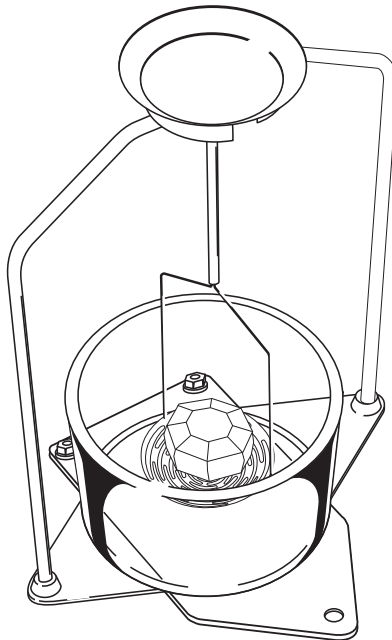




Instrucciones de funcionamiento | Istruzioni per l'uso

Sartorius YDK01, YDK01-0D, YDK01B, YDK01LP, YDK01MS

Kit para la determinación de la densidad
Dispositivo per la determinazione della densità



Indice

| | |
|---|----|
| YDK01, YDK01-OD: Componenti del dispositivo | 29 |
| YDK01, YDK01-OD: Messa in funzione | 30 |
| YDK01B, YDK01LP, YDK01MS: Componenti del dispositivo | 32 |
| YDK01B, YDK01LP, YDK01MS: Messa in funzione | 33 |
| Metodi per la determinazione della densità | 37 |
| Fonti di errore e possibilità di correzione | 38 |
| Determinazione della densità | 41 |
| – di corpi solidi | 41 |
| – di corpi solidi con una densità $<1 \text{ g/cm}^3$ | 42 |
| – di liquidi | 44 |
| Utilizzo in metrologia legale | 45 |
| Tabelle | 46 |
| Valori della densità dell' H_2O | 46 |
| Valori della densità dell'etanolo | 47 |
| Appendice | 48 |

Con questo dispositivo Sartorius per la determinazione della densità avete equipaggiato la Vostra bilancia di un accessorio di alta qualità.

Questo accessorio Vi faciliterà il Vostro lavoro giornaliero.

Si prega di leggere attentamente le istruzioni per l'installazione e l'uso prima di installare ed iniziare il lavoro con il dispositivo per la determinazione della densità.

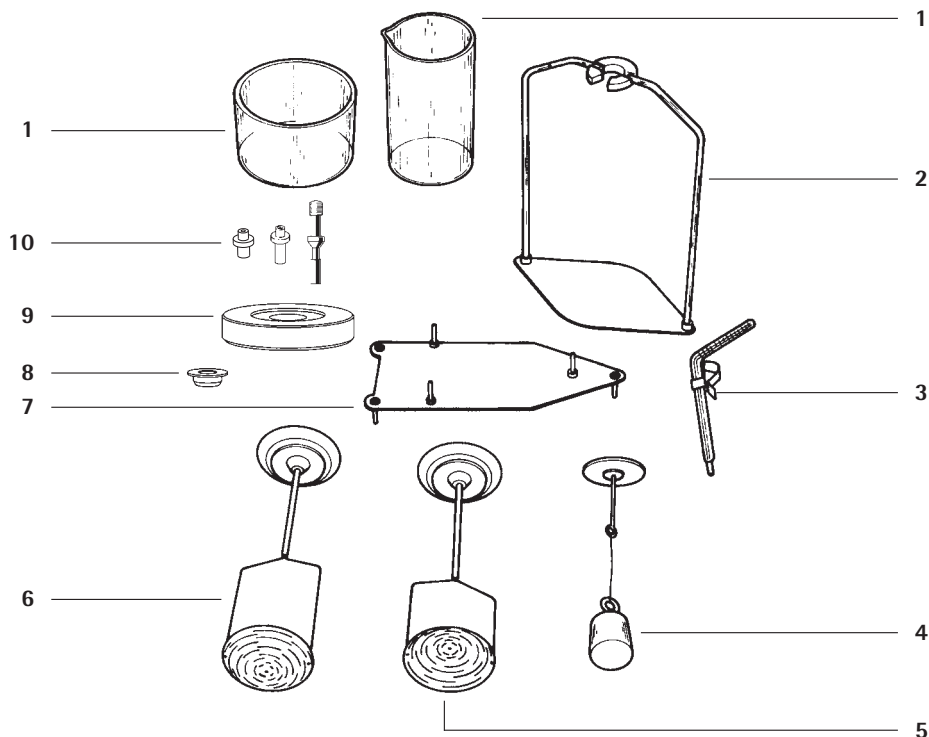
Se la Vostra bilancia è dotata di un programma per la determinazione della densità, i valori rho saranno calcolati automaticamente dal programma stesso.

In questo caso, si prega di seguire le istruzioni operative contenute nel paragrafo "Messa in funzione".

Il procedimento per la determinazione della densità è descritto dettagliatamente nel manuale del programma per la determinazione della densità.

Avvertenza riguardante il dispositivo YDK01-0D:
Il dispositivo YDK 01-0D può essere usato in metrologia legale per determinare la densità dei liquidi.

YDK01, YDK01-0D: Componenti del dispositivo



1 Becher (\varnothing 76 mm e \varnothing 55 mm)

2 Struttura di sospensione

3 Termometro con clip di fissaggio

4 Piombo calibrato in vetro

5 Setaccio per l'immersione dei campioni

6 Cestino per l'immersione dei campioni

7 Ponte metallico

8 Anello di tenuta per i modelli ME

9 Disco di compensazione per ME235S/P, ME254S per i modelli anteriori al 2005

10 Adattatori (3 pezzi)

YDK01, YDK01-0D: Messa in funzione

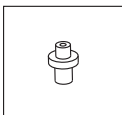
Il dispositivo per la determinazione della densità YDK 01, YDK 01-0D può essere usato con le seguenti bilance:

- bilance ME
- bilance BA con precisione di lettura di $\leq 0,1$ mg
- bilance BP/CPA/CP/LA con precisione di lettura di $\leq 0,1$ mg, LE225D
- bilance MC con un campo di pesata a partire da 210 g (serie Micro)
- bilance (serie Research) RC

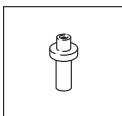
Preparazione della struttura di sospensione

Prima di installare la struttura di sospensione sulla bilancia bisogna montare sulla stessa un adattatore.

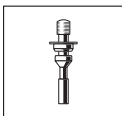
Scegliere l'adattatore secondo il tipo di bilancia.
(Dimensioni approssimative)



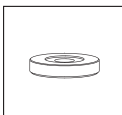
- 12 mm \varnothing , altezza 16,5 mm
- bilance BA, BP*, MC e RC



- 12 mm \varnothing , altezza 25,5 mm
- bilance BP**/CPA/CP/LA con una precisione di lettura di $\leq 0,1$ mg, LE225D



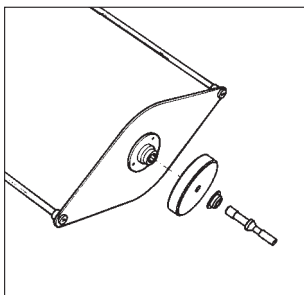
- 8 mm \varnothing , altezza 41,3 mm
- bilance ME con anello di tenuta



Disco di compensazione per ME235S/P, ME254S per i modelli anteriori al 2005

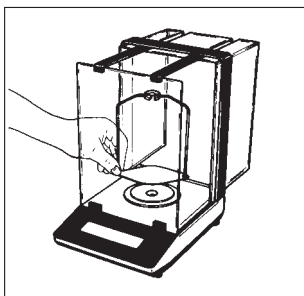
* = BP 210 D, BP 300 S, BP 210 S, BP 160 P, BP 110 S

** = BP 211 D, BP 301 S, BP 221 S, BP 161 P, BP 121 S



Avvitare l'adattatore corrispondente sotto la base della struttura di sospensione.

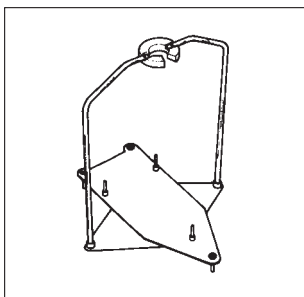
- Disco di compensazione solo per i modelli ME235S/P, ME254S
- Anello di tenuta solo per i modelli ME
- Adattatore rispettivo (vedi pagina precedente)



Togliere le seguenti parti dalla bilancia:

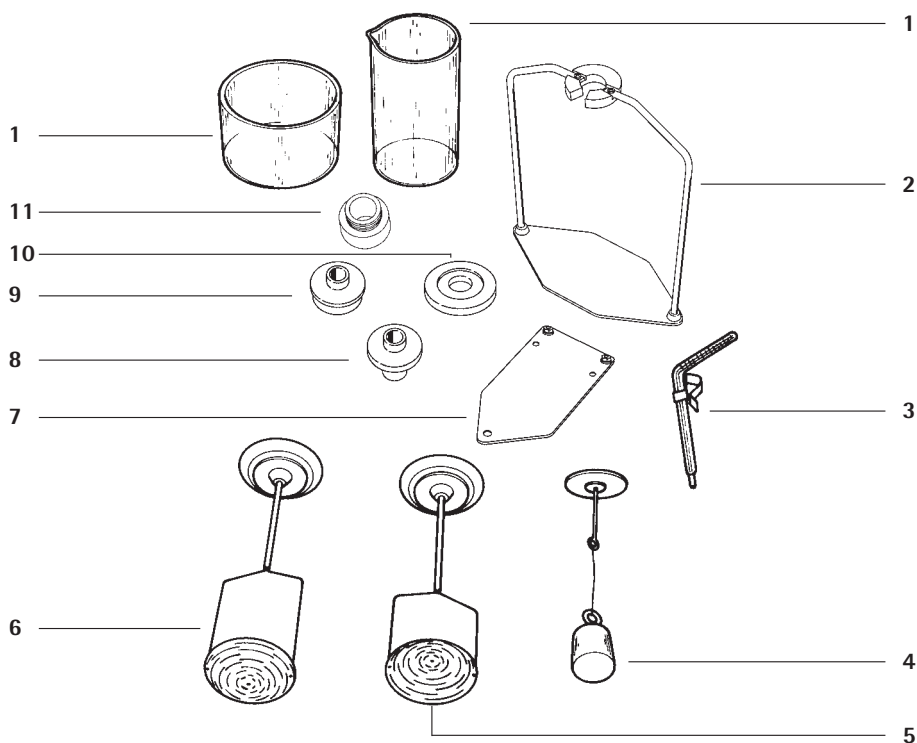
- Piatto di pesata
- Anello di compensazione per le bilance BA e BP
- Supporto del piatto per le bilance BA e BP

Installare la struttura dentro la camera di pesata. L'apertura cuneiforme della parte superiore della struttura indica in quale direzione deve essere posizionato il porta campioni (il cestino, il setaccio, il piombo in vetro) all'interno della struttura.



Utilizzare il ponte metallico come supporto per il becher. Posizionare il ponte sulla base della struttura trasversalmente, in modo che posi sulla base della camera di pesata. Per le bilance BA, BP, CPA, CP o ME, il ponte posa sui piedini esterni. Per le bilance RC e MC posa sui piedini interni.

YDK01B, YDK01LP, YDK01MS: Componenti del dispositivo



- | | | | |
|---|---|----|---|
| 1 | Becher (\varnothing 76 mm e \varnothing 55 mm) | 8 | Adattatore per i modelli LA/LP con schermatura anticorrosione |
| 2 | Struttura di sospensione | 9 | Adattatore per i modelli LA/LP senza schermatura anticorrosione |
| 3 | Termometro con clip di fissaggio | 10 | Disco di compensazione per i modelli LA/LP 3200 D |
| 4 | Piombo calibrato in vetro | 11 | Adattatore per YDK01B, YDK01LP: modelli ED224S, ED124S, LE324S, LE244S, YDK01MS |
| 5 | Setaccio per l'immersione dei campioni | | |
| 6 | Cestino per l'immersione dei campioni | | |
| 7 | Ponte metallico | | |

YDK01B, YDK01LP, YDK01MS: Messa in funzione

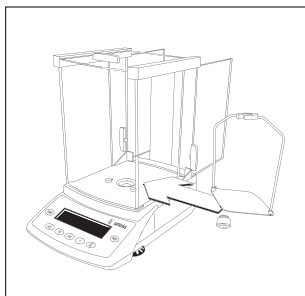
Uso previsto

- YDK01B per modelli Sartorius BSA124 S/CW, BSA224S/CW, Acculab ATL-224/I, ATL-124/I, ATL-84/I
- YDK01LP per bilance LA e LP con una precisione di lettura di 1 mg, ED224S, ED124S, LE324S, LE244S
- YDK01MS per modelli della serie Cubis

M **Impiego del dispositivo in metrologia legale:**
I dispositivi YDK01B, YDK01LP e YDK01MS non possono essere utilizzati in metrologia legale.

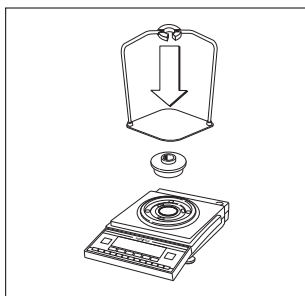
Installazione del dispositivo per la determinazione della densità:

- Rimuovere dalla bilancia il paravento in vetro, il piatto di pesata e il supporto del piatto



YDK01B, YDK01MS e YDK01LP per modelli ED224S, ED124S, LE324S, LE244S:

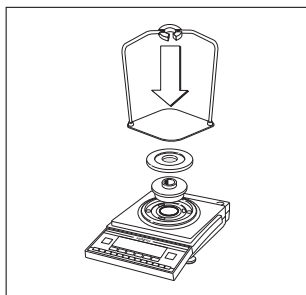
- Avvitare l'adattatore (11) alla struttura di sospensione
- Collocare la struttura di sospensione sulla bilancia
- L'apertura cuneiforme nella parte superiore della struttura di sospensione indica in quale direzione deve essere posizionato il cestino di immersione (setaccio di immersione/piombo in vetro).



Bilance LA/LP, eccetto i modelli LA/LP3200D, LA/LP1200S

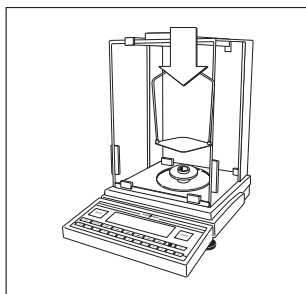
Montare le parti nel seguente ordine:

- Adattatore corto
- Struttura di sospensione
- L'apertura cuneiforme della parte superiore della struttura indica in quale direzione deve essere posizionato il porta campioni (il cestino, il setaccio il piombo in vetro) all'interno della struttura.



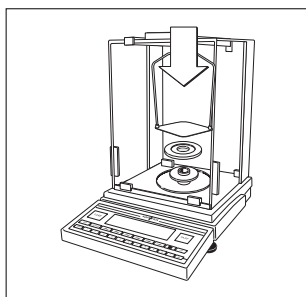
Bilance LA/LP3200D, LA/LP1200S

- Montare le parti nel seguente ordine:
 - Adattatore corto
 - Disco di compensazione
 - Struttura di sospensione
- L'apertura cuneiforme della parte superiore della struttura indica in quale direzione deve essere posizionato il porta campioni (il cestino, il setaccio, il piombo in vetro) all'interno della struttura.



Bilance LA/LP, eccetto i modelli LA/LP3200D, LA/LP1200S con protezione anticorrente YDS01LP

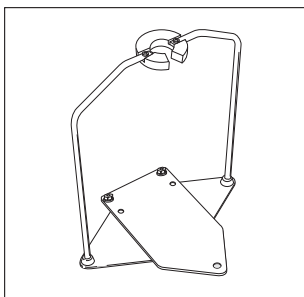
- Montare le parti nel seguente ordine:
 - Adattatore lungo
 - Struttura di sospensione
- L'apertura cuneiforme della parte superiore della struttura indica in quale direzione deve essere posizionato il porta campioni (il cestino, il setaccio, il piombo in vetro) all'interno della struttura.



Bilance LA/LP3200D, LA/LP1200S con protezione anticorrente YDS01LP

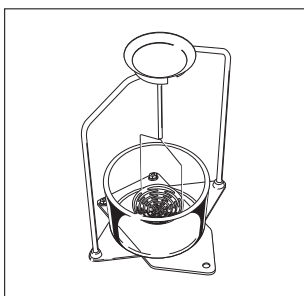
- Montare le parti nel seguente ordine:
 - Adattatore lungo
 - Disco di compensazione
 - Struttura di sospensione
- L'apertura cuneiforme della parte superiore della struttura indica in quale direzione deve essere posizionato il porta campioni (il cestino, il setaccio, il piombo in vetro) all'interno della struttura.

Scelta dei becher/ accessori di immersione



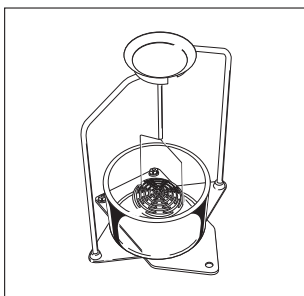
- Usare il ponte metallico come supporto del becher. Installare il ponte sulla base della struttura e collocare entrambi sulla bilancia.

La scelta dei becher e degli accessori di immersione dipende dal tipo di campioni da analizzare.



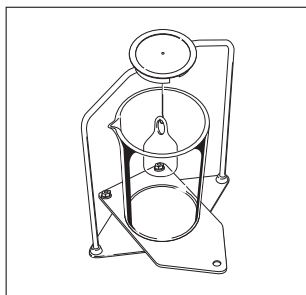
Per la determinazione della densità dei campioni solidi con una densità superiore a quella del liquido di immersione, utilizzare:

- il becher di 76 mm \varnothing ed il cestino di immersione

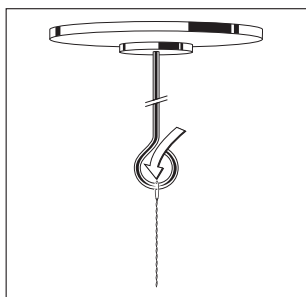


Per la determinazione della densità di campioni solidi con una densità inferiore a quella del liquido di immersione, utilizzare:

- il becher di 76 mm \varnothing ed il setaccio di immersione per tenere i campioni immersi.



- Per determinare la densità dei liquidi, utilizzare
- il becher di 55 mm \varnothing ed il piombo in vetro.

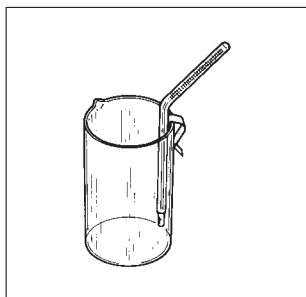


Disimballaggio del piombo in vetro

- ⚠ Attenzione: non piegare il filo metallico perché potrebbe rompersi! Estrarre il piombo dall'imballaggio dalla parte dell'occhiello in vetro.

Installazione del piombo in vetro

- Agganciare il filo metallico del piombo al gancio del supporto.



Termometro

Se necessario, fissare il termometro al bordo del becher utilizzando la clip di fissaggio.

Metodi per la determinazione della densità

Con questo dispositivo di misurazione, la densità di un campione solido viene determinata applicando il principio di Archimede:

Un solido immerso in un liquido è sottoposto ad una spinta idrostatica, cioè ad una spinta verso l'alto. Il valore di questa forza è uguale a quella del peso del liquido spostato dal volume del campione.

Con una bilancia idrostatica che permette di pesare un corpo solido sia in aria che in acqua, è possibile:

determinare la **densità di un solido** se la densità del liquido che causa la spinta idrostatica è conosciuta:

$$\rho = \frac{W(a) \cdot \rho(fl)}{W(a) - W(fl)}$$

oppure

determinare la **densità di un liquido** se è conosciuto il volume del solido immerso:

$$\rho(fl) = \frac{G}{V}$$

dove:

ρ = densità del corpo solido

$\rho(fl)$ = densità del liquido

$W(a)$ = peso del corpo solido in aria

$W(fl)$ = peso del corpo solido nel liquido

G = spinta idrostatica del corpo solido immerso

V = volume del corpo solido immerso

Fonti di errore e possibilità di correzione

La formula della pagina precedente per la determinazione della densità di un corpo solido è sufficiente per ottenere una precisione di uno fino a due decimali. Per un livello di precisione superiore, si devono tenere in considerazione i seguenti fattori di errore e di correzione.

- La densità del liquido che causa la spinta idrostatica dipende dalla sua temperatura
- La spinta aerostatica durante la pesata in aria
- Il cambiamento del livello di immersione dei fili metallici del porta campioni quando il campione viene immerso
- La tensione superficiale del liquido sui fili metallici del porta campioni
- Le bolle d'aria sul campione

Alcuni di questi errori possono essere corretti mediante un'operazione di calcolo. Per eseguire questo calcolo procedere nel seguente modo:

- misurare la temperatura del liquido di riferimento e correggere la sua densità in modo corrispondente
e
- definire il diametro interno del recipiente contenente il liquido di riferimento.

Influenza della temperatura sulla densità del liquido

La densità del liquido che causa la spinta idrostatica dipende dalla temperatura.

La variazione della densità dipendente da una modifica della temperatura in °C è dell'ordine di

- 0,02% per l'acqua distillata
- 0,1% per gli alcoli e idrocarburi

vale a dire, questa può influenzare il terzo decimale del risultato della determinazione della densità.

Per correggere la densità del liquido in funzione della temperatura, procedere come segue:

- misurare la temperatura del liquido con il termometro fornito con l'equipaggiamento
- usare la tabella che si trova in fondo al manuale per conoscere la densità dei liquidi comunemente più usati, acqua ed etanolo, alla temperatura misurata ed utilizzare questa densità come valore ρ (fl).

Spinta aerostatica

Un volume di 1 cm³ d'aria ha un peso di circa 1,2 mg secondo le condizioni della temperatura, dell'umidità dell'aria e della pressione. Quando un campione solido viene pesato in aria, è sottoposto ad una spinta aerostatica uguale al peso del volume dell'aria spostato. L'errore che ne risulta è sufficiente per influenzare il terzo decimale e quindi deve essere corretto.

La seguente formula tiene conto della spinta aerostatica:

$$\rho = \frac{W(a) \cdot [\rho(fl) - \rho(a)]}{W(a) - W(fl)} + \rho(a).$$

Dove $\rho(a) = 0,0012 \text{ g/cm}^3$ = densità dell'aria in condizioni standard (temperatura 20°C, pressione 101,325 kPa).

Profondità di immersione

Il piatto per portare o immergere il campione durante la pesata nel liquido è fissato a due fili metallici ed è immerso a 30 mm circa sotto la superficie del liquido. Dato che la bilancia viene tarata prima di ogni misurazione, la spinta idrostatica causata dalla parte immersa del dispositivo di misurazione non influenza la determinazione della densità.

Quando un campione solido viene pesato nel liquido sposta un volume di liquido uguale al volume del campione stesso. Questo porta ad un aumento del livello del liquido dato dall'ulteriore immersione dei fili metallici, generando quindi una spinta idrostatica che introduce un errore nella determinazione della densità.

Per correggere questo errore viene applicata la seguente formula:

$$\rho = \frac{W(a) \cdot [\rho(fl) - \rho(a)]}{0.99983 [W(a) - W(fl)]} + \rho(a)$$

Il fattore di correzione è stato determinato solo per la geometria dell'accessorio di misurazione della densità. Per questo motivo bisogna usare, per la determinazione della densità di un corpo solido, solo il becher con diametro di 76 mm fornito con l'equipaggiamento. L'appendice che si trova in fondo al manuale descrive i vari passi per il calcolo di questo fattore di correzione.

Tensione superficiale sui fili metallici

Quando il cestino (o il setaccio) è immerso nel liquido producendo la spinta idrostatica, il liquido aderisce ai fili metallici a causa delle tensioni superficiali e genera un peso supplementare dell'ordine di qualche milligrammo.

Dato che il cestino di immersione (o il setaccio) si trova nel liquido sia durante la pesata in aria sia durante la pesata nel liquido e dato che la bilancia viene tarata all'inizio di ogni misurazione, l'effetto di menisco può essere trascurato.

Per ridurre la tensione superficiale e la frizione del liquido sui fili metallici, aggiungere tre gocce di un tensioattivo (un antistatico oppure un comune detersivo per stoviglie) all'acqua distillata contenuta nel becher.

Poiché il liquido sale lungo tutto il filo, il peso può variare leggermente anche dopo l'apparizione del simbolo di stabilità "g". Si consiglia quindi di leggere subito il valore del peso prima dell'apparizione del simbolo "g".

Bolle d'aria

L'errore di misurazione causato dalle bolle d'aria che aderiscono al campione può essere calcolato nel modo seguente. Una bolla d'aria con un diametro di 0,5 mm causa una spinta idrostatica supplementare leggermente inferiore a 0,1 mg quando il campione viene pesato nell'acqua. Una bolla d'acqua con un diametro di 1 mm esercita un'influenza dell'ordine di 0,5 mg e una bolla d'aria di 2 mm causa una spinta idrostatica supplementare di circa 4,2 mg. Bolle d'aria di diametro maggiore devono essere assolutamente eliminate con l'aiuto di un pennellino o altri utensili.

Si può anche bagnare il campione in un recipiente a parte prima di pesarlo nel liquido.

Determinazione della densità

Determinazione della densità di corpi solidi

Preparazione

(Il liquido impiegato in questa descrizione è acqua distillata)

- Posizionare il becher di grande diametro (76 mm Ø) al centro del ponte metallico
- Riempirlo con l'acqua distillata fino a 5 mm dal bordo
- Aggiungere le tre gocce di tensioattivo nell'acqua distillata
- Applicare il termometro al bordo del becher usando la clip di fissaggio
- Pulire il porta campioni con un solvente (in particolare i fili che saranno immersi) e appenderlo alla struttura di sospensione

Procedimento di misurazione

Determinazione del peso del campione in aria

- Tarare la bilancia
- Mettere il campione sul piatto superiore della struttura di sospensione e pesare
- Registrare il peso $W(a)$

Determinazione della spinta idrostatica $G = W(a) - W(fl)$

- Tarare la bilancia con il campione sul piatto superiore della struttura di sospensione
- Collocare il campione nel porta campioni¹⁾
- Registrare il valore assoluto della spinta idrostatica "G" visualizzata con un segno negativo

Calcolo della densità

- Leggere la temperatura del liquido di immersione
- Utilizzando le tabelle che si trovano in fondo al manuale, determinare la densità $\rho(fl)$ del liquido di immersione alla temperatura appena misurata
- Calcolare la densità applicando la formula seguente:

$$\rho = \frac{W(a) \cdot [\rho(fl) - 0.0012 \text{ g/cm}^3]}{0.99983 \text{ G}} + 0.0012 \text{ g/cm}^3$$

$W(a)$ e G in g; $\rho(fl)$ in g/cm^3
 $G = W(a) - W(fl)$

¹⁾ Se si deve staccare la struttura di supporto del porta campioni dalla struttura di sospensione per effettuare questa operazione, fare attenzione che non aderiscano delle bolle d'aria nuove quando viene reimmessa nel liquido; è preferibile mettere il campione direttamente nel cestino usando una pinzetta o utensili simili.

Determinazione della densità di corpi solidi con una densità < 1 g/cm³

Esistono due metodi per determinare la densità di corpi solidi con una densità inferiore a 1 g/cm³.

1° metodo:

Per questo metodo, il liquido usato per creare la spinta idrostatica è l'acqua distillata, il cestino di immersione viene sostituito con il setaccio per immergere i campioni.

Per determinare la spinta idrostatica del campione, esso viene fatto galleggiare sulla superficie dell'acqua e poi viene immerso utilizzando il setaccio tolto in precedenza.

Si può anche utilizzare una pinzetta o utensili simili per collocare direttamente il campione sotto il setaccio (senza togliere il setaccio dalla struttura di sospensione).

Se la spinta idrostatica della sostanza da misurare è così forte che il peso del setaccio non è sufficiente ad immergere il campione, aumentare il peso del setaccio aggiungendo un peso supplementare al piatto superiore della struttura di sospensione.

2° metodo:

In questo caso, per creare la spinta idrostatica viene utilizzato un liquido la cui densità è minore di quella del corpo solido di cui si deve determinare la densità. Sono stati ottenuti buoni risultati usando l'etanolo (fino ad una densità di circa 0,8 g/cm³).

La densità dell'etanolo ρ (fl) (in funzione della temperatura) è indicata nelle tabelle che si trovano in fondo al manuale.

Gli effetti negativi della tensione superficiale del liquido sui risultati di misurazione sono meno evidenti se si usa l'etanolo al posto dell'acqua distillata. Non è quindi necessario aggiungere il tensioattivo.

Se si usa l'etanolo si consiglia di seguire scrupolosamente le precauzioni di sicurezza date.

Questo secondo metodo viene usato solo se la densità del corpo solido varia leggermente da quella dell'acqua distillata. Dato che il campione è sospeso dentro l'acqua, potrebbero subentrare degli errori di misurazione se si utilizza il primo metodo. Allo stesso modo si consiglia di utilizzare il secondo metodo per la determinazione della densità di sostanze granulari, in quanto con il primo metodo sarebbe difficile mettere le il campione granulare sotto il setaccio.

Si dovrebbe evitare l'uso di etanolo se questo può attaccare o dissolvere il campione.

Preparazione

(Il liquido impiegato in questa descrizione è acqua)

- Posizionare il becher di grande diametro (76 mm Ø) al centro del ponte metallico
- Riempirlo con l'acqua distillata fino a 5 mm dal bordo
- Aggiungere tre gocce di tensioattivo all'acqua distillata
- Applicare il termometro al bordo del becher usando la clip di fissaggio
- Pulire il setaccio di immersione con un solvente (in particolare i fili che saranno immersi) e appenderlo alla struttura di sospensione

Procedimento di misurazione

Determinazione del peso del campione in aria

- Tarare la bilancia
- Mettere il campione sul piatto superiore della struttura di sospensione e pesare
- Registrare il peso $W(a)$

Determinazione della spinta idrostatica $G = W(a) - W(fl)$

- Tarare la bilancia con il campione posto sul piatto superiore della struttura di sospensione
- Collocare il campione sotto il setaccio di immersione o immergerlo sotto la superficie del liquido usando il setaccio stesso¹⁾
- Registrare il valore assoluto della spinta idrostatica "G" visualizzata con un segno negativo

Calcolo della densità

- Leggere la temperatura del liquido di immersione
- Utilizzando le tabelle che si trovano in fondo al manuale, determinare la densità $\rho(fl)$ del liquido di immersione alla temperatura appena misurata
- Calcolare la densità applicando la formula seguente:

$$\rho = \frac{W(a) \cdot \rho(fl)}{0.99983 G} + 0.0012 \text{ g/cm}^3$$

$W(a)$ e G in g; $\rho(fl)$ in g/cm^3

$G = W(a) - W(fl)$

¹⁾ Se si deve staccare la struttura di supporto del porta campioni dalla struttura di sospensione, fare attenzione che non aderiscano delle bolle d'aria nuove quando viene reimmerso nel liquido; è preferibile mettere il campione direttamente sotto il setaccio usando una pinzetta o utensili simili.

Determinazione della densità dei liquidi

Preparazione

- Posizionare il becher di piccolo diametro (55 mm Ø) al centro del ponte metallico
- Applicare il termometro al bordo del becher usando la clip di fissaggio

Procedimento di misurazione

- Appendere alla struttura il disco con il piombo in vetro (appeso ad un filo)
- Tarare la bilancia
- Riempire il becher con il liquido di cui deve essere determinata la densità fino a 10 mm sopra il piombo in vetro

Determinazione della spinta idrostatica $G = W(a) - W(fl)$

Il valore di peso negativo visualizzato dalla bilancia corrisponde alla spinta idrostatica che agisce sul piombo in vetro nel liquido.

- Registrare il valore assoluto della spinta idrostatica "G" visualizzata con un segno negativo
- Leggere la temperatura e registrarla

Calcolo della densità

- Per calcolare la densità usare la formula seguente:

$$\rho (fl) = \frac{G}{V}$$

G è espresso in g; V in cm³

Il piombo in vetro incluso nel set per la determinazione della densità ha un volume di 10 cm³.

È facile ottenere la densità del liquido (in g/cm³); basta spostare mentalmente la virgola di un decimale verso sinistra nel display della bilancia.

Utilizzo in metrologia legale

Il dispositivo per la determinazione della densità YDK 01-0D, può essere usato in metrologia legale solo per la determinazione della densità dei liquidi.

Oltre alla struttura di sospensione, l'adattatore ed il ponte metallico sono necessari i seguenti componenti forniti con l'equipaggiamento del dispositivo YDK 01-0D:

- Becher Ø 55 mm
- Piombo in vetro materiale: vetro AR
volume: 10 cm³
sospeso ad un filo in constantan
- Termometro verificato per l'utilizzo in metrologia legale: modello secondo E014.1
scala da 15 a 25°C
precisione di lettura di 0,1°C
precisione ±0,1°C

Tabella

Densità dell'H₂O alla temperatura T (in °C)

| T/°C | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 10. | 0,99973 | 0,99972 | 0,99971 | 0,99970 | 0,99969 | 0,99968 | 0,99967 | 0,99966 | 0,99965 | 0,99964 |
| 11. | 0,99963 | 0,99962 | 0,99961 | 0,99960 | 0,99959 | 0,99958 | 0,99957 | 0,99956 | 0,99955 | 0,99954 |
| 12. | 0,99953 | 0,99951 | 0,99950 | 0,99949 | 0,99948 | 0,99947 | 0,99946 | 0,99944 | 0,99943 | 0,99942 |
| 13. | 0,99941 | 0,99939 | 0,99938 | 0,99937 | 0,99935 | 0,99934 | 0,99933 | 0,99931 | 0,99930 | 0,99929 |
| 14. | 0,99927 | 0,99926 | 0,99924 | 0,99923 | 0,99922 | 0,99920 | 0,99919 | 0,99917 | 0,99916 | 0,99914 |
| 15. | 0,99913 | 0,99911 | 0,99910 | 0,99908 | 0,99907 | 0,99905 | 0,99904 | 0,99902 | 0,99900 | 0,99899 |
| 16. | 0,99897 | 0,99896 | 0,99894 | 0,99892 | 0,99891 | 0,99889 | 0,99887 | 0,99885 | 0,99884 | 0,99882 |
| 17. | 0,99880 | 0,99879 | 0,99877 | 0,99875 | 0,99873 | 0,99871 | 0,99870 | 0,99868 | 0,99866 | 0,99864 |
| 18. | 0,99862 | 0,99860 | 0,99859 | 0,99857 | 0,99855 | 0,99853 | 0,99851 | 0,99849 | 0,99847 | 0,99845 |
| 19. | 0,99843 | 0,99841 | 0,99839 | 0,99837 | 0,99835 | 0,99833 | 0,99831 | 0,99829 | 0,99827 | 0,99825 |
| 20. | 0,99823 | 0,99821 | 0,99819 | 0,99817 | 0,99815 | 0,99813 | 0,99811 | 0,99808 | 0,99806 | 0,99804 |
| 21. | 0,99802 | 0,99800 | 0,99798 | 0,99795 | 0,99793 | 0,99791 | 0,99789 | 0,99786 | 0,99784 | 0,99782 |
| 22. | 0,99780 | 0,99777 | 0,99775 | 0,99773 | 0,99771 | 0,99768 | 0,99766 | 0,99764 | 0,99761 | 0,99759 |
| 23. | 0,99756 | 0,99754 | 0,99752 | 0,99749 | 0,99747 | 0,99744 | 0,99742 | 0,99740 | 0,99737 | 0,99735 |
| 24. | 0,99732 | 0,99730 | 0,99727 | 0,99725 | 0,99722 | 0,99720 | 0,99717 | 0,99715 | 0,99712 | 0,99710 |
| 25. | 0,99707 | 0,99704 | 0,99702 | 0,99699 | 0,99697 | 0,99694 | 0,99691 | 0,99689 | 0,99686 | 0,99684 |
| 26. | 0,99681 | 0,99678 | 0,99676 | 0,99673 | 0,99670 | 0,99668 | 0,99665 | 0,99662 | 0,99659 | 0,99657 |
| 27. | 0,99654 | 0,99651 | 0,99648 | 0,99646 | 0,99643 | 0,99640 | 0,99637 | 0,99634 | 0,99632 | 0,99629 |
| 28. | 0,99626 | 0,99623 | 0,99620 | 0,99617 | 0,99614 | 0,99612 | 0,99609 | 0,99606 | 0,99603 | 0,99600 |
| 29. | 0,99597 | 0,99594 | 0,99591 | 0,99588 | 0,99585 | 0,99582 | 0,99579 | 0,99576 | 0,99573 | 0,99570 |
| 30. | 0,99567 | 0,99564 | 0,99561 | 0,99558 | 0,99555 | 0,99552 | 0,99549 | 0,99546 | 0,99543 | 0,99540 |

Densità dell'etanolo alla temperatura T (in °C)

| T/°C | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 10. | 0,79784 | 0,79775 | 0,79767 | 0,79758 | 0,79750 | 0,79741 | 0,79733 | 0,79725 | 0,79716 | 0,79708 |
| 11. | 0,79699 | 0,79691 | 0,79682 | 0,79674 | 0,79665 | 0,79657 | 0,79648 | 0,79640 | 0,79631 | 0,79623 |
| 12. | 0,79614 | 0,79606 | 0,79598 | 0,79589 | 0,79581 | 0,79572 | 0,79564 | 0,79555 | 0,79547 | 0,79538 |
| 13. | 0,79530 | 0,79521 | 0,79513 | 0,79504 | 0,79496 | 0,79487 | 0,79479 | 0,79470 | 0,79462 | 0,79453 |
| 14. | 0,79445 | 0,79436 | 0,79428 | 0,79419 | 0,79411 | 0,79402 | 0,79394 | 0,79385 | 0,79377 | 0,79368 |
| 15. | 0,79360 | 0,79352 | 0,79343 | 0,79335 | 0,79326 | 0,79318 | 0,79309 | 0,79301 | 0,79292 | 0,79284 |
| 16. | 0,79275 | 0,79267 | 0,79258 | 0,79250 | 0,79241 | 0,79232 | 0,79224 | 0,79215 | 0,79207 | 0,79198 |
| 17. | 0,79190 | 0,79181 | 0,79173 | 0,79164 | 0,79156 | 0,79147 | 0,79139 | 0,79130 | 0,79122 | 0,79113 |
| 18. | 0,79105 | 0,79096 | 0,79088 | 0,79079 | 0,79071 | 0,79062 | 0,79054 | 0,79045 | 0,79037 | 0,79028 |
| 19. | 0,79020 | 0,79011 | 0,79002 | 0,78994 | 0,78985 | 0,78977 | 0,78968 | 0,78960 | 0,78951 | 0,78943 |
| 20. | 0,78934 | 0,78926 | 0,78917 | 0,78909 | 0,78900 | 0,78892 | 0,78883 | 0,78874 | 0,78866 | 0,78857 |
| 21. | 0,78849 | 0,78840 | 0,78832 | 0,78823 | 0,78815 | 0,78806 | 0,78797 | 0,78789 | 0,78780 | 0,78772 |
| 22. | 0,78763 | 0,78755 | 0,78746 | 0,78738 | 0,78729 | 0,78720 | 0,78712 | 0,78703 | 0,78695 | 0,78686 |
| 23. | 0,78678 | 0,78669 | 0,78660 | 0,78652 | 0,78643 | 0,78635 | 0,78626 | 0,78618 | 0,78609 | 0,78600 |
| 24. | 0,78592 | 0,78583 | 0,78575 | 0,78566 | 0,78558 | 0,78549 | 0,78540 | 0,78532 | 0,78523 | 0,78515 |
| 25. | 0,78506 | 0,78497 | 0,78489 | 0,78480 | 0,78472 | 0,78463 | 0,78454 | 0,78446 | 0,78437 | 0,78429 |
| 26. | 0,78420 | 0,78411 | 0,78403 | 0,78394 | 0,78386 | 0,78377 | 0,78368 | 0,78360 | 0,78351 | 0,78343 |
| 27. | 0,78334 | 0,78325 | 0,78317 | 0,78308 | 0,78299 | 0,78291 | 0,78282 | 0,78274 | 0,78265 | 0,78256 |
| 28. | 0,78248 | 0,78239 | 0,78230 | 0,78222 | 0,78213 | 0,78205 | 0,78196 | 0,78187 | 0,78179 | 0,78170 |
| 29. | 0,78161 | 0,78153 | 0,78144 | 0,78136 | 0,78127 | 0,78118 | 0,78110 | 0,78101 | 0,78092 | 0,78084 |
| 30. | 0,78075 | 0,78066 | 0,78058 | 0,78049 | 0,78040 | 0,78032 | 0,78023 | 0,78014 | 0,78006 | 0,77997 |

Appendice

Questa appendice dovrebbe aiutarVi a capire come sono stati derivati le formule e i fattori di correzione per la determinazione della densità.

Principi fondamentali

$$\text{Densità} = \frac{\text{Massa (g)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}}$$

Il principio di Archimede:

Un solido immerso in un liquido è sottoposto ad una forza detta spinta idrostatica (G). Il valore di questa forza è uguale al peso del volume del liquido spostato dal solido. Il volume di un solido immerso V (s) è uguale al volume del liquido spostato V (fl).

Si devono determinare:

1. Il peso del campione in aria: W (a)
2. La spinta idrostatica di un solido nel liquido: G

La densità del solido è :

$$\rho = \frac{\text{massa del solido}}{\text{volume del solido}} = \frac{W (a)}{V (s)} = \frac{W (a)}{V (fl)}$$

se la densità $\rho (fl)$ del liquido spostato è conosciuta, allora

$$V (fl) = \frac{\text{Massa (fl)}}{\rho (fl)} = \frac{G}{\rho (fl)}$$

perciò:

$$\rho = \frac{W (a) \cdot \rho (fl)}{G}$$

Calcolo

La densità di un solido è calcolata con l'equazione

$$\rho : W (a) = \rho (fl) : W (a) - W (fl),$$

dove:

$$\rho = \frac{W (a) \cdot \rho (fl)}{W (a) - W (fl)}$$

$W (a) - W (fl) = G =$ spinta idrostatica del campione.

La **densità del liquido** viene determinata in base alla spinta idrostatica del corpo immerso che ha un volume ben definito.

$$V (fl) = \frac{G}{V}$$

dove:

- ρ = densità del solido
- $\rho (fl)$ = densità del liquido
- W (a) = peso del solido in aria
- W (fl) = peso del solido nel liquido
- G = spinta idrostatica del corpo solido immerso
- V = volume del corpo solido immerso

Fattori di correzione

Durante la determinazione della densità di corpi solidi bisogna tenere in considerazione i seguenti fattori di correzione:

– **La spinta aerostatica applicata al campione durante la pesata in aria**

dove $\rho(a) = 0,0012 \text{ g/cm}^3$ = densità dell'aria in condizioni normali della temperatura e della pressione (20°C e 101,325 kPa);
ne consegue che:

$$\rho = \frac{W(a) \cdot [\rho(fl) - \rho(a)]}{W(a) - W(fl)} + \rho(a)$$

– **L'immersione dei fili metallici del cestino di immersione o del setaccio**

Quando si usa il dispositivo per la determinazione della densità, è necessario moltiplicare la spinta idrostatica $G = [W(a) - W(fl)]$ per il fattore 0,99983 (Corr).

Quindi:

$$\rho = \frac{W(a) \cdot [\rho(fl) - \rho(a)]}{[W(a) - W(fl)] \cdot \text{Corr}} + \rho(a)$$

Questo fattore prende in considerazione la spinta idrostatica supplementare applicata ai fili metallici che vengono ulteriormente immersi quando il campione viene posto nel cestino di immersione.

Derivazione di questo fattore di correzione:

La spinta idrostatica causata dall'ulteriore immersione dei fili metallici dipende dall'altezza "h" data dall'aumento del livello del liquido quando il campione viene immerso.

Il volume del campione $V(pr)$ corrisponde al volume del liquido $V(fl)$. Il volume del campione è determinato misurando la spinta idrostatica. Quindi si ha:

$$V(pr) = V(fl)$$

oppure

$$\frac{W(a) - W(fl)}{\rho(fl)} = \frac{\pi \cdot h \cdot D^2}{4}$$

$$\text{perciò, } h = \frac{4 \cdot [W(a) - W(fl)]}{\rho(fl) \cdot \pi \cdot D^2}$$

La spinta idrostatica "A" causata dai fili metallici immersi è:

$$A = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \cdot \rho(fl)$$

Usando "h":

$$\rho = \frac{2 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 4 \cdot [W(a) - W(fl)] \cdot \rho(fl)}{4 \cdot \rho(fl) \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$A = 2 \cdot \frac{d^2}{D^2} \cdot [W(a) - W(fl)]$$

Per tenere in considerazione la spinta idrostatica dei fili metallici, si deve sottrarre la spinta idrostatica “A” prodotta dai fili dalla spinta idrostatica applicata al campione: $G = W (a) - W (fl)$. La spinta idrostatica corretta “A (corr)” da usare in questo calcolo è : $G - “A”$.

$$A \text{ (corr)} = [W (a) - W (fl)] - 2 \cdot \frac{d^2}{D^2} \cdot [W (a) - W (fl)]$$

$$A \text{ (corr)} = \left[1 - 2 \cdot \frac{d^2}{D^2} \right] \cdot [W (a) - W (fl)]$$

Con questo dispositivo, per la determinazione della densità dei corpi solidi viene usato un becher grande di 76 mm di diametro e la struttura di immersione con due fili metallici con un diametro di 0,7 mm. Introducendo nell’equazione il valore numerico $d = 0,7$ mm e $D = 76$ mm, il fattore di correzione risulta:

$$1 - 2 \cdot \frac{0,7^2}{76^2} = \mathbf{0.99983}$$

Se si usano accessori di altre dimensioni, il fattore di correzione deve essere ricalcolato.

Distributore Autorizzato :

Geass S.r.l. - Torino - Tel.: +39 011.22.91.578 - info@geass.com - web site : www.geass.com