

SCHEDA PER IL DOCENTE

DETERMINAZIONE DELLA DENSITÀ DI UN LIQUIDO TRAMITE LA LEGGE DI STEVINO

I

Titolo dell'esperienza N° 3

DETERMINAZIONE DELLA DENSITÀ DI UN LIQUIDO ATTRAVERSO L'APPLICAZIONE DELLA LEGGE DI STEVINO

Autori

Prof.sse Fabbri Fiamma, Mancini Rossella, Proietti Orietta

Docenti del L.S.S. "F. ENRIQUES" (Ostia, Roma)

II

Breve descrizione del fenomeno fisico e finalità dell'esperienza

La **densità** è una grandezza che dà un'informazione particolare su una certa sostanza, ovvero ci fornisce informazioni sulla quantità di materia di una determinata sostanza che occupa una ben precisa regione di spazio.

Mi dice quanta massa, misurata in kg, è contenuta in un volume di 1 m³.

- È definita attraverso due altre grandezze la massa e il volume.

È una grandezza derivata

- È il rapporto tra la massa e il volume che tale massa occupa:

$$\text{densità} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

unità di misura $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$

dimensioni $[\delta] = [m * l^{-3}]$

La **densità** non dipende dalla quantità di materia, ma solo dalla *qualità* e dalle *condizioni* (quali temperatura e pressione) in cui la materia si trova.

La densità è una grandezza intensiva.

La definizione appena fornita consente di determinare la densità di una qualunque sostanza. Nel caso dei liquidi è possibile ricavare questa fondamentale grandezza fisica applicando **la legge di Stevino**.

Essa stabilisce che la differenza tra la pressione alla quale sono soggetti i punti che si trovano sulla superficie del liquido (che corrisponde alla pressione atmosferica p_0) e quella alla quale sono soggetti i punti che si trovano a profondità h (dovuta anche alla pressione generata dal peso della colonna di liquido sovrastante) è direttamente proporzionale alla profondità, alla densità del liquido e all'accelerazione di gravità :

$$\Delta p = p - p_0 = \rho g h$$

È importante sottolineare che la pressione esercitata dal liquido **non dipende dalla forma del recipiente** nel quale esso è contenuto.

La legge di Stevino non è applicabile ai gas perché essi, essendo comprimibili, hanno una densità che aumenta all'aumentare della profondità.

L'esperienza ha quindi lo scopo di proporre una differente modalità per determinare il valore della densità di un liquido.

Preso un manometro ad aria libera agganciato ad un supporto fisso lo si riempie con l'acqua di rubinetto: la pressione esercitata sulla superficie del liquido nei due rami è quella atmosferica.

Successivamente si collega uno dei rami del manometro al tubo di gomma e quest'ultimo allo stelo di una campanella di vetro che viene immersa in un becher contenente il liquido di cui si vuole determinare la densità.

A questo punto sulla superficie dell'acqua contenuta nel ramo del manometro collegato alla campanella non agisce più soltanto la pressione atmosferica perché ad essa si aggiunge, trasmessa dall'aria rimasta intrappolata nel tubo di gomma, quella dovuta alla profondità raggiunta dalla campanella, come stabilisce la legge di Stevino.

Sulla superficie dell'acqua contenuta nell'altro ramo del manometro la pressione è sempre quella atmosferica.

Il risultato è che la variazione di pressione tra i due rami del manometro “ spinge ” l'acqua abbassando il livello nel ramo del manometro collegato al tubo di gomma.

Misurando quindi la variazione di pressione tra i due rami del manometro e la profondità ad essa relativa è possibile ricavare con la formula inversa della legge di Stevino la densità del liquido nel quale è stata immersa la campanella.

III

Classi a cui è rivolta l'esperienza

- Prime classi del Liceo Tecnologico, PNI, Linguistico, Istituti Tecnici
- Classi terze e quarte del Liceo Scientifico e classi quarte del Liceo Classico

Prerequisiti

- Teoria della misura
- Costruzione ed interpretazione di un grafico sperimentale
- Le caratteristiche di un fluido
- Pressione e sue unità di misura
- Pressione atmosferica
- Legge dei vasi comunicanti
- Principio di Stevino

IV

Obiettivi generali

- Applicare per la determinazione di una grandezza una legge fisica e non la sua definizione
- Applicare il Principio di Stevino per la determinazione della densità di un liquido

V

Obiettivi specifici

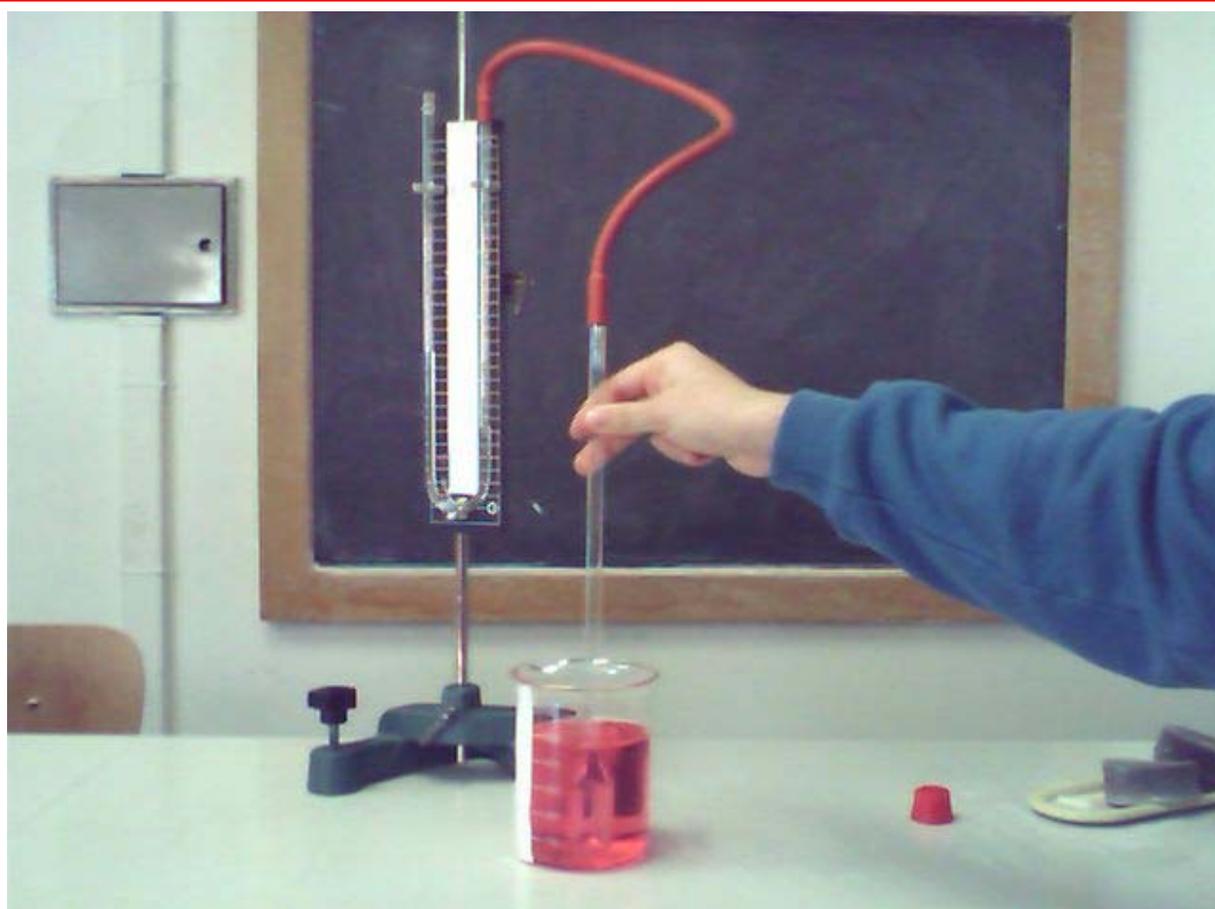
- Determinare la risoluzione di uno strumento di misura ed associare alla misura diretta con esso effettuata l'errore assoluto commesso.
- Effettuare misure dirette ed indirette.
- Usare le corrette unità di misura effettuando se necessario le opportune equivalenze.
- Gestire i calcoli numerici in notazione scientifica.
- Applicare le leggi di propagazione degli errori sulle misure indirette.
- Costruire un grafico sperimentale su carta millimetrata oppure usando il foglio elettronico e trarre da esso informazioni.
- Confrontare grafici sperimentali diversi ma riferiti alla stessa grandezza fisica.

VI

Materiale occorrente e assemblaggio

Strumentazione occorrente, con elenco dettagliato delle caratteristiche

- base con asta
- manometro ad U
- morsetto universale
- stelo filettato per manometro
- tubo di gomma
- campanella di vetro
- becher: portata 400 ml; risoluzione 1 cm
- n° 2 metri di carta : portata almeno 20 cm; risoluzione 1mm
- siringa
- acqua di rubinetto, acqua distillata , alcol etilico



- Fissare alla base l'asta e a questa lo stelo filettato usando il morsetto universale.
- Fissare il manometro allo stelo filettato e sovrapporre alla sua scala graduata, in posizione centrale, uno dei metri di carta.
- Usare la siringa per riempire il manometro con l'acqua di rubinetto in modo che essa risalga nei due rami raggiungendo un livello apprezzabile ma non eccessivo.
- Collegare una estremità del tubo di gomma alla campanella di vetro e l'altra ad un ramo del manometro.
- Sovrapporre alla scala graduata del becher l'altro metro di carta.
- Riempire il becher con il liquido del quale si vuole determinare la densità e immergere in esso la campanella con un movimento verticale, dall'alto verso il basso, che la mantenga costantemente parallela al fondo del becher.

VII

Descrizione generale del procedimento di misura Grandezze da misurare direttamente, unità di misura, errori

Elenco delle tabelle e dei grafici da produrre

Analisi dei dati e alla determinazione delle grandezze derivate con relativi errori

- Una volta immersa la campanella nel becher misurare il dislivello che si crea nei due rami del manometro: esso rappresenta la variazione di pressione Δp espressa in mm di acqua.
- Misurare la profondità h alla quale si trova la campanella rispetto alla superficie del liquido, partendo quasi dal fondo del becher.
- Ripetere l'esperienza più volte immergendo la campanella a profondità differenti (risalendo ad es. ogni volta di 1 cm); elaborare i dati raccolti secondo quanto indicato nella guida di seguito riportata e compilare con essi la tabella relativa al liquido esaminato.
- Successivamente ripetere l'esperienza inserendo nel becher un liquido diverso.
- Costruire su carta millimetrata oppure usando il foglio elettronico, in un unico piano cartesiano, i grafici sperimentali relativi ad ognuno dei liquidi esaminati riportando in ascissa la profondità ed in ordinata la variazione di pressione con le relative barre d'errore.
- Costruire su carta millimetrata oppure usando il foglio elettronico, in un unico piano cartesiano, i grafici sperimentali relativi ad ognuno dei liquidi esaminati riportando in ascissa la variazione di pressione ed in ordinata la profondità.

Guida all'elaborazione dei dati per la compilazione della tabella

- $\Delta p(\text{mmH}_2\text{O})$: variazione della pressione subita dall'acqua nel manometro rispetto a quella atmosferica, espressa in millimetri di acqua;
- $\Delta p(\text{Pa})$: variazione della pressione subita dall'acqua nel manometro rispetto a quella atmosferica, espressa in Pascal con buona approssimazione attraverso il fattore di conversione $1\text{mmH}_2\text{O} = 10\text{Pa}$ ottenuto tenendo conto che $1\text{mmH}_2\text{O} = \frac{1}{13,45}\text{mmHg}$; $760\text{mmHg} = 1,013 \cdot 10^5\text{Pa}$; $1\text{mmHg} = 1,33 \cdot 10^2\text{Pa}$;
- $\varepsilon_{\Delta p}$: errore assoluto commesso su Δp calcolato mediante la legge di propagazione degli errori sulla differenza ($\varepsilon_{\Delta p}$ è pertanto uguale al doppio della risoluzione del metro usato);
- $\varepsilon_{r_{\Delta p}}$: errore relativo commesso su Δp ;
- $h(m)$: profondità raggiunta dalla campanella nel becher rispetto alla superficie del liquido.

- ε_h : errore assoluto commesso su h calcolato mediante la legge di propagazione degli errori sulla differenza (ε_h è pertanto uguale al doppio della risoluzione del metro usato);
- ε_{r_h} : errore relativo commesso su h ;
- ρ : densità del liquido inserito nel becher ottenuta usando la legge di Stevino

$$\rho = \frac{\Delta p}{gh}$$
;
- $\bar{\rho}$: media aritmetica dei valori della densità ottenuti per il liquido esaminato;
- ε_ρ : errore assoluto commesso sulla densità calcolato mediante la legge di propagazione degli errori su un quoziente tenendo presente che il valore di g è una costante $\varepsilon_\rho = \frac{1}{g} \frac{\Delta p}{h} \left(\frac{\varepsilon_{\Delta p}}{\Delta p} + \frac{\varepsilon_h}{h} \right)$;
- $\varepsilon_\%$: errore percentuale commesso sulla densità.

VIII

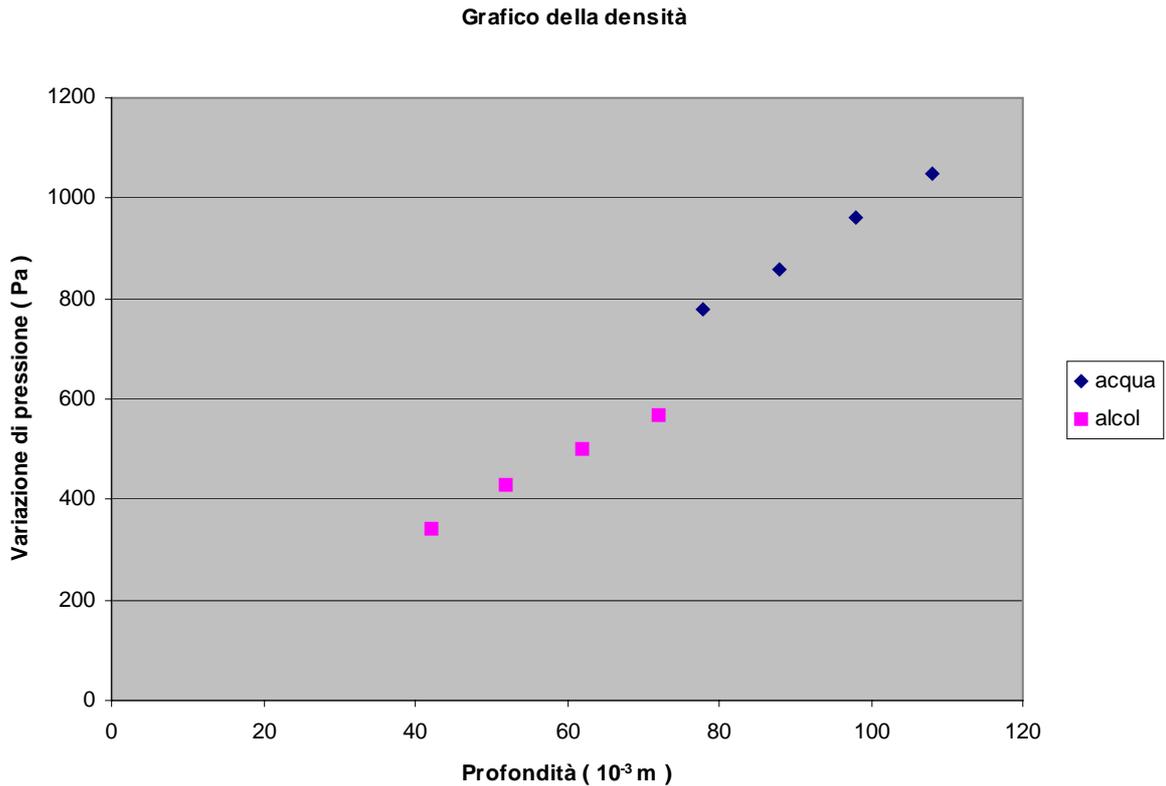
Eventuali difficoltà operative ed accorgimenti da seguire durante l'esecuzione dell'esperienza

- Eliminare le eventuali bolle d'aria formatesi durante l'inserimento dell'acqua nel manometro.
- Aumentare la risoluzione del manometro sovrapponendo alla scala graduata di entrambi i rami un righello o metro di carta di risoluzione 1 mm.
- Aumentare la risoluzione del becher sovrapponendo alla sua scala graduata un righello o metro di carta di risoluzione 1 mm.
- Usare una campanella di vetro con lo stelo lungo, in modo tale da irrigidire la parte di tubo nella quale viene inserita, facilitando così la sua discesa nel liquido.
- Se la campanella da inserire nel tubo di gomma non aderisce perfettamente alla sua sezione sigillarla ad esso con nastro isolante.
- Inserire la campanella nel becher con un movimento verticale, dall'alto verso il basso, che la mantenga costantemente parallela al fondo del becher e non generi bolle d'aria.
- Fare attenzione che il tubo di gomma collegato al manometro e alla campanella non subisca strozzature mentre si rileva il dislivello dell'acqua creatosi tra i due rami del manometro.
- Ridurre l'errore nella lettura del livello dell'acqua nei due rami del manometro riferendosi sempre al menisco inferiore.
- Ridurre l'errore di parallasse posizionando la "linea degli occhi" il più possibile alla stessa altezza del livello del liquido (manometro) o del bordo della campanella (becher).

VIII
Dati e risultati di riferimento

Acqua distillata $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$									
$\Delta p(\text{mmH}_2\text{O})$	$\Delta p(\text{Pa})$	$\varepsilon_{\Delta p}(\text{Pa})$	$\varepsilon_{r_{\Delta p}}$	$h(\text{m})$	$\varepsilon_h(\text{m})$	ε_{r_h}	$\rho\left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$	$\varepsilon_\rho\left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$	$\varepsilon_\%$
105	1050	20	0,02	$108 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,02	992	42	4
96	960	20	0,02	$98 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,02	999	38	4
86	860	20	0,02	$88 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,02	997	34	3
78	780	20	0,03	$78 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,03	1020	46	5
							$\bar{\rho} = 1002$		

Alcol etilico $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$									
$\Delta p(\text{mmH}_2\text{O})$	$\Delta p(\text{Pa})$	$\varepsilon_{\Delta p}$	$\varepsilon_{r_{\Delta p}}$	$h(\text{m})$	ε_h	ε_{r_h}	$\rho\left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)$	ε_ρ	$\varepsilon_\%$
57	570	20	0,04	$72 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,03	808	57	7
50	500	20	0,04	$62 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,03	823	58	7
43	430	20	0,05	$52 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,04	844	76	9
34	340	20	0,06	$42 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,05	826	83	10
							$\bar{\rho} = 825$		



Guida alla costruzione dei grafici per ciascun liquido esaminato

- Riportare sul piano cartesiano, scegliendo opportunamente la scala da usare, i punti sperimentali aventi come ascissa i valori della profondità e come ordinata i corrispondenti valori della variazione di pressione.
- Rispetto ad ognuno dei punti sperimentali così ottenuti tracciare le barre d'errore (la loro ampiezza è il doppio dell'errore assoluto commesso sulla grandezza considerata).
- Tracciare la semiretta passante per l'origine che meglio approssima tutti i punti sperimentali passando non necessariamente per i punti ma lambendo tutte le barre d'errore.
- Calcolare il coefficiente angolare di ciascuna retta prendendo due suoi punti lontani dall'origine.
- Ripetere quanto già fatto invertendo le grandezze fisiche da riportare sugli assi del piano cartesiano.

IX

Esempi di questionari e griglie per la valutazione

1. Spiega perché l'acqua raggiunge la stessa altezza nei due rami del manometro all'inizio dell'esperienza.
Perché vale la legge dei vasi comunicanti.
2. Spiega perché una volta inserita la campanella nel becher il livello dell'acqua nei due rami del manometro cambia.
Perché aumenta la pressione che agisce sull'acqua presente nel ramo del manometro collegato alla campanella immersa nel becher rispettando la legge di Stevino.
3. Come hai calcolato l'errore assoluto commesso sulla variazione di pressione Δp nel manometro?
Applicando la legge di propagazione degli errori sulla differenza.
4. Come hai calcolato l'errore assoluto commesso sulla profondità h ?
Applicando la legge di propagazione degli errori sulla differenza.
5. Come hai calcolato l'errore assoluto commesso sulla densità?
Applicando la legge di propagazione degli errori sul quoziente.
6. Confronta i diversi valori della densità trovati sperimentalmente con quelli teorici. Fai le tue considerazioni.
La risposta deve analizzare l'accordo tra i valori della densità trovati sperimentalmente e quelli teorici e quindi contenere una riflessione sul grado di precisione delle misure effettuate.
7. Dall'analisi del grafico ottenuto per ogni liquido con i dati sperimentali individua quale relazione di proporzionalità lega le grandezze Δp e h .
Poiché il grafico sperimentale è approssimabile ad una semiretta uscente dall'origine la relazione è di proporzionalità diretta.
8. Spiega come puoi ricavare dai singoli grafici che hai costruito la densità dei liquidi esaminati.
Si deve calcolare la pendenza della retta e dividere il valore ottenuto per il valore dell'accelerazione di gravità g .
9. Se nel grafico si invertissero le grandezze riportate in ascissa e in ordinata che cosa rappresenterebbe la pendenza della retta?
Rappresenterebbe il reciproco della densità diviso per l'accelerazione di gravità.

IX

GRIGLIA DI VALUTAZIONE

Determinazione della densità di un liquido attraverso l'applicazione della legge di Stevino

Tale griglia potrà essere usata come strumento di valutazione qualitativo barrando le caselle SI-NO, oppure quantitativo dopo averla corredata dei criteri di attribuzione dei punteggi per le singole domande.

<u>DOMANDE</u>			
	Si	No	Punti
DOMANDA 1 *Associa la legge dei vasi comunicanti al fenomeno osservato			
DOMANDA 2 Determina la causa della variazione dei livelli dell'acqua nei due rami del manometro			
DOMANDA 3 Applica le leggi di propagazione degli errori nelle misure indirette			
DOMANDA 4 Applica le leggi di propagazione degli errori nelle misure indirette			
DOMANDA 5 Applica le leggi di propagazione degli errori nelle misure indirette			
DOMANDA 6 Analizza correttamente i dati della tabella e li interpreta			
DOMANDA 7 Interpreta il grafico per ricavare la relazione di proporzionalità diretta tra due grandezze			
DOMANDA 8 Ricava dal grafico sperimentale la costante di proporzionalità tra due grandezze			
DOMANDA 9 Applica correttamente il significato di " pendenza della retta "			
<u>TABELLA</u>			
Scrivi correttamente le unità di misura			
Scrivi correttamente le incertezze di misura			
Scrivi correttamente le cifre significative delle misure			
Calcola correttamente il valore della densità			
Calcola correttamente il valore medio della densità			
Arrotonda correttamente il risultato, scrivendolo con le sole cifre significative			
Riporta ordinatamente le misure nella tabella			
<u>GRAFICO</u>			
Riporta correttamente le grandezze sugli assi cartesiani			
Riporta correttamente sul grafico le unità di misura delle grandezze rappresentate			
Riporta correttamente le incertezze di misura			
Calcola correttamente la pendenza della retta del grafico			
PUNTEGGIO MASSIMO PUNTI			

*** Per ogni domanda sono indicati gli obiettivi oggetto della verifica dell'attività sperimentale.**

X

Bibliografia e siti Web di interesse

1. J. S. Walker – Fisica – vol.1 Meccanica, Ed. Zanichelli
 2. E. Amaldi – Le idee della fisica – voll, Ed. Zanichelli
 3. M. Palladino Bosia – Da Galileo ad Einstein – vol 1, Ed. Petrini
 4. F. Bocci – Manuale per il laboratorio di fisica – Ed. Zanichelli
Il testo analizza le varie fasi di un'esperienza di laboratorio e guida all'analisi dei dati sperimentali.
 5. F. Tibone – Quattro.zero – vol 1 e 2, Ed. Zanichelli
Il testo consente di utilizzare il foglio elettronico per raccogliere ed elaborare i dati sperimentali, costruire grafici e tabelle.
-
1. <http://it.wikipedia.org/wiki/Densit%C3%A0>
Su Wikipedia, l'enciclopedia libera, è possibile trovare informazioni sulla densità di una sostanza e su altre grandezze ad essa correlate.
 2. <http://jumk.de/calc/densita.shtml>
Consente di convertire automaticamente il valore della densità nelle diverse unità di misura.
 3. <http://costruire.altervista.org/libro/densita.htm>
Illustra diversi metodi di misurazione della densità: picnometro, pesata idrostatica, flottazione ed altri.