

Associazione per l'Insegnamento della Fisica

Giochi di Anacleto

IN LABORATORIO

8 Maggio 2006

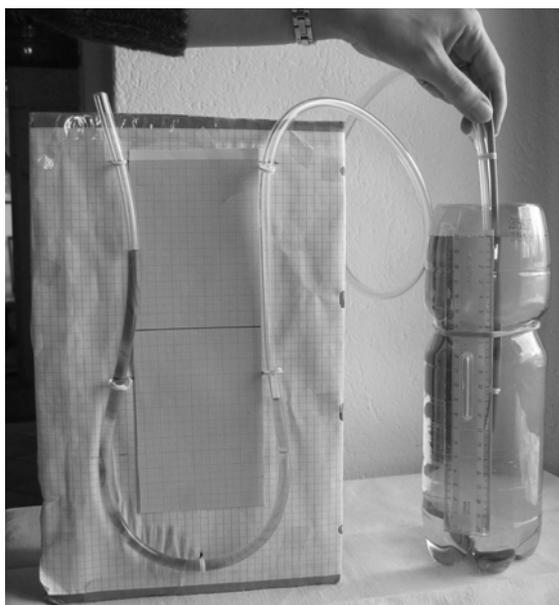
Istruzioni per l'allestimento della prova

Materiale riservato per i docenti

LA DENSITÀ DELL'OLIO

Presentazione

Si chiede di determinare il rapporto tra la densità dell'olio di oliva e quella dell'acqua, in base all'uguaglianza delle due pressioni idrostatiche. Sono coinvolte le leggi di Stevino e di Pascal. L'attività si presta inoltre a una riflessione sul significato delle parole *denso* e *viscoso*, che nel linguaggio comune spesso coincide.



Il manometro ad U contiene olio d'oliva; l'estremità di un ramo, quello più lungo, si può immergere nell'acqua della bottiglia a diverse profondità come si vede nella seguente fotografia. Questa profondità non è altro che il dislivello tra la superficie dell'acqua dentro il tubicino e quella più ampia nella sommità della bottiglia e determina la pressione idrostatica. La pressione idrostatica dell'acqua comprime l'aria nel tubicino e si trasmette inalterata (principio di Pascal) lungo di esso facendo assumere all'olio il dislivello da misurare. Uguagliando le due pressioni data la situazione di equilibrio per l'aria nel tubicino, si ottiene:

$$pressione_{olio} = pressione_{acqua}$$

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

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

e quindi:

$$densità_{olio} / densità_{acqua} = profondità / dislivello$$

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. Esprimendo le due pressioni in funzione della densità e dell'altezza del liquido e poi uguagliandole si ottiene:

$$pressione_{olio} = costante \cdot densità_{olio} \cdot dislivello$$

$$pressione_{acqua} = costante \cdot densità_{acqua} \cdot profondità$$

$$densità_{olio} \cdot dislivello = densità_{acqua} \cdot profondità$$

$$densità_{olio} / densità_{acqua} = profondità / dislivello$$

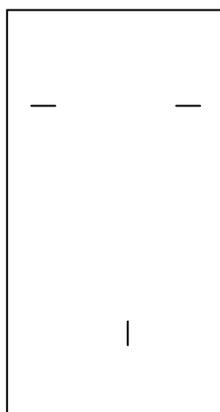
(la costante è l'accelerazione di gravità g , ma per il ragionamento non è necessario precisarlo)

Materiali e preparazione dell'esperimento

- Recipiente cilindrico trasparente con altezza di circa 25 cm (es. bottiglia di plastica tagliata nella parte superiore e vassoietto)
- Righello millimetrato da 20 cm
- Elastico di gomma
- Polistirolo
- Tubicino trasparente con olio, fissato a un supporto verticale
- 1 foglio di carta millimetrata
- Cannuccia da bibite
- Nastro adesivo

Sul tavolo di servizio

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



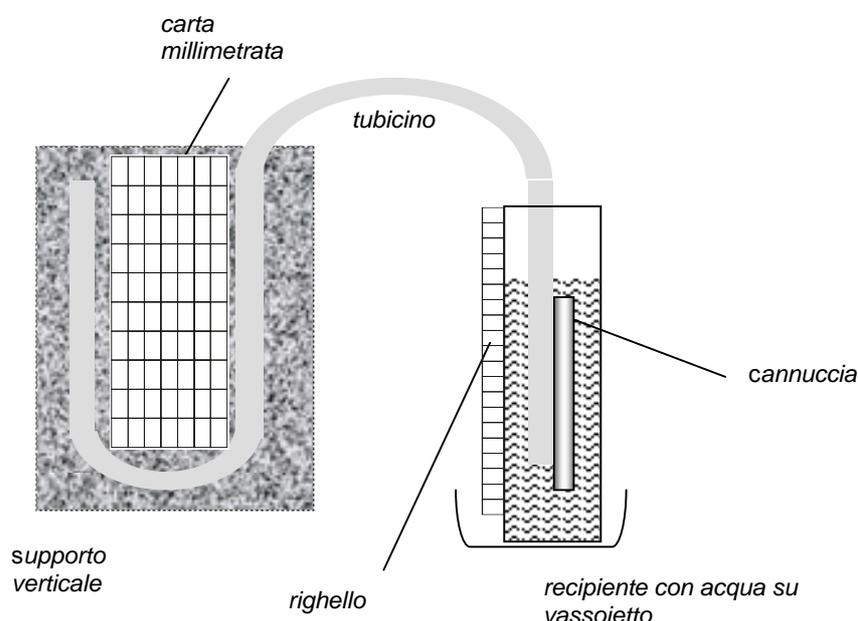
Il tubicino di plastica trasparente è lungo almeno 1,5 m ed ha un diametro interno di circa 5 mm¹, si trova facilmente nei negozi di ferramenta e di bricolage o di articoli per acquari. Il tubicino deve essere piegato ad "U" e fissato a un supporto verticale, per esempio si può usare una scatola alta 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. 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 cm³ da immettere con una siringa senza ago. Il livello iniziale deve essere circa a metà dell'altezza disponibile nei due rami. 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, altrimenti ci sono ancora bolle da rimuovere. Nella zona tra i due rami andrà fissata da parte dei ragazzi 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. Va bene il tipo Magic, che si può attaccare e staccare senza lacerare la carta.

¹ 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.

Bottiglia tagliata con acqua e vassoietto. Non disponendo di cilindri graduati, va bene anche una bottiglia di plastica, con le pareti più lisce possibile, resa cilindrica² tagliando l'imboccatura, altrimenti è problematico mantenere il **tubicino** accanto alla parete della bottiglia. Più lontano è, 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: va fissato dai ragazzi 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. Può capitare che il piccolissimo **galleggiante di polistirolo**, per effetto della tensione 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.



Risposte attese ed esempio di risultati ottenuti

La risposta alla **domanda 1** richiede solo l'osservazione che *"il dislivello cresce con la profondità di immersione."*

La risposta alla **domanda 2** 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.

La risposta alla **domanda 3** 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.

La risposta alla **domanda 4** deve essere corredata della documentazione richiesta nel testo.

² Lasciare la bottiglia così com'è sarebbe certamente istruttivo, per osservare che la pressione non dipende dalla forma del recipiente.

Risultati					
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)

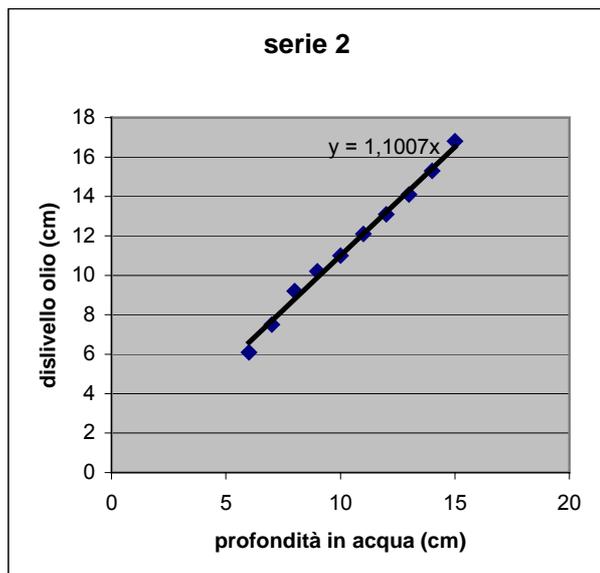
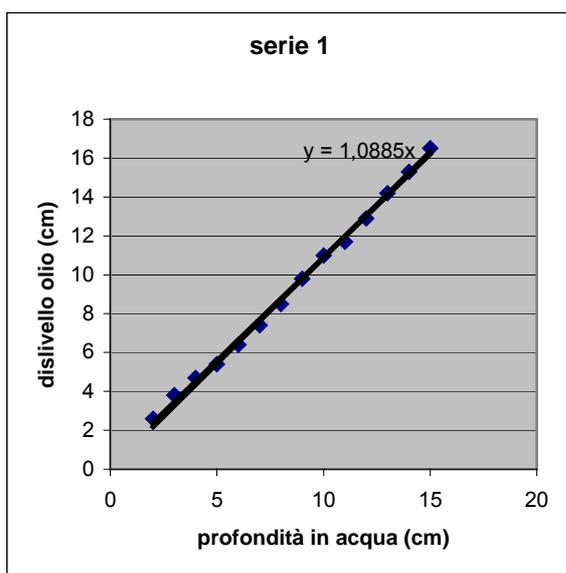
$$(1,0885)^{-1} \quad (1,1007)^{-1}$$

$$0,918695 \quad 0,908513$$

$$\approx 0,92 \quad \approx 0,91$$

(media aritmetica da tabella)

$$0,90 \quad 0,91$$



Se il valore del rapporto tra le densità è ricavato da una media di rapporti o dalla pendenza del grafico, dovrebbe essere compreso nella fascia $0,91 \pm 0,02$.

Suggerimenti per la valutazione

GRIGLIA DI VALUTAZIONE	PUNTI
<i>DOMANDA 1: risposta corretta</i>	5
<i>DOMANDA 2: risposta corretta</i>	5
<i>DOMANDA 3: risposta corretta, motivata coerentemente con la risposta data alla domanda 2</i>	10
<i>DOMANDA 4:</i>	
<i>sceglie la profondità minima in modo che l'incertezza % sia $\leq 5\%$</i>	10
<i>fa almeno 5 coppie di misure</i>	10
<i>scrive le unità di misura</i>	5
<i>scrive correttamente le cifre significative</i>	5
<i>riporta ordinatamente le misure in una tabella</i>	5
<i>calcola il risultato come media aritmetica dei singoli rapporti oppure riporta in un grafico profondità e dislivello e trova il rapporto dalla pendenza</i>	20
<i>arrotonda correttamente il risultato, scrivendolo con le sole cifre significative</i>	5
<i>il valore del risultato è compreso nella fascia $0,91 \pm 0,02$</i>	20
PUNTEGGIO MASSIMO 100 PUNTI	