	29
Oltre lo specchio .....	pg.	32
La bottiglia zampillante .....	pg.	34
Una banda elastica come dinamometro? .....	pg.	39
Un paracadute invisibile .....	pg.	42
Chi è più denso? .....	pg.	46
Bibliografia .....	pg.	51

per comunicare con l'editor: [giuliana.cavaggioni@gmail.com](mailto:giuliana.cavaggioni@gmail.com)