

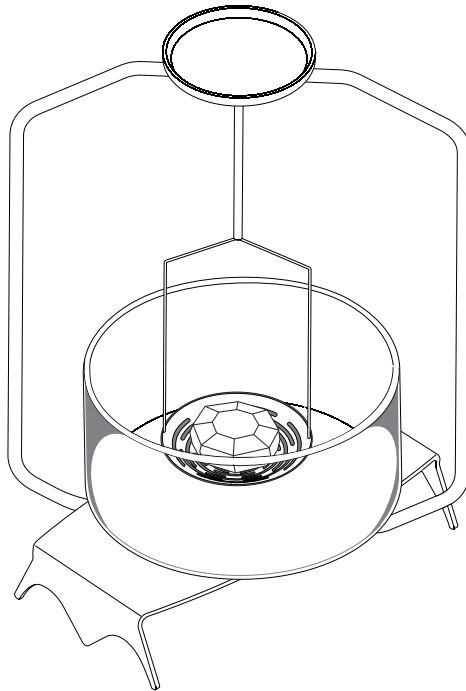


sartorius

User's Manual | Betriebsanleitung | Mode d'emploi |
Instrucciones de funcionamiento | 操作指示

Sartorius YDK03

Density Determination Kit | Dichtebestimmungsset
Dispositif de détermination de masses volumiques |
Kit para la determinación de la densidad | 密度測定套件



98648-019-29

English – page 3

Deutsch – Seite 23

Français – page 43

Español – página 63

中文 – 第 83 页

Contents

Kit Components	5
Getting Started	6
Methods for Determining Specific Gravity/Density	10
Troubleshooting	11
Determining the Specific Gravity/Density	14
– of Solids.	14
– of Solids with a Density $<1 \text{ g/cm}^3$	15
– of Liquids.	17
Tables	18
Density Values of H_2O	18
Density Values of Ethanol	19
Supplement	20

With this Sartorius Density Determination Kit you have acquired a high-quality accessory to your electronic balance.

This accessory kit will ease your daily workload.

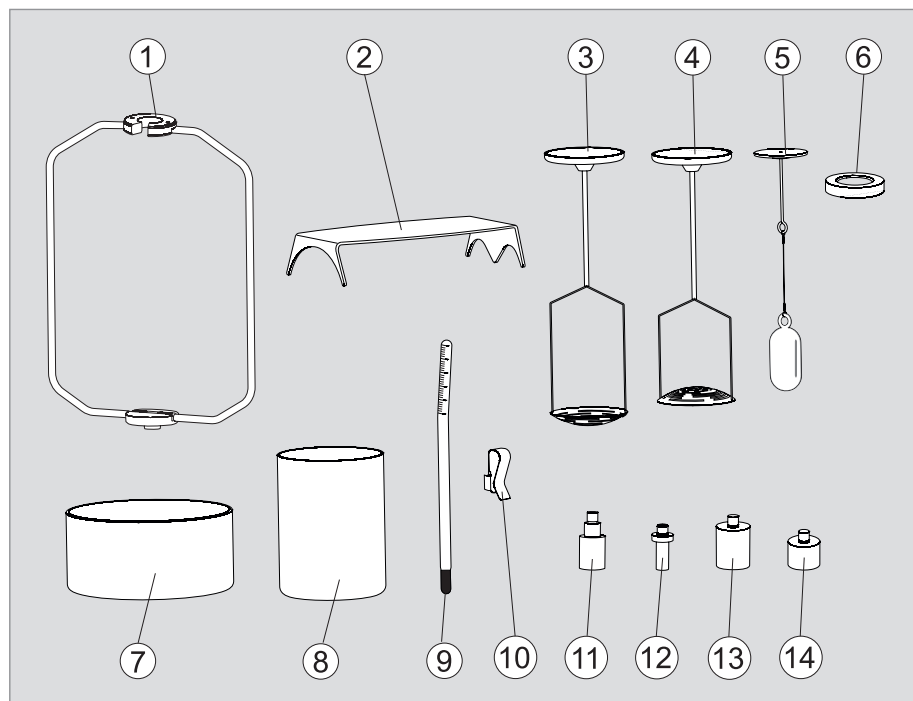
Please read this User's Manual carefully before setting up your density determination kit and working with it.

If your balance is equipped with a density determination program, you can have the rho values calculated by the program.

In this case, please follow the operating instructions in "Getting Started."

Then perform density determination as described in the density determination program.

Kit Components



- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1 Bar frame | 9 Thermometer |
| 2 Metal plate | 10 Fastening clamp |
| 3 Sample holder (pan hanger assembly) | 11 Adapter "1", for Secura®, Quintix®, Practum® |
| 4 Sieve for immersing samples | 12 Adapter "2", for CPA analytical balances |
| 5 Glass plummet | 13 Adapter "3", for BSA analytical balances |
| 6 Compensating ring | 14 Adapter "4", for Entris analytical balances |
| 7 Beaker (Ø 90 mm) | |
| 8 Beaker (Ø 55 mm) | |

Floor panel (not illustrated)

Getting Started

The YDK03 density determination kit can be used with the following balances:

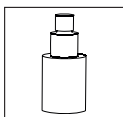
- Secura®, Quintix®, Practum® with readability of 1 mg or 0.1 mg
- BSA balances with readability of 0.1 mg
- CPA balances with readability of 0.1 mg
- Entris balances with readability of 0.1 mg

Preparing the Bar Frame

You must mount the adapter before the bar frame can be placed on the balance.

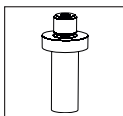
Please use the adapter that is appropriate for the balance you are using.

Approx. dimensions:



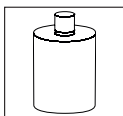
Adapter "1"

- Secura®, Quintix®, Practum® balances with readability of 1 mg or 0.1 mg



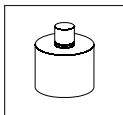
Adapter "2"

- CPA balances with readability of 0.1 mg



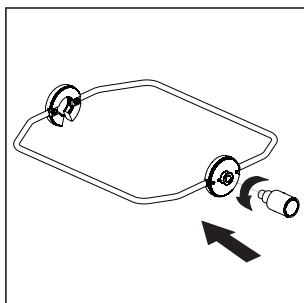
Adapter "3"

- for BSA analytical balances with readability of 0.1 mg



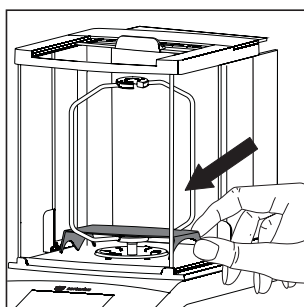
Adapter "4"

- for Entris analytical balances with readability of 0.1 mg



Screw the corresponding adapter into the bar frame base from below:

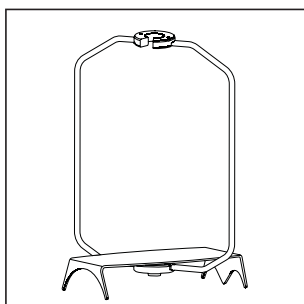
- For respective adapter, see previous page



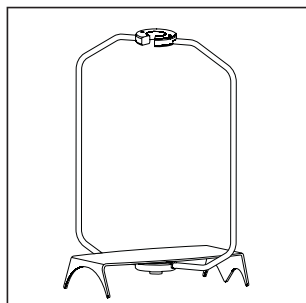
Remove the following parts from the balance:

- Weighing pan
- Pan draft shield (if present)
- Pan support
- Shield disk (if present)

In the case of the Practum® and Quintix® models, replace the white balance floor panel in the draft shield with the stainless steel balance floor panel supplied.



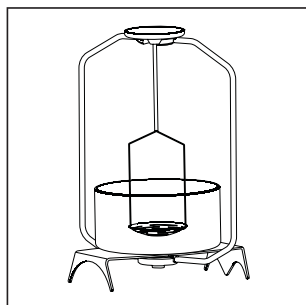
Place the frame in the weighing chamber. The wedge-shaped opening at the top of the frame must face the direction from which the sample holder (sieve/glass plummet) will be placed into the frame.



Beaker/Immersion Device

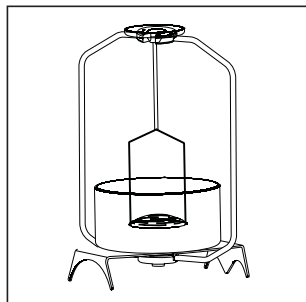
- Use the metal plate to support the beaker.
Place it on the bar frame base and then set both on the balance.

The choice of the beaker and the immersion device depends on the sample to be determined (see below).



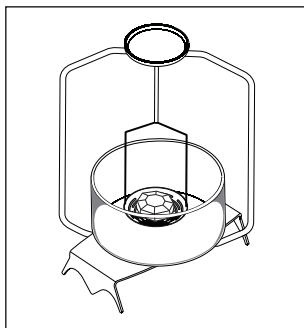
To determine the specific gravity of solids when their density is greater than that of the liquid in which the sample is immersed, use:

- Ø 90 mm beaker and sample holder



To determine the specific gravity of solids when their density is less than that of the liquid in which the sample is immersed, use:

- 90 mm Ø beaker and sieve for immersing the sample

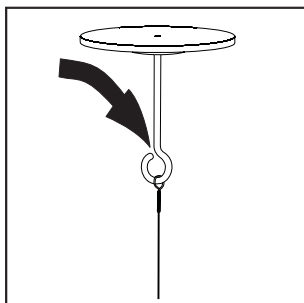


To determine the density of liquids:
 – Ø 55 mm beaker and glass plummet

Unpacking the Glass Plummet

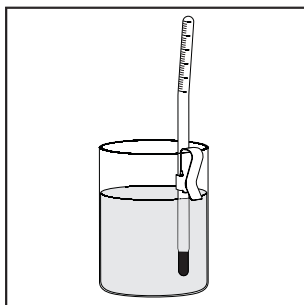


Caution: Do not bend the wire on the glass plummet, as the wire might break. Pull the glass plummet out of the packaging by the glass loop to which the wire is attached.



Installing the Glass Plummet

- Loop the wire on the plummet over the metal hook on the retainer.



Thermometer

- If necessary, attach the thermometer to the rim of the beaker using the retainer clip.

Methods for Determining Specific Gravity/Density

The Archimedean principle is applied for determining the specific gravity of a solid with this measuring device:

A solid immersed in a liquid is subjected to the force of buoyancy. The value of this force is the same as that of the weight of the liquid displaced by the volume of the solid.

With a hydrostatic balance which enables you to weigh a solid in air as well as in water, it is possible to:
determine the **specific gravity of a solid** if the density of the liquid causing buoyancy is known:

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

or

determine the **density of a liquid** if the volume of the immersed solid is known:

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

where:

ρ = specific gravity of the solid

$\rho(fl)$ = density of the liquid

$W(a)$ = weight of the solid in air

$W(fl)$ = weight of the solid in liquid

G = buoyancy of the immersed solid

V = volume of the solid

Troubleshooting

IMPORTANT!

**When adjusting,
please note:**

Analytical balance:

The sample holder must be removed for adjustment!

Milligram balance:

The sample holder must be installed for adjustment!

The formula on the previous page for determining the specific gravity of solids is sufficient to obtain an accuracy of one to two decimal places.

Depending on the accuracy you require, consider the following error and allowance factors.

- The density of the liquid causing buoyancy depends on its temperature
- Air buoyancy during weighing in air
- The change in the immersion level of the pan hanger assembly when the sample is immersed
- Adhesion of the liquid on the suspension wire of the pan hanger assembly
- Air bubbles on the sample

Some of these errors can be corrected by calculation. To do so, proceed as follows:

- measure the temperature of the reference liquid and correct its density accordingly
and
- define the inner diameter of the container which holds the reference liquid.

Dependence of the Liquid Density on Temperature

The density of the liquid causing buoyancy depends on the temperature. The change in the density per °C change in temperature is in the range of

- 0.02% for distilled water
 - 0.1% for alcohols and hydrocarbons.
- In other words, this can show up in the third decimal place during specific gravity/density determination.

To correct the liquid density for temperature, proceed as follows:

- measure the temperature of the liquid using the thermometer that comes with the kit
- use the table at the back of this manual to find the density of the most commonly used liquids, water and ethanol, at the temperature measured, and use this density for the value ρ (fl).

Air Buoyancy

A volume of 1 cm³ of air has a weight of approximately 1.2 mg, depending on its temperature, humidity and air pressure. When weighed in air, a solid is buoyed by a corresponding force per cm³ of its volume. The error that results if the air buoyancy is not allowed for shows up in the third decimal place and should therefore be corrected.

The following formula allows for air buoyancy:

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

Where $\rho(a) = 0.0012 \text{ g/cm}^3$ = Density of air under standard conditions (temperature 20°C, pressure 101.325 kPa).

Depth of Immersion

The pan for holding and/or immersing the sample during weighing in liquid is rigidly attached to two wires and is immersed approximately 30 mm below the surface of the liquid. Since the balance is tared before each measurement, the additional buoyancy caused by the immersed part of the measuring device is not allowed for in the specific gravity determination.

When a solid sample is weighed in liquid, a volume of the liquid will be displaced which corresponds to the volume of the solid sample. This causes the attachment wires of the pan hanger assembly to be immersed deeper and generate additional buoyancy which introduces an error in the specific gravity determination.

Use the following formula to correct this error:

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

Since the correction factor is determined exclusively by the geometry of the measuring device setup, be sure to only use the large diameter beaker (90 mm) from the kit when determining the specific gravity of a solid. The "Supplement" to this manual shows how this correction factor is derived.

Adhesion of Liquid to the Wire

When the sample holder (or sieve) is immersed in liquid causing buoyancy, liquid travels up the wire because of adhesion forces and generates an additional weight in the range of a few milligrams.

Since the sample holder (or sieve) is in the liquid causing buoyancy during both weighing in air and weighing in liquid, and the balance is tared at the beginning of each measuring procedure, the effect of the meniscus can be disregarded.

To reduce the surface tension and the friction of liquid on the wire, add three drops of a tenside (Mirasol Antistatic or an ordinary dishwashing detergent) to the distilled water in the beaker.

Because of the liquid travelling up the wire, the weight may slowly change even after the stability symbol “g” appears. Therefore, read off the weight immediately after the “g” is displayed.

Air Bubbles

The measuring error caused by air bubbles adhering to the sample can be estimated in the following manner. An air bubble with a diameter of 0.5 mm causes an additional buoyancy of less than 0.1 mg when a sample is weighed in water. An air bubble diameter of 1 mm causes additional buoyancy of 0.5 mg and an air bubble diameter of 2 mm causes approx. 4.2 mg additional buoyancy. Larger air bubbles must be removed with a fine brush or other utensil.

You can also wet the sample in a separate container before you weigh it.

Determining the Specific Gravity/Density

Determining the Specific Gravity of Solids

Preparation

(Distilled water is used in the description)

- Center the large-diameter beaker (90 mm Ø) on the metal platform
- Fill it so that the distilled water is approximately 5 mm below the rim
- Add three drops of tenside to the distilled water
- Attach the thermometer to the rim of the beaker using the retainer clip
- Clean the sample holder with a solvent (especially the wires that will be immersed) and hang it from the frame

Measuring Procedure

Determining the Weight of a Sample in Air

- Tare the balance
- Place the sample on the upper pan on the frame and weigh
- Record the weight $W(a)$

Determining the Buoyancy

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

- Tare the balance with the sample on the upper pan on the frame
- Place the sample in the sample holder¹⁾
- Record the absolute readout of the buoyancy "G," which is displayed with a negative sign

Calculating the Specific Gravity

- Read off the temperature of the liquid
- Using the tables at the back of this manual, find the density $\rho(fl)$ which corresponds to the temperature measured for the liquid you are using
- Calculate specific gravity using the following formula:

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

$W(a)$ and G in g; $\rho(fl)$ in g/cm³

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

¹⁾ If you remove the pan hanger assembly from the measuring device to do this, make sure that no additional air bubbles are on it when you re-immerses it; it is better to place the sample directly on the pan using forceps or a similar utensil.

Determining the Specific Gravity of Solids with a Density Less Than 1 g/cm³

There are two different methods for determining the specific gravity of solids with a density less than 1 g/cm.

Method 1:

For this method, distilled water is still used as the liquid causing buoyancy, but the pan hanger assembly is replaced by the sieve for immersing samples.

To determine the sample's buoyancy, float it on the surface of the water and then immerse it using the sieve. It is also possible to use forceps or a similar tool to place the sample directly under the sieve (without removing the sieve from the frame).

If the buoyancy of the substance to be measured is so high that the weight of the sieve is not enough to immerse the sample, increase the weight of the sieve by adding an additional weight to the upper pan on the frame.

Method 2:

(for this method, use the sample holder) Here, use a liquid for causing buoyancy with lower density than that of the solid for which the specific gravity is to be determined. We have had good results with ethanol (up to a density of approx. 0.8 g/cm³).

The density ρ (fl) of ethanol (with reference to its temperature) can be found in the table in the supplement.

The negative effect of the liquid's surface tension on the results is less noticeable when ethanol is used than when distilled water is employed. Therefore, it is not necessary to add tensides.

When working with ethanol, you must observe the valid safety precautions.

Use Method 2 if the density of the solid varies only slightly from that of distilled water. Since the sample is suspended in water, measuring errors may occur if the first method is used.

It also makes sense to use the second method when determining the specific gravity of a granulated substance, since it would be difficult to get the entire sample under the sieve as required when performing the first method. Do not use ethanol if the sample could be attacked or dissolved by it.

Preparation (for Method 1 only)

(Distilled water is used in the description.)

- Center the large-diameter beaker (90 mm Ø) on the metal platform
- Fill it so that the distilled water is approximately 5 mm below the rim
- Add three drops of tenside to the distilled water
- Attach the thermometer to the rim of the beaker using the retainer clip
- Clean the sieve with a solvent (especially the wires that will be immersed) and hang it from the frame

Measuring Procedure (for Method 1 only)

Determining the Weight of the Sample in Air

- Tare the balance
- Place the sample on the frame weighing pan and weigh
- Record the weight $W(a)$

Determining the Buoyancy

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

- Tare the balance again (with the sample on the frame weighing pan)
- Place the sample under the sieve or immerse it below the surface of the liquid using the sieve¹⁾
- Record the buoyancy "G," which is displayed with a negative sign

Calculating the Specific Gravity

- Read off the temperature of the liquid
- Using the table at the back of this manual, find the density $\rho(fl)$ which corresponds to the temperature measured for distilled water
- Calculate the specific gravity using the following formula:

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

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

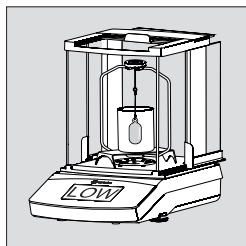
$$G = W(a) - W(fl)$$

¹⁾ If you remove the pan hanger assembly from the measuring device to do this, make sure that no additional air bubbles are on it when you re-immerses it in the liquid; it is better to place the sample directly under the pan using forceps or a similar utensil.

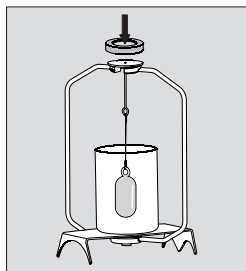
Determining the Density of Liquids

Preparation

- Center the small-diameter beaker (55 mm Ø) on the metal platform
- Attach the thermometer to the rim of the beaker using the retainer clip



- When „LOW“ is displayed, add the compensating ring.



Measuring Procedure

- Suspend the disk with the glass plummet (hanging on one wire) from the frame
- Tare the balance
- Fill the beaker with the liquid to be tested so that the liquid is 10 mm above the glass plummet

Determining the Buoyancy

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

The negative weight displayed by the balance corresponds to the buoyancy acting on the glass plummet in the liquid.

- Record the buoyancy displayed with a negative sign
- Read off the temperature and record it

Calculating the Density

- Calculate the density using the following formula:

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

G in g; V in cm³

The glass plummet included in the specific gravity/density determination kit has a volume of 10 cm³.

It is easy to obtain the current density of the liquid (in g/cm³); you will not need a calculator. Mentally shift the decimal point in the balance display one place to the left.

Tables

Density of H₂O at Temperature 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

Density of Ethanol at Temperature 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

Supplement

This supplement should help you to better understand how the formulas and allowance factors used here have been derived.

Fundamental Principles

$$\text{Density} = \frac{\text{Mass (g)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}}$$

The Archimedean Principle:

A solid immersed in a liquid is exposed to the force of buoyancy (G). This value is the same as that of the weight of the liquid displaced by the volume of the solid. The volume of an immersed solid V (s) equals the volume of the displaced liquid V (fl).

The following are determined:

1. The weight of the sample in air: W (a)
2. The buoyancy of the solid in liquid: G

The specific gravity of a solid is:

$$\rho = \frac{\text{sample mass}}{\text{sample volume}} = \frac{W(a)}{V(s)} = \frac{W(a)}{V(fl)}$$

If the density ρ (fl) of the displaced liquid is known, then

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

Therefore:

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

Calculation

The **specific gravity of a solid** is calculated from the ratio

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

where:

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

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

buoyancy of the sample

The **density of a liquid** is determined from the buoyancy of the plummet, which has a defined volume

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

where:

- ρ = specific gravity of a solid
- $\rho(fl)$ = density of the liquid
- W (a) = weight of the solid in air
- W (fl) = weight of the solid in liquid
- G = buoyancy of the plummet
- V = volume of the solid

Corrections When Used with Entris Models

You must allow for the following when determining the specific gravity of solids:

- **the air buoyancy that affects the sample weighed in air**

where $\rho(a) = 0.0012 \text{ g/cm}^3$ = density of air under standard conditions (temperature 20°C, pressure 101.325 kPa); which results in the following:

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

- **the immersion of the wires of the sample holder or sieve**

When using this specific gravity determination kit, you must multiply the buoyancy $G = [W(a) - W(fl)]$ by the correction factor (corr).

Advanced formula:

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

This factor allows for the buoyancy of the wires which are submerged deeper when the sample is in the sample holder.

How this allowance factor is derived:

The buoyancy caused by the submerged wires depends on the height “h” by which the liquid rises when the sample is immersed.

Here, the sample volume $V(pr)$ corresponds to the liquid volume $V(fl)$. The sample volume is determined by measuring the buoyancy. Hence, it is:

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

or

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

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

The buoyancy “A” caused by the immersed wires is:

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

When “h” is used:

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

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

To allow for the buoyancy of the wires, subtract the buoyancy “A” caused by the immersed wires from the buoyancy determined for the sample:
 $G = W(a) - W(fl)$. The corrected buoyancy “A (corr)” to use in this calculation is then: $G - “A.”$

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

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

The specific gravity determination kit uses the large-volume beaker (90 mm Ø) and an immersing device with 2 wires (0.7 mm diameter) for the determination of the specific gravity of solids.

When the values $d = 0.7$ mm and $D = 90$ mm are plugged into the equation, the correction factor is:

$$1 - 2 \cdot \frac{0.7^2}{90^2} = \mathbf{0.99988}$$

When using devices with other dimensions, the correction factor must be recalculated.

Inhalt

Die Bestandteile	25
Inbetriebnahme	26
Verfahren zur Dichtebestimmung	30
Fehlerquellen und Korrekturmöglichkeiten	31
Dichtebestimmung	34
– von Festkörpern	34
– von Festkörpern mit einer Dichte $< 1 \text{ g/cm}^3$	35
– von Flüssigkeiten	37
Tabellen	38
Dichtewerte von H_2O	38
Dichtewerte von Ethanol	39
Anhang	40

Mit diesem Sartorius-Dichtebestimmungsset haben Sie ein hochwertiges Zubehör zu Ihrer elektronischen Waage erworben.

Sartorius erleichtert Ihnen mit diesem Zubehör die tägliche Arbeit.

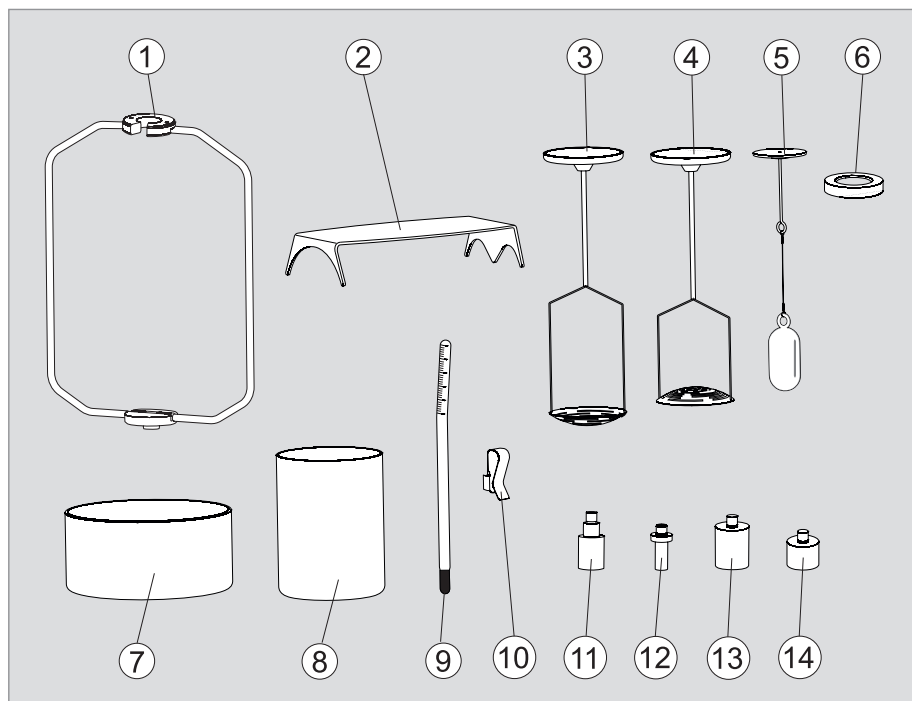
Bitte lesen Sie die Aufstellungs- und Betriebsanleitung aufmerksam durch, bevor Sie mit dem Einrichten der Waage und der Arbeit mit dem Dichtebestimmungsset beginnen.

Bei Ausrüstung Ihrer Waage mit einem Dichtebestimmungsprogramm können Sie die Berechnung der Dichte vom Programm erledigen lassen.

Beachten Sie in diesem Fall bitte nur die Einrichtungs- und Arbeitshinweise.

Die Durchführung der Dichtebestimmung sollte dann erfolgen, wie in der Anleitung des Dichtebestimmungsprogramms beschrieben.

Die Bestandteile



- | | |
|------------------------|---|
| 1 Gestell | 9 Thermometer |
| 2 Metallplatte | 10 Befestigungsklemme |
| 3 Tauchkorb | 11 Adapter „1“, für Secura®, Quintix®, Practum® |
| 4 Tauchsieb | 12 Adapter „2“, für CPA-Analysenwaagen |
| 5 Glassenkkörper | 13 Adapter „3“, für BSA-Analysenwaagen |
| 6 Ausgleichsring | 14 Adapter „4“, für Entris Analysenwaagen |
| 7 Becherglas (Ø 90 mm) | Bodenblech (nicht dargestellt) |
| 8 Becherglas (Ø 55 mm) | |

Inbetriebnahme

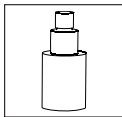
Das Dichtebestimmungsset YDK03 kann mit folgenden Waagen verwendet werden:

- Secura®, Quitix®, Practum® mit Ablesbarkeit 1 mg oder 0,1 mg
- BSA-Waagen mit Ablesbarkeit 0,1 mg
- CPA-Waagen mit Ablesbarkeit 0,1 mg
- Entris-Waagen mit Ablesbarkeit 0,1 mg

Gestell vorbereiten

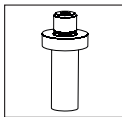
Bevor das Gestell auf die Waage aufgesetzt wird, muss der Adapter montiert werden.

Bitte wählen Sie den zur Waage gehörenden Adapter aus (ca.-Maße):



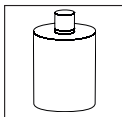
Adapter „1“

- Secura®, Quintix®, Practum®-Waagen mit Ablesbarkeit 1 mg oder 0,1 mg



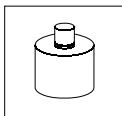
Adapter „2“

- CPA-Waagen mit Ablesbarkeit 0,1 mg



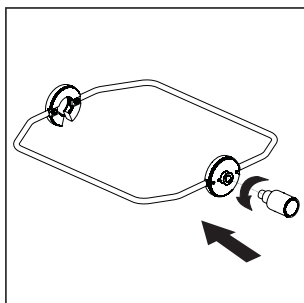
Adapter „3“

- für BSA-Analysenwaagen mit Ablesbarkeit 0,1 mg



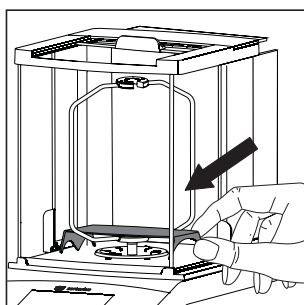
Adapter „4“

- für Entris Analysenwaagen mit Ablesbarkeit 0,1 mg



Schrauben Sie den entsprechenden Adapter von unten in den Gestellboden ein:

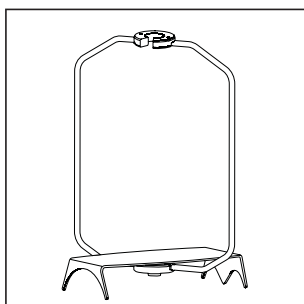
- Jeweiliger Adapter (siehe vorherige Seite)



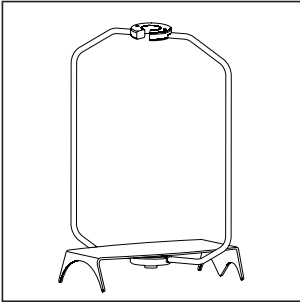
Nehmen Sie folgende Teile von der Waage:

- Waagschale
- Windschutzring (wenn vorhanden)
- Unterschale
- Schirmring (wenn vorhanden)

Tauschen Sie bei den Modellen Practum® und Quintix® den weißen Wägerauboden im Windschutz gegen den mitgelieferten Wägerauboden aus Edelstahl.



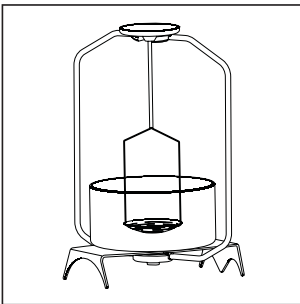
Setzen Sie das Gestell in den Wägeraum ein. Die keilförmige Öffnung oben am Gestell soll in die Richtung weisen, aus der der Tauchkorb (Tauchsieb/Glassenkörper) eingesetzt wird.



Becherglas/Tauchvorrichtung auswählen

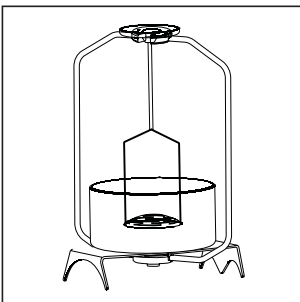
- Brücke zur Aufnahme des Becherglases durch das Gestell hindurch auf die Waage stellen.

Die Auswahl des Becherglases und der Tauchvorrichtung richtet sich nach der zu bestimmenden Probe:



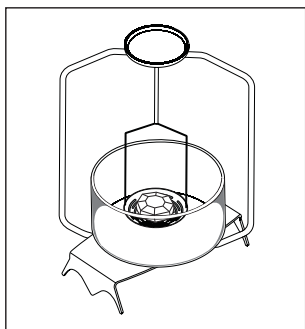
Dichtebestimmung von Festkörpern, Dichte höher als die der Tauchflüssigkeit:

- Becherglas Ø 90 mm, Tauchkorb



Dichtebestimmung von Festkörpern, Dichte geringer als die der Tauchflüssigkeit:

- Becherglas Ø 90 mm, Tauchsieb

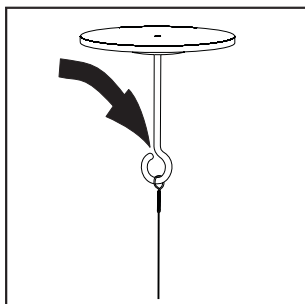


Dichtebestimmung von Flüssigkeiten:
– Becherglas $\varnothing$ 55 mm, Glassenkörper

Glassenkörper auspacken

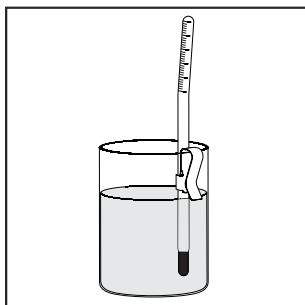


Bruchgefahr des Drahts: Draht nicht knicken!
Senkkörper an der Glasöse aus der Verpackung ziehen.



Glassenkörper montieren

- Drahtöse des Senkkörpers in den Bügel der Halterung einhängen.



Thermometer

- Das Thermometer bei Bedarf mit der Klemmspange am Glasrand befestigen.

Verfahren zur Dichtebestimmung

Zur Bestimmung der Dichte eines Festkörpers wird bei der vorliegenden Messeinrichtung das »Archimedische Prinzip« herangezogen:

Ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper erfährt eine nach oben gerichtete Auftriebskraft. Diese Kraft ist dem Betrag nach gleich der Gewichtskraft der durch das Volumen des Körpers verdrängten Flüssigkeit.

Mit einer hydrostatischen Waage, die es gestattet den Festkörper sowohl in Luft als auch in Wasser zu wägen, ist es möglich, die **Dichte eines Festkörpers** zu bestimmen, wenn die Dichte des Auftriebsmediums bekannt ist:

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

oder

die **Dichte einer Flüssigkeit** zu bestimmen, wenn das Volumen des Tauchkörpers bekannt ist.

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

Dabei ist:

ρ = die Dichte des Festkörpers

$\rho(fl)$ = die Dichte der Flüssigkeit

$W(a)$ = das Gewicht des Festkörpers
in Luft

$W(fl)$ = das Gewicht des Festkörpers
in der Flüssigkeit

G = der Auftrieb des Tauchkörpers

V = das Volumen des Festkörpers

Fehlerquellen und Korrekturmöglichkeiten

ACHTUNG!

Beim Justieren beachten:

Analysenwaage:

Zum Justieren muss der Probenhalter abgenommen werden!

Milligrammwaage:

Zum Justieren muss der Probenhalter montiert sein!

Die o.g. Formel zur Dichtebestimmung von Festkörpern ist für eine Bestimmung mit einer Genauigkeit von ein bis zwei Nachkommastellen ausreichend.

Abhängig von der geforderten Genauigkeit sind folgende Fehler- bzw. Korrekturfaktoren zu berücksichtigen.

- Temperaturabhängigkeit der Dichte der Auftriebsflüssigkeit
- Luftauftrieb bei der Wägung in Luft
- Änderung der Eintauchtiefe der Bügelschale beim Untertauchen der Probe
- Adhäsion der Flüssigkeit am Aufhänge- draht der Bügelschale
- an der Probe anhaftende Luftbläschen

Die Fehler können teilweise rechnerisch korrigiert werden. Dazu ist es notwendig

- die Temperatur der Flüssigkeit zu messen und die Flüssigkeitsdichte entsprechend zu korrigieren und
- den Innendurchmesser des Gefäßes zur Aufnahme der Flüssigkeit fest vorzugeben.

Temperaturabhängigkeit der Flüssigkeitsdichte

Die Dichte der Auftriebsflüssigkeit ist temperaturabhängig. Die Dichte-änderung pro °C Temperaturänderung liegt in der Größenordnung

- 0,02% für destilliertes Wasser
- 0,1% für Alkohole und Kohlenwasser- stoffe, kann also in der 3. Nachkomma- stelle bei der Dichtebestimmung in Erscheinung treten.

Um die Flüssigkeitsdichte bzgl. der Tempe- ratur zu korrigieren, wird folgendermaßen verfahren:

- die Temperatur der Flüssigkeit wird mit dem mitgelieferten Thermometer gemessen
- die Dichte der gebräuchlichsten Auftriebsflüssigkeiten Wasser und Ethanol bei der gemessenen Temperatur wird der mitgelieferten Tabelle entnommen und für ρ (fl) eingesetzt.

Luftauftrieb

Ein Volumen von 1 cm³ Luft hat in Abhängigkeit von der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und dem Luftdruck ein Gewicht um 1,2 mg. Bei der Wägung in Luft erfährt der Körper pro cm³ seines Volumens einen entsprechenden Auftrieb. Der resultierende Fehler bei Nichtberücksichtigung des Luftauftriebs macht sich also in der dritten Nachkommastelle bemerkbar und sollte somit korrigiert werden.

Der Luftauftrieb wird in folgender Formel berücksichtigt

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

Dabei ist $\rho(a) = 0,0012 \text{ g/cm}^3$ = Dichte der Luft unter Normalbedingungen (Temperatur 20°C, Druck 101,325 kPa).

Eintauchtiefe

Die Schale zur Aufnahme bzw. zum Untertauchen der Probe während der Wägung in Flüssigkeit ist an zwei Drähten starr befestigt und taucht etwa 30 mm tief in die Flüssigkeit ein. Da vor jeder Messung die Waage tariert wird, geht der zusätzliche Auftrieb durch den untergetauchten Teil der Messanordnung nicht in die Bestimmung der Dichte ein.

Bei der Wägung in Flüssigkeit wird ein dem Volumen des Probekörpers entsprechendes Volumen an Flüssigkeit verdrängt. Dies führt dazu, dass die Befestigungsdrähte der Schale tiefer eintauchen und einen zusätzlichen Auftrieb erzeugen, der als Fehler bei der Dichtebestimmung eingeht.

Dieser Fehler wird bei Anwendung der nachfolgenden Formel korrigiert:

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

Da der Korrekturfaktor ausschließlich durch die Geometrie der Anordnung bestimmt ist, muss unbedingt darauf geachtet werden, dass zur Dichtebestimmung eines Festkörpers nur das mitgelieferte Gefäß mit dem größeren Durchmesser (90 mm) benutzt wird. Eine Herleitung für diesen Korrekturfaktor erfolgt im Anhang.

Adhäsion der Flüssigkeit am Draht

Beim Eintauchen des Tauchkorbes (des Tauchsiebes) in die Auftriebsflüssigkeit kriecht Flüssigkeit infolge von Adhäsionskräften am Draht hoch und erzeugt ein zusätzliches Gewicht in der Größenordnung von einigen Milligramm.

Da sich der Tauchkorb (das Tauchsieb) sowohl bei der Wägung in Luft als auch bei der Wägung in der Flüssigkeit im Auftriebsmedium befindet und zu Beginn jeder Messung die Waage tariert wird, kann der Einfluss des Flüssigkeitsmeniskus vernachlässigt werden.

Um die Oberflächenspannung und die Reibung der Flüssigkeit am Draht zu reduzieren, werden auf den Gefäßinhalt an dest. Wasser etwa drei Tropfen eines Tensids (Mirasol Antistatic oder herkömmliches Spülmittel) dazugegeben.

Durch das Hochkriechen der Auftriebsflüssigkeit am Draht kann es vorkommen, dass sich der Wägewert nach Erscheinen des »g« noch langsam verändert. Der Wägewert sollte deshalb direkt nach Auftreten des »g« abgelesen werden.

Luftblasen

Der Messfehler, der durch anhaftende Luftbläschen an der Probe entsteht, lässt sich folgendermaßen abschätzen. Bei einer Luftblase mit einem Durchmesser von 0,5 mm ergibt sich ein zusätzlicher Auftrieb bei der Wägung in Wasser kleiner als 0,1 mg. Bei einem Durchmesser von 1 mm beträgt der zusätzliche Auftrieb schon etwa 0,5 mg und bei einem Durchmesser von 2 mm etwa 4,2 mg. Größere Luftbläschen sollten also unbedingt mit einem feinen Pinsel o.ä. Hilfsmittel abgestreift werden.

Das Benetzen kann auch vorab in einem separaten Gefäß erfolgen.

Dichtebestimmung

Dichtebestimmung von Festkörpern

Vorbereitung

(in der Beschreibung wird dest. Wasser verwendet)

- Becherglas mit dem großen Durchmesser (Ø 90 mm) mittig auf der Brücke ausrichten
- bis ca. 5 mm unter den Rand mit dest. Wasser füllen
- drei Tropfen Tensid in das dest. Wasser geben
- Thermometer mit der Klemme am Rand des Becherglases befestigen
- Tauchkorb mit Lösungsmittel reinigen (insbesondere die eintauchenden Drähte) und in das Gestell einhängen

Messablauf

Bestimmen des Probengewichtes in Luft

- Waage tarieren
- Probe auf die Gestellwaagschale auflegen und wägen
- Gewichtswert $W(a)$ notieren

Bestimmung des Auftriebs

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

- Waage mit der Probe auf der Gestellwaagschale tarieren
- Probe in den Tauchkorb legen¹⁾
- den Absolutwert des, mit negativem Vorzeichen angezeigten, Auftriebs G notieren

Berechnen der Dichte

- Temperatur ablesen
- Dichtewert $\rho(fl)$ der Tabelle im Anhang unter Berücksichtigung der abgelesenen Temperatur entnehmen
- Dichte nach folgender Formel berechnen:

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

$W(a)$ und G in g; $\rho(fl)$ in g/cm³

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

¹⁾ (wird dazu die Bügelschale aus der Messvorrichtung entfernt, unbedingt darauf achten, dass beim Wiedereintauchen in die Flüssigkeit keine zusätzlichen Luftbläschen anhaften; besser Probe mit Pinzette o.a. direkt aufgeben)

Dichtebestimmung von Festkörpern mit einer Dichte kleiner als 1 g/cm³

Bei Festkörpern mit einer Dichte kleiner als 1 g/cm³ ist eine Dichtebestimmung mit zwei unterschiedlichen Methoden möglich.

Methode 1:

Als Auftriebsflüssigkeit wird weiterhin dest. Wasser verwendet. Es wird die Bügelschale mit der umgedrehten Siebschale (Tauchsieb) verwendet.

Die Probe wird zur Bestimmung des Auftriebs zunächst auf die Wasseroberfläche gebracht und anschließend mit dem zuvor herausgenommenen Tauchsieb untergetaucht.

Mit einer Pinzette o.ä. ist es aber auch möglich, die Probe direkt unter die Siebschale zu geben (ohne das Tauchsieb aus dem Gestell herauszunehmen).

Ist der Auftrieb der zu messenden Substanz größer als das Gewicht des Tauchsiebes, muss das Tauchsieb durch ein zusätzliches Gewicht auf der Gestellwaagschale beschwert werden.

Methode 2:

Als Auftriebsmedium wird eine Flüssigkeit mit geringerer Dichte als die des zu bestimmenden Festkörpers verwendet. Gute Erfahrungen wurden mit Ethanol (bis zu einer Dichte von ca. 0,8 g/cm³) gemacht.

Der Dichtewert ρ (fl) von Ethanol kann der Tabelle im Anhang unter Berücksichtigung der abgelesenen Temperatur entnommen werden.

Bei Verwendung von Ethanol macht sich der negative Einfluss der Oberflächenspannung der Flüssigkeit auf die Messergebnisse weniger bemerkbar als bei dest. Wasser. Eine Zugabe von Tensiden ist daher nicht erforderlich.

Bei der Arbeit mit Ethanol müssen unbedingt die geltenden Sicherheitsbestimmungen beachtet werden.

Die zweite Methode sollte angewendet werden, wenn die Dichte des Festkörpers sich nur geringfügig von der des dest. Wassers unterscheidet. Da die Probe im Wasser schwebt, kann es bei Anwendung der ersten Methode zu Messfehlern kommen. Die Anwendung der zweiten Methode ist auch dann sinnvoll, wenn die Dichte eines Granulats bestimmt werden soll. Bei der ersten Methode ist es in diesem Fall schwierig das Granulat vollständig unter die Siebschale zu bringen.

Von der Verwendung von Ethanol sollte abgesehen werden, wenn die Probe angegriffen (gelöst) werden könnte.

Vorbereitung

(in der Beschreibung wird dest. Wasser verwendet)

- Becherglas mit dem großen Durchmesser ($\varnothing$ 90 mm) mittig auf der Brücke ausrichten
- bis ca. 5 mm unter den Rand mit dest. Wasser füllen
- drei Tropfen Tensid in das dest. Wasser geben
- Thermometer mit der Klemme am Rand des Becherglases befestigen
- Tauchsieb mit Lösungsmittel reinigen (insbesondere die eintauchenden Drähte) und in das Gestell einhängen

Berechnen der Dichte

- Temperatur ablesen
- Dichtewert ρ (fl) der Tabelle im Anhang unter Berücksichtigung der abgelesenen Temperatur entnehmen
- Dichte nach folgender Formel berechnen:

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

$W(a)$ und G in g; ρ (fl) in g/cm^3

$G = W(a) - W(\text{fl})$

Messablauf

Bestimmen des Probengewichtes in Luft

- Waage tarieren
- Probe auf die Gestellwaagschale auflegen und wägen
- Gewichtswert $W(a)$ notieren

Bestimmung des Auftriebs

$G = W(a) - W(\text{fl})$

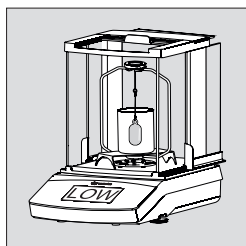
- Waage wieder tarieren (mit der Probe auf der Gestellwaagschale)
- Probe unter das Tauchsieb legen bzw. mit diesem unter die Flüssigkeitsoberfläche drücken¹⁾
- mit negativem Vorzeichen angezeigten Auftrieb G notieren

¹⁾ (wird dazu die Bügelschale aus der Messvorrichtung entfernt, unbedingt darauf achten, dass beim Wiedereintauchen in die Flüssigkeit keine zusätzlichen Luftbläschen anhaften; besser Probe mit Pinzette o.ä. direkt aufgeben)

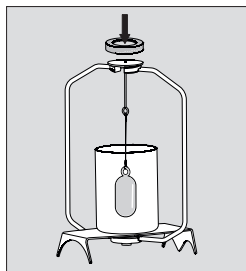
Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten

Vorbereitung

- Becherglas mit dem kleinen Durchmesser ($\varnothing$ 55 mm) mittig auf der Brücke ausrichten
- Thermometer mit der Klemme am Rand des Becherglases befestigen



- Wenn „LOW“ angezeigt wird, Ausgleichsring hinzufügen.



Messablauf

- Die Kegelscheibe mit dem an einem Draht hängenden Glassenkörper in das Gestell einhängen
- Waage tarieren
- Becherglas mit der zu bestimmenden Flüssigkeit bis 10 mm über den Glassenkörper füllen

Bestimmung des Auftriebs

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

Der von der Waage angezeigte negative Gewichtswert entspricht dem Auftrieb, den der Senkkörper in der Flüssigkeit erfährt.

- Mit negativem Vorzeichen angezeigten Auftrieb G notieren
- Temperatur ablesen und notieren

Berechnen der Dichte

- Dichte nach folgender Formel berechnen:

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

G in g; V in cm^3

Der Glastauchkörper des Dichtebestimmungssets hat ein Volumen von 10 cm^3 .

Die aktuelle Dichte der Flüssigkeit (in g/cm^3) erhält man sehr einfach durch Versetzen des Kommas in der Waagenanzeige um eine Dezimalstelle nach links.

Tabellen

Dichtewerte von H₂O bei Temperatur 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

Dichtewerte von Ethanol bei Temperatur 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

Anhang

Zum besseren Verständnis soll hier die Herleitung der verwendeten Formeln und des Korrekturfaktors erfolgen.

Grundlagen

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Masse (g)}}{\text{Volumen (cm}^3\text{)}}$$

Das Archimedische Gesetz:

Ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper erfährt eine Auftriebskraft (G). Diese Kraft ist dem Betrag nach gleich der Gewichtskraft der durch das Volumen des Körpers verdrängten Flüssigkeit.

Das Volumen eines getauchten Körpers V (k) ist gleich dem Volumen der verdrängten Flüssigkeit V (fl).

Es werden bestimmt:

1. Das Gewicht in der Luft W (a)
2. Auftrieb des Körpers in der Flüssigkeit (G)

Die Dichte eines Körpers ist:

$$\rho = \frac{\text{Masse Körper}}{\text{Volumen Körper}} = \frac{W(a)}{V(s)} = \frac{W(a)}{V(fl)}$$

Ist die Dichte $\rho(fl)$ der verdrängten Flüssigkeit bekannt, so ergibt sich mit

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

Damit folgt:

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

Berechnung

Die Dichte eines Festkörpers errechnet sich aus dem Verhältnis von

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

Daraus ergibt sich:

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

$$W(a) - W(fl) = G = \text{Auftrieb der Probe}$$

Die **Dichte einer Flüssigkeit** wird ermittelt aus dem Auftrieb des Tauchkörpers mit definiertem Volumen.

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

Dabei ist:

ρ = die Dichte des Festkörpers

$\rho(fl)$ = die Dichte der Flüssigkeit

$W(a)$ = das Gewicht des Festkörpers in Luft

$W(fl)$ = das Gewicht des Festkörpers in der Flüssigkeit

G = der Auftrieb des Tauchkörpers

V = das Volumen des Festkörpers

Korrekturen bei Einsatz mit Entris-Modellen

Zur Korrektur der Dichtebestimmung bei Festkörpern werden berücksichtigt:

- **Der Luftauftrieb, den die Probe bei der Wägung in Luft erfährt.**

Dabei ist $\rho(a) = 0,0012 \text{ g/cm}^3$ = Dichte der Luft unter Normalbedingungen (Temperatur 20°C, Druck 101,325 kPa);

Daraus folgt:

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

- **Das Eintauchen der Drähte von Tauchkorb bzw. Tauchsieb**

Bei Verwendung des vorliegenden Dichtebestimmungssets muss der Auftrieb $G = [W(a) - W(fl)]$ mit dem Korrekturfaktor multipliziert werden.

Erweiterte Formel:

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

Dieser Faktor ergibt sich durch Berücksichtigung des Auftriebs der tiefer eintauchenden Drähte beim Einbringen der Probe.

Herleitung des Korrekturfaktors:

Der Auftrieb durch die eintauchenden Drähte ist abhängig von der Höhe „h“, um die die Flüssigkeit beim Eintauchen der Probe steigt.

Dabei entspricht das Probenvolumen $V(pr)$ dem Flüssigkeitsvolumen $V(fl)$. Das Probenvolumen wird durch Messen des Auftriebs ermittelt. Es ist also:

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

oder

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

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

Der durch die eintauchenden Drähte verursachte Auftrieb »A« ist:

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

Bei Einsetzen von »h« ergibt sich:

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

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

Zur Berücksichtigung des Drahtauftriebes ist der ermittelte Auftrieb der Probe:
 $G = W(a) - W(fl)$ um den durch die Drähte verursachten Auftrieb „A“ zu verringern.
 Der in die Berechnung zu übernehmende Auftriebswert »A(korr)« ist dann: $G - „A“$.

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

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

Im Dichtebestimmungsset wird für die Dichtebestimmung von Festkörpern das Becherglas mit dem großen Durchmesser ($\varnothing$ 90 mm) und eine Tauchvorrichtung mit 2 Drähten mit dem Durchmesser 0,7 mm benutzt.

Bei Einsetzen der Werte für $d = 0,7$ mm und $D = 90$ mm ergibt sich der Korrekturfaktor aus:

$$1 - 2 \cdot \frac{0,7^2}{90^2} = \mathbf{0.99988}$$

Bei Verwendung von Einrichtungen mit anderen Abmessungen ist der Korrekturfaktor entsprechend neu zu errechnen.

Sommaire

Les composants	45
Mise en service	46
Méthodes de détermination de la masse volumique	50
Sources d'erreur et possibilités de correction	51
Détermination de la masse volumique	54
– de solides	55
– de solides avec masse volumique $< 1 \text{ g/cm}^3$	56
– de liquides	57
Tables	58
Valeurs des masses volumiques de H_2O	58
Valeurs des masses volumiques de l'éthanol	59
Annexe	60

Avec ce dispositif Sartorius de détermination de la masse volumique, vous avez équipé votre balance électronique d'un accessoire de haute qualité.

Cet accessoire Sartorius simplifie de façon extraordinaire les tâches quotidiennes.

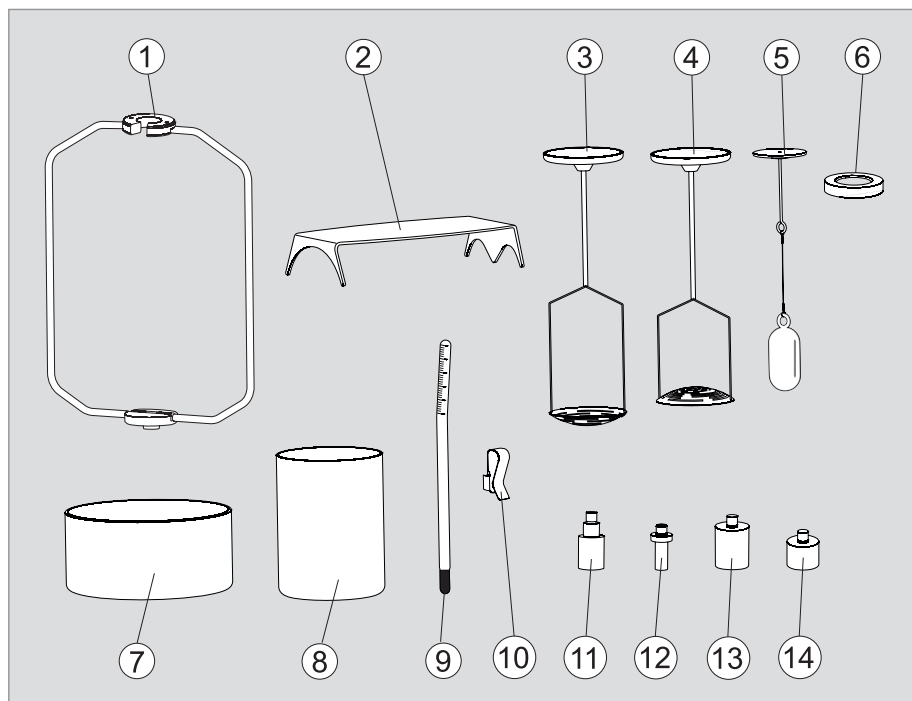
Veuillez lire attentivement les instructions de montage et d'utilisation avant d'installer le dispositif de détermination de masses volumiques et de commencer les essais.

Si votre balance est équipée d'un programme de détermination des masses volumiques, les valeurs ρ seront automatiquement calculées par le programme.

Dans ce cas, ne suivre que la partie «Montage sur la balance» et les instructions opératoires.

Le processus de détermination des masses volumiques est décrit en détail dans le manuel du programme de détermination des masses volumiques.

Les composants



- | | |
|--|---|
| 1 Structure | 9 Thermomètre |
| 2 Plaque métallique | 10 Clip de fixation |
| 3 Support d'échantillon | 11 Adaptateur « 1 », pour Secura®, Quintix®, Practum® |
| 4 Tamis pour immerger des échantillons | 12 Adaptateur « 2 », pour balances d'analyse CPA |
| 5 Plongeur en verre | 13 Adaptateur « 3 », pour balances d'analyse BSA |
| 6 Anneau de compensation | 14 Adaptateur « 4 », pour balances d'analyse Entris |
| 7 Bécher (Ø 90 mm) | |
| 8 Bécher (Ø 55 mm) | |

Plaque de fond (non représentée)

Mise en service

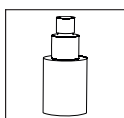
Le dispositif de détermination de la masse volumique YDK03 peut être utilisé avec les balances suivantes :

- Secura®, Quintix®, Practum® avec précision de lecture de 1 mg ou 0,1 mg
- Balances BSA avec précision de lecture de 0,1 mg
- Balances CPA avec précision de lecture de 0,1 mg
- Balances Entris avec précision de lecture de 0,1 mg

Préparation de la structure de suspension

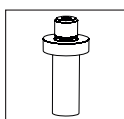
Il faut équiper la structure de suspension d'un adaptateur avant de la placer sur la balance.

Choisir l'adaptateur approprié au type de balance utilisé. Dimensions approximatives :



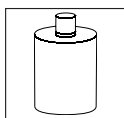
Adaptateur « 1 »

- Balances Secura®, Quintix®, Practum® avec précision de lecture de 1 mg ou 0,1 mg



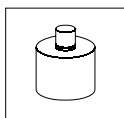
Adaptateur « 2 »

- Balances CPA avec précision de lecture de 0,1 mg



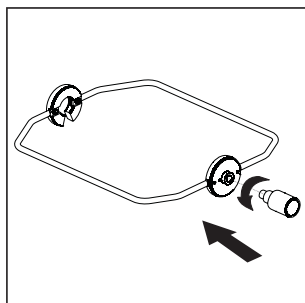
Adaptateur « 3 »

- Pour balances d'analyse BSA avec précision de lecture de 0,1 mg



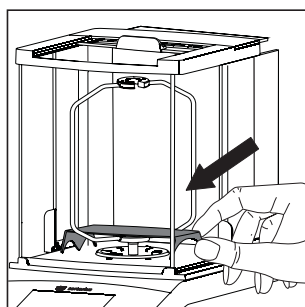
Adaptateur « 4 »

- pour balances d'analyse Entris avec précision de lecture de 0,1 mg



Vissez l'adaptateur correspondant dans le socle de la structure, par le bas :

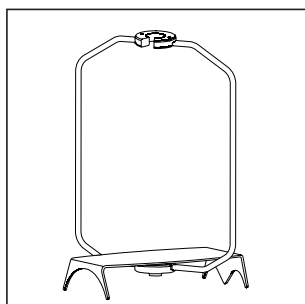
- Adaptateur adéquat (voir page précédente)



Retirez les éléments suivants de la balance :

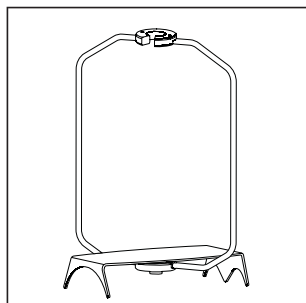
- Plateau de pesée
- Anneau de protection antivent (si disponible)
- Support de plateau
- Anneau de blindage (si disponible)

Sur les modèles Practum® et Quintix®, échangez le fond de la chambre de pesée du paravent contre le fond de chambre de pesée en acier inoxydable fourni.



Installer la structure dans la chambre de pesée.

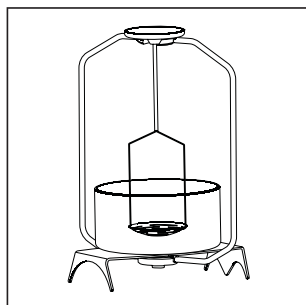
L'ouverture chanfreinée en haut de la structure doit faire face au côté où le support d'échantillon (tamis, plongeur en verre) sera introduit dans la structure.



Choix du bécher/de l'accessoire d'immersion

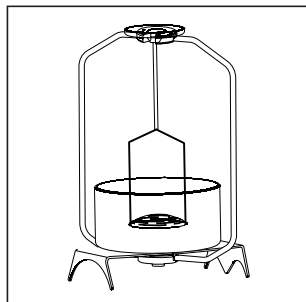
- Utiliser le pont métallique pour supporter le bécher.
Positionner ce pont sur le plateau de la structure de façon à ce qu'elle repose sur la base de la balance.

Le choix du bécher et de l'accessoire d'immersion dépend de la nature de l'échantillon à déterminer :



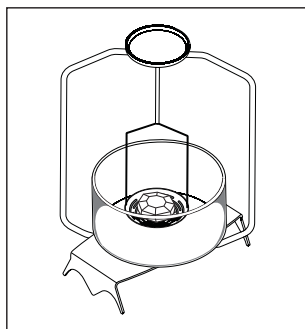
Pour déterminer les masses volumiques de solides quand elles sont supérieures à celle du liquide d'immersion, utiliser :

- le bécher de $\varnothing$ 90 mm et le support d'échantillons.



Pour déterminer les masses volumiques de solides quand elles sont inférieures à celle du liquide d'immersion, utiliser :

- le bécher de $\varnothing$ 90 mm et le tamis pour maintenir l'échantillon immergé.



Pour déterminer les masses volumiques de liquides, utiliser :

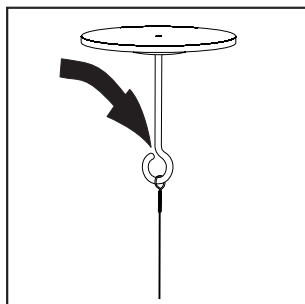
- le bécher de $\varnothing$ 55 mm et le plongeur en verre.

Déballage du plongeur en verre



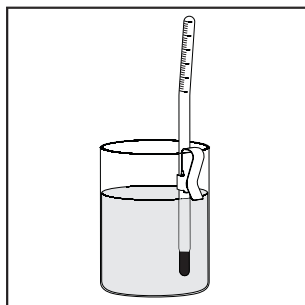
Attention : ne pas plier le fil métallique car il risquerait de se casser !

Retirer le plongeur de l'emballage en le tenant par l'œillet en verre.



Montage du plongeur en verre

- Accrocher le fil métallique du plongeur au crochet du support.



Thermomètre

- Si nécessaire, accrocher le thermomètre au bord du bécher en utilisant le clip de fixation.

Méthodes de détermination de la masse volumique

Pour déterminer la masse volumique d'un solide avec cet accessoire, on utilise le principe d'Archimède :

Un solide immergé dans un liquide est soumis à la force appelée poussée hydrostatique. La valeur de cette force est égale au poids du volume liquide déplacé par l'échantillon.

Avec une balance hydrostatique qui permet d'effectuer aussi bien les pesées dans l'air que dans le liquide, il est possible de :
déterminer la **masse volumique d'un solide** si l'on connaît la masse volumique du liquide provoquant cette poussée hydrostatique :

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

ou

déterminer la **masse volumique d'un liquide** si l'on connaît le volume du solide immergé :

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

avec :

- ρ = masse volumique du solide
- $\rho(fl)$ = masse volumique du liquide
- $W(a)$ = poids du solide dans l'air
- $W(fl)$ = poids du solide dans le liquide
- G = poussée hydrostatique
appliquée au solide immergé
- V = volume du solide

Sources d'erreurs et possibilités de correction



MISE EN GARDE!

Lors de l'ajustage, tenir compte des indications suivantes :

Balance d'analyse :

Le porte-échantillon doit être retiré lors de l'ajustage !

Balance au milligramme :

Le porte-échantillon doit être monté lors de l'ajustage !

La formule de la page précédente pour la détermination de la masse volumique de solides est suffisante pour obtenir la précision de une, voire deux décimales.

Pour un niveau de précision supérieur, il est nécessaire de tenir compte des erreurs et facteurs d'erreurs suivants :

- la masse volumique du liquide d'immersion en fonction de la température,
- la poussée aérostatique lors de la pesée dans l'air,
- le changement du niveau d'immersion des tiges du support d'échantillon pendant l'immersion de ce dernier,
- la tension superficielle du liquide sur le support d'échantillon,
- les bulles d'air sur l'échantillon.

Quelques-unes de ces erreurs peuvent être corrigées par calcul.

Pour cela, procéder comme suit :

- mesurer la température du liquide de référence et corriger sa masse volumique en tenant compte de ce critère

et

- définir exactement le diamètre intérieur du récipient contenant le liquide de référence.

Influence de la température sur la masse volumique du liquide

La masse volumique du liquide créant la poussée hydrostatique dépend de la température. La variation de masse volumique par °C de température est de l'ordre de :

- 0,02% pour l'eau distillée
- 0,1% pour les alcools et les hydrocarbures. En d'autres termes, cela peut influencer la troisième décimale d'un résultat de détermination de masse volumique.

Pour corriger la masse volumique du liquide en fonction de la température, procéder comme suit :

- mesurer la température du liquide avec le thermomètre contenu dans la livraison,
- se reporter à la table à la fin de ce manuel pour connaître les masses volumiques des liquides les plus couramment utilisés (eau distillée et éthanol) à la température mesurée et utiliser cette masse volumique comme valeur ρ (fl).

Poussée aérostatique

Un cm³ d'air pèse environ 1,2 mg selon les conditions de température, de pression et d'humidité. Quand un échantillon solide est pesé dans l'air, il est soumis à une poussée aérostatique égale au poids du volume d'air déplacé. L'erreur qui en découle est suffisamment importante pour influencer sur la troisième décimale et il faut faire intervenir une correction.

La formule suivante tient compte de la poussée aérostatique :

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

Avec $\rho(a) = 0,0012 \text{ g/cm}^3$ = masse volumique de l'air dans des conditions normales (température 20°C et pression 101,325 hPa).

Profondeur d'immersion

Le plateau pour supporter et/ou immerger l'échantillon pendant la pesée dans le liquide est maintenu par deux tiges et est situé à environ 30 mm sous la surface du liquide. Puisque la balance est tarée avant chaque mesure, la poussée hydrostatique induite par la partie immergée de l'accessoire n'influence en rien la détermination de la masse volumique.

Quand un solide est immergé dans le liquide, il déplace un volume de liquide égal au volume du solide. Ceci entraîne une montée du niveau du liquide et de ce fait une poussée hydrostatique sur la partie des tiges nouvellement immergée, d'où une erreur dans la détermination de la masse volumique.

Appliquer la formule suivante pour corriger cette erreur :

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

Le facteur de correction est exclusivement déterminé par la géométrie de l'accessoire de mesure de masses volumiques. A cet effet, s'assurer de toujours utiliser le bécher de Ø 90 mm lors de la détermination de la masse volumique d'un solide. L'annexe en fin de manuel décrit les étapes de calcul de ce facteur de correction.

Tension superficielle sur le support

Quand le support d'échantillon (ou tamis) est immergé dans le liquide produisant ainsi une poussée hydrostatique, le liquide adhère aux tiges du fait des forces de capillarité et génère ainsi un poids supplémentaire de l'ordre de quelques milligrammes.

Puisque le support d'échantillon (ou tamis) se trouve dans le liquide pendant la pesée dans l'air et également pendant la pesée dans le liquide et que la balance est tarée au début de chaque manipulation, l'effet de ménisque peut être négligé.

Pour réduire la tension superficielle et la friction du liquide sur les tiges, ajouter trois gouttes de tensio-actif (de type Teepol ou liquide pour vaisselle) dans l'eau distillée contenue dans le bécher.

Comme le liquide se déplace le long des tiges, le poids peut légèrement évoluer après l'apparition du symbole de stabilité «g». Pour pallier cet inconvénient, noter le poids juste après l'apparition du «g».

Bulles d'air

L'erreur de mesure causée par des bulles d'air collées à l'échantillon peut être évaluée de la façon suivante. Une bulle d'air d'un diamètre de 0,5 mm induit une poussée hydrostatique supplémentaire légèrement inférieure à 0,1 mg quand l'échantillon est pesé dans l'eau. Une bulle d'air de 1 mm de diamètre a une influence de l'ordre de 0,5 mg et une bulle d'air de 2 mm de diamètre crée une perturbation d'environ 4,2 mg. Des bulles d'air plus conséquentes doivent absolument être éliminées à l'aide d'une petite brosse.

Il est aussi possible de mouiller l'échantillon dans un autre récipient avant la pesée dans le liquide.

Détermination de la masse volumique

Détermination de la masse volumique de solides

Préparation

(Le liquide employé dans cette description est de l'eau distillée)

- Placer le bécher de grand diamètre (90 mm) au milieu du pont métallique.
- Le remplir avec de l'eau distillée jusqu'à environ 5 mm du bord.
- Ajouter trois gouttes de tensio-actif dans l'eau distillée.
- Fixer le thermomètre sur le bord du bécher avec le clip de fixation métallique.
- Nettoyer le support d'échantillon avec un solvant (en particulier les tiges qui seront immergées) et le suspendre à la structure de suspension.

Déroulement de la mesure

Détermination du poids de l'échantillon dans l'air

- Tarer la balance.
- Placer l'échantillon sur le plateau supérieur de la structure de suspension et peser.
- Enregistrer le poids $W(a)$.

Détermination de la poussée hydrostatique $G = W(a) - W(fl)$

- Tarer la balance avec l'échantillon sur le plateau supérieur de la structure de suspension.
- Placer ensuite l'échantillon dans le support d'échantillon (ou tamis)¹⁾.
- Enregistrer la valeur absolue de la poussée hydrostatique «G» affichée avec un signe négatif.

Calcul de la masse volumique

- Lire la température du liquide d'immersion.
- En utilisant les tables figurant à la fin de ce manuel, déterminer la masse volumique $\rho(fl)$ du liquide d'immersion à la température mesurée ci-dessus.
- Calculer la masse volumique en appliquant la formule suivante :

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

$W(a)$ et G sont exprimés en grammes ;

$\rho(fl)$ en g/cm^3

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

¹⁾ Si l'assemblage support plateau doit être été de la structure de suspension pour réaliser cette opération, s'assurer que de nouvelles bulles d'air ne viennent pas s'ajouter quand il est de nouveau immergé ; il est préférable de placer l'échantillon directement dans le tamis en utilisant des brucelles ou un outil similaire.

Détermination de la masse volumique de solides ayant une masse volumique $< 1 \text{ g/cm}^3$

Il existe deux méthodes différentes pour déterminer la masse volumique de solides avec masse volumique inférieure à 1 g/cm^3 .

1^{ère} méthode :

Dans cette méthode, le liquide utilisé pour créer la poussée hydrostatique est de l'eau distillée, mais l'assemblage support plateau est remplacé par la grille pour immerger les échantillons (tamis).

Pour déterminer la poussée hydrostatique de l'échantillon, le faire flotter à la surface de l'eau puis l'immerger en le bloquant sous la grille.

Il est aussi possible d'utiliser des brucelles ou un outil similaire pour glisser directement l'échantillon sous la grille (sans ôter la grille de la structure de suspension).

Si la poussée hydrostatique sur la substance à mesurer est supérieure au poids de la grille, il suffit d'alourdir la grille en ajoutant un poids de lestage sur le plateau supérieur de la structure.

2^{ème} méthode :

Dans ce cas, pour créer la poussée hydrostatique utiliser un liquide de masse volumique plus faible que celle du solide dont il faut déterminer la masse volumique. On obtient de bons résultats avec l'éthanol (pour des masses volumiques jusqu'à environ $0,8 \text{ g/cm}^3$).

Les masses volumiques ρ (fl) de l'éthanol (en fonction de la température) sont indiquées dans une table à la fin de ce manuel.

Les effets négatifs de la tension superficielle du liquide sur les résultats de mesure sont moins significatifs lorsque l'éthanol est utilisé en lieu et place de l'eau distillée. Il n'est donc pas nécessaire d'ajouter de tensio-actif.

En cas d'utilisation de l'éthanol, il est recommandé de suivre scrupuleusement les consignes de sécurité adéquates.

N'utiliser cette seconde méthode que si la masse volumique du solide est vraiment très proche de celle de l'eau distillée. En effet, comme l'échantillon est «suspendu» dans l'eau, des erreurs systématiques peuvent intervenir avec la première méthode.

Il est également recommandé d'utiliser la deuxième méthode pour la détermination de masse volumique de substances en granules car il est évident qu'il sera très difficile de positionner tous les grains sous la grille si jamais la première méthode est choisie.

Ne pas utiliser l'éthanol si ce dernier attaque ou dissout l'échantillon.

Préparation

(Le liquide employé dans cette description est de l'eau distillée)

- Placer le bécher de grand diamètre (90 mm) au milieu du pont métallique.
- Le remplir avec de l'eau distillée jusqu'à environ 5 mm du bord.
- Ajouter trois gouttes de tensio-actif dans l'eau distillée.
- Fixer le thermomètre sur le bord du bécher avec le clip de fixation métallique.
- Nettoyer la grille avec un solvant (spécialement les tiges qui seront immergées) et la suspendre à la structure de suspension.

Calcul de la masse volumique

- Lire la température du liquide d'immersion.
- En utilisant les tables figurant à la fin de ce manuel, déterminer la masse volumique ρ (fl) du liquide d'immersion à la température mesurée ci-dessus.
- Calculer la masse volumique en appliquant la formule suivante :

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

W (a) et G sont exprimés en grammes ;

ρ (fl) en g/cm^3

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

Déroulement de la mesure

Détermination du poids de l'échantillon dans l'air

- Tarer la balance.
- Placer l'échantillon sur le plateau supérieur de la structure de suspension et peser.
- Enregistrer le poids W (a).

Détermination de la poussée hydrostatique $G = W(a) - W(fl)$

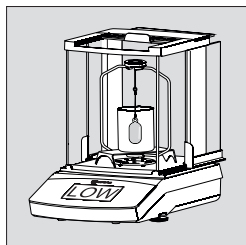
- Tarer de nouveau la balance avec l'échantillon sur le plateau supérieur de la structure de suspension.
- Placer ensuite l'échantillon sous la grille ou l'immerger sous la surface du liquide en utilisant la grille ¹⁾.
- Enregistrer la valeur absolue de la poussée hydrostatique «G» affichée avec un signe négatif.

¹⁾ Si l'assemblage support plateau doit être ôté de la structure de suspension pour réaliser cette opération, s'assurer que de nouvelles bulles d'air ne viennent pas s'ajouter quand il est de nouveau immergé ; il est préférable de placer l'échantillon directement sous la grille en utilisant des brucelles ou un outil similaire.

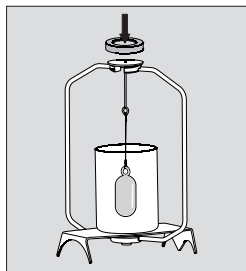
Détermination de la masse volumique de liquides

Préparation

- Placer le bécher de petit diamètre (55 mm) au milieu du pont métallique.
- Fixer le thermomètre sur le bord du bécher avec le clip de fixation métallique.



- Quand « LOW » apparaît, ajouter l'anneau de compensation.



Déroulement de la mesure

- Suspendre à la structure le disque avec le plongeur en verre (soutenu par un fil).
- Tarer la balance.
- Remplir le bécher avec le liquide dont il faut déterminer la masse volumique jusqu'à environ 10 mm au-dessus du plongeur en verre.

Détermination de la poussée hydrostatique $G = W(a) - W(fl)$

La valeur négative affichée par la balance correspond à la poussée hydrostatique appliquée sur le plongeur en verre par le liquide.

- Enregistrer la valeur absolue de la poussée hydrostatique « G » affichée avec un signe négatif.
- Lire la température et l'enregistrer également.

Calcul de la masse volumique

- Calculer la masse volumique en appliquant la formule suivante :

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

G est exprimé en gramme, V en cm³.

Le plongeur en verre inclu dans le dispositif de détermination des masses volumiques a un volume de 10 cm³.

Il est très facile d'obtenir la masse volumique d'un liquide (en g/cm³) ; une calculatrice n'est pas nécessaire. Il suffit de déplacer mentalement la virgule d'une décimale vers la gauche.

Tables

Masses volumiques de H₂O selon la température T (en °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

Masses volumiques de l'éthanol selon la température T (en °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

Annexe

Cette annexe décrit comment ont été établies les formules utilisées pour le calcul des masses volumiques, et quels sont les facteurs de correction dont on a tenu compte.

Règles de base

$$\text{Masse volumique} = \frac{\text{Masse (g)}}{\text{Volume (cm}^3\text{)}}$$

Principe d'Archimède :

Un solide immergé dans un liquide est soumis à la force appelée poussée hydrostatique (G). La valeur de cette force est égale au poids du volume liquide déplacé par l'échantillon.

Le volume du solide immergé V (k) est égal au volume liquide déplacé V (fl).

On détermine :

1. le poids du solide dans l'air W (a),
2. la poussée hydrostatique appliquée au solide (G).

La masse volumique d'un solide est :

$$\rho = \frac{\text{masse du solide}}{\text{volume du solide}} = \frac{W(a)}{V(s)} = \frac{W(a)}{V(fl)}$$

Lorsque la masse volumique ρ (fl) du liquide déplacé est connue, alors

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

Par conséquent :

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

Calcul

La masse volumique d'un solide est calculée à partir de la relation :

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

Il en résulte :

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

$W(a) - W(fl) = G$ = poussée hydrostatique sur l'échantillon.

La **masse volumique d'un liquide** est déterminée à partir de la poussée hydrostatique sur le plongeur, qui a un volume bien défini.

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

avec :

- ρ = masse volumique du solide
- $\rho(fl)$ = masse volumique du liquide
- $W(a)$ = poids du solide dans l'air
- $W(fl)$ = poids du solide dans le liquide
- G = poussée hydrostatique appliquée au solide (ou au plongeur)
- V = volume du solide (ou du plongeur)

Corrections lors de l'utilisation avec des modèles Entris

Il faut tenir compte de certains facteurs de correction lors de la détermination de la masse volumique de solides :

- **la poussée aérostatique appliquée à l'échantillon lors de la pesée dans l'air**, avec $r(a) = 0,0012 \text{ g/cm}^3$ = masse volumique de l'air dans des conditions normales de température et de pression (20°C et 101,325 hPa).

Il en résulte :

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

- **l'immersion des tiges du support d'échantillon (tamis) ou de la grille.**

Quand le dispositif de détermination de masses volumiques est utilisé, il est nécessaire de corriger la poussée hydrostatique $G = [W(a) - W(fl)]$ par le facteur de correction (Corr).

Formule avancée :

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

Ce facteur prend en compte la poussée hydrostatique supplémentaire appliquée aux tiges du support lorsque le niveau du liquide monte du fait de l'immersion de l'échantillon.

Détermination du facteur de correction

La poussée hydrostatique causée par la submersion des tiges dépend de la hauteur «h» d'élévation du niveau de liquide lors de l'immersion de l'échantillon.

Le volume de l'échantillon $V(pr)$ est égal au volume du liquide déplacé $V(fl)$. Le volume de l'échantillon est déterminé en mesurant la poussée hydrostatique. En conséquence, on peut écrire :

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

soit

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

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

La poussée hydrostatique «A» causée par les tiges immergées est :

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

En remplaçant «h» :

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

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

Pour tenir compte de la poussée hydrostatique sur les tiges, il faut soustraire la poussée hydrostatique «A» produite par les tiges à la poussée hydrostatique appliquée à l'échantillon : $G = W(a) - W(fl)$. La poussée hydrostatique corrigée à utiliser dans le calcul est donc :

$$«A \text{ (corr)}» = G - «A»$$

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

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

Le dispositif de détermination de masses volumiques utilise un grand bécher de 90 mm de diamètre et la structure d'immersion pour la détermination de masses volumiques de solides possède deux tiges de 0,7 mm de diamètre.

En introduisant ces valeurs numériques ($d = 0,7$ mm et $D = 90$ mm) dans la formule de correction :

$$1 - 2 \cdot \frac{0.7^2}{90^2} = \mathbf{0.99988}$$

En utilisant d'autres accessoires de dimensions différentes, il faut recalculer ce facteur de correction.

Contenido

Kit de componentes	65
Puesta en funcionamiento	66
Kit de componentes	8
Puesta en funcionamiento	9
Métodos para la determinación de la densidad	13
Fuentes de error y posibilidades de corrección	14
Determinación de la densidad	17
– cuerpos sólidos	17
– sólidos con una densidad $< 1 \text{ g/cm}^3$	18
– líquidos	20
Tablas	22
Valores de densidad del H_2O	22
Valores de densidad del etanol	23
Apéndice	24

Con este Kit para la determinación de la densidad Sartorius Ud. ha adquirido un accesorio de alto valor para su balanza electrónica.

Con este accesorio, Sartorius le facilita el trabajo diario.

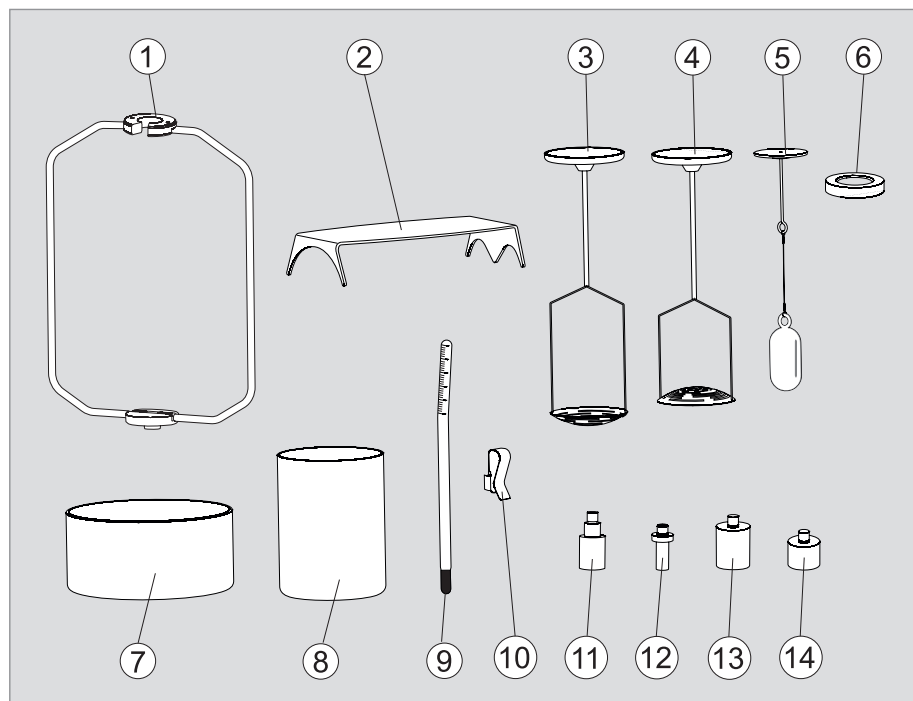
Le pedimos que lea estas instrucciones de instalación y manejo con mucha atención, antes de comenzar con el equipamiento de la balanza y el trabajo con el Kit para la determinación de la densidad.

Al equipar su balanza con un programa para la determinación de la densidad, éste realizará el cálculo de los valores Rho automáticamente.

Para este caso, le rogamos observar las advertencias sobre la instalación y manejo.

Luego, el proceso de determinación de la densidad debería realizarse según se describe en las instrucciones del programa para la determinación de la densidad.

Kit de componentes



- | | |
|-------------------------|--|
| 1 Soporte | 10 Grapa de sujeción |
| 2 Placa de metal | 11 Adaptador "1", para Secura®, Quintix®, Practum® |
| 3 Platillo de inmersión | 12 Adaptador "2", para balanzas analíticas CPA |
| 4 Criba de inmersión | 13 Adaptador "3", para balanzas analíticas BSA |
| 5 Dispositivo de vidrio | 14 Adaptador "4", para balanzas analíticas Entris |
| 6 Anillo de ajuste | |
| 7 Vaso (Ø 90 mm) | |
| 8 Vaso (Ø 55 mm) | Chapa de la base (no representada) |
| 9 Termómetro | |

Puesta en funcionamiento

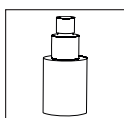
El kit para la determinación de la densidad YDK03 puede utilizarse con las siguientes balanzas:

- Secura®, Quintix®, Practum® con legibilidad de 1 mg o 0,1 mg
- Balanzas BSA con legibilidad de 0,1 mg
- Balanzas CPA con legibilidad de 0,1 mg
- Balanzas Entris con legibilidad de 0,1 mg

Preparar el soporte de barras

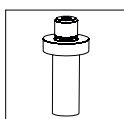
Antes de colocar el soporte en la balanza, montar el adaptador.

Seleccione el adaptador correspondiente para la balanza: (dimensión aprox.)



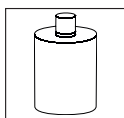
Adaptador "1"

- Balanzas Secura®, Quintix®, Practum® con legibilidad de 1 mg o 0,1 mg



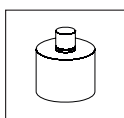
Adaptador "2"

- Balanzas CPA con legibilidad de 0,1 mg



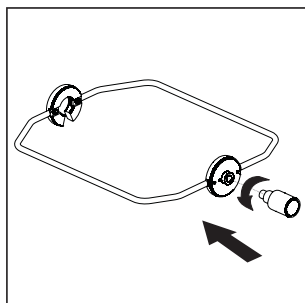
Adaptador "3"

- Para balanzas analíticas BSA con legibilidad de 0,1 mg



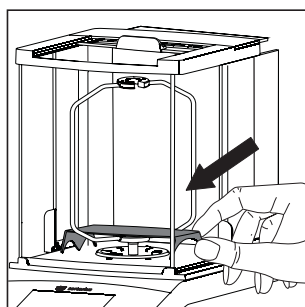
Adaptador "4"

- Para balanzas analíticas Entris con legibilidad de 0,1 mg



Atornille el correspondiente adaptador desde abajo en la base del soporte:

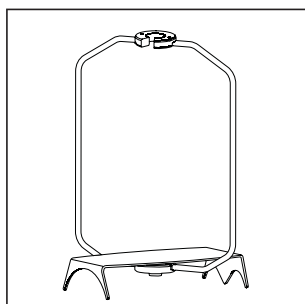
- Adaptador correspondiente (ver la página anterior)



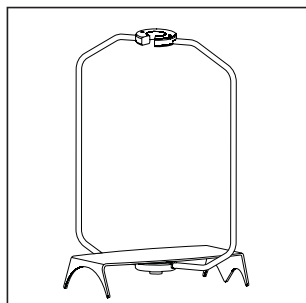
Retire las siguientes piezas de la balanza:

- Platillo de pesaje
- Anillo protector contra corrientes de aire (si existe)
- Platillo inferior
- Anillo apantallador (si existe)

Sustituya en los modelos Practum® y Quintix® la base blanca de la cámara de pesaje del protector contra corrientes de aire por la base de acero inoxidable suministrada.



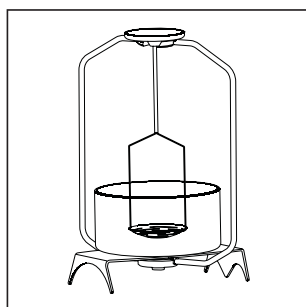
Coloque el soporte de barras en la cámara de pesada. La abertura cuneiforme, en la parte superior del soporte, ha de indicar en dirección de colocación del platillo de inmersión (criba de inmersión/ dispositivo de vidrio).



Seleccionar vaso analítico/platillo de inmersión

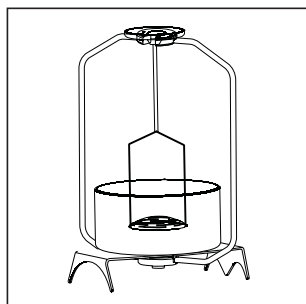
- Colocar el puente metálico para la recepción del vaso analítico en la balanza, pasándolo a través del soporte

La selección del vaso analítico y del platillo de inmersión depende de la muestra a determinar:



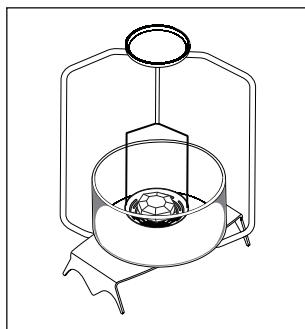
Determinación de la densidad de cuerpos sólidos, densidad mayor que la del líquido de inmersión:

- vaso analítico Ø 90 mm, platillo (criba) de inmersión



Determinación de la densidad de cuerpos sólidos, densidad menor que la del líquido de inmersión:

- vaso analítico Ø 90 mm, criba de inmersión

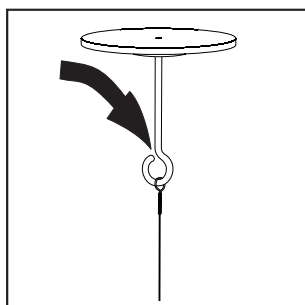


Determinación de la densidad de líquidos:
– vaso analítico Ø 55 mm, dispositivo de vidrio

Desembalar dispositivo sumergible de vidrio

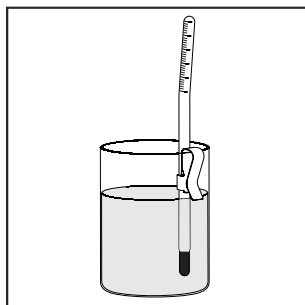


Peligro de rotura del alambre: ¡no doblar el alambre! Sacar el dispositivo sumergible – en el asidor de vidrio – del embalaje.



Montar dispositivo sumergible de vidrio

- Enganchar el asa del alambre del cuerpo sumergible en el estribo del soporte.



Termómetro

- El termómetro se fija, en caso necesario, con la brida de sujeción, en el borde del vaso analítico.

Métodos para la determinación de la densidad

La determinación de la densidad de un cuerpo sólido, con el equipo de medición presente, se realiza mediante el “Principio de Arquímedes”:

Un cuerpo inmerso en un líquido experimenta una fuerza de empuje hacia arriba. Esta fuerza es igual a la fuerza que ejerce el peso del líquido desplazado por el volumen del cuerpo.

Con una balanza hidrostática, que permite la medición del cuerpo sólido en el aire y en el agua, es posible **determinar la densidad de un cuerpo sólido**, si la densidad del medio de empuje es conocida:

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

o bien,

determinar **la densidad de un líquido**, si el volumen del cuerpo de inmersión es conocido.

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

en donde:

ρ = densidad del cuerpo sólido

$\rho(fl)$ = densidad del líquido

$W(a)$ = peso del cuerpo sólido en el aire

$W(fl)$ = peso del cuerpo sólido en el líquido

G = empuje del cuerpo de inmersión

V = volumen del cuerpo de inmersión

Fuentes de error y posibilidades de corrección

¡IMPORTANTE!

A tener en cuenta durante el ajuste:

Balanzas analíticas:

¡Para el ajuste es necesario retirar el soporte de las muestras!

Balanza de precisión:

¡Para el ajuste es necesario que el soporte de las muestras esté montado!

La ecuación aquí utilizada para la determinación de la densidad de cuerpos sólidos es una determinación, con una exactitud de una y hasta dos posiciones decimales, suficiente.

Dependiendo de la exactitud requerida, han de considerarse los siguientes errores y factores de corrección.

- Dependencia de la temperatura de la densidad del líquido de empuje
- Empuje del aire al realizar la medición (en el aire)
- Modificación de la profundidad de inmersión del platillo arqueado al sumergir la muestra
- Adhesión del líquido en el alambre del que cuelga el platillo
- Burbujas de aire adheridas a la muestra

Los errores pueden corregirse según cálculo. Para esto se necesita:

- medir la temperatura del líquido y corregir la densidad del líquido correspondientemente
- y
- definir el diámetro interno del vaso receptor del líquido.

Dependencia de la temperatura de la densidad del líquido

La densidad del líquido de empuje depende de la temperatura. La modificación de la densidad por modificación de temperatura °C es equivalente al

- 0,02% para el agua destilada
- 0,1% para alcoholes e hidrocarburos, que puede aparecer en la 3. posición decimal durante la determinación de la densidad.

Para corregir la densidad del líquido, respecto a la temperatura, se procede de la siguiente manera:

- la temperatura del líquido se mide con el termómetro suministrado
- la densidad de los líquidos de empuje más utilizados, agua y etanol, con temperatura ya medida, se indica en la tabla y se utiliza para ρ (fl).

Empuje del aire

Un volumen de 1 cm³ de aire tiene, dependiendo de la temperatura, humedad del aire y presión del aire, un peso aprox. de 1,2 mg. En la medición en el aire el cuerpo experimenta por cm³ de su volumen un empuje correspondiente. El error que resulta, al no considerar el empuje del aire, se registra en la tercera posición decimal, y que ha de ser corregido.

El empuje del aire se considera en la ecuación siguiente

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

en donde $\rho(a) = 0,0012 \text{ g/cm}^3$ = densidad del aire bajo condiciones normales (temperatura 20°C, presión 101,325 kPa).

Profundidad de inmersión

El platillo receptor, para la inmersión de la muestra durante la medición en líquido, está fijado por dos alambres y se sumerge aprox. 30 mm en el líquido. Puesto que la balanza se tara antes de cada medición, el empuje adicional, mediante la pieza sumergida del sistema de medida, no se considera en la determinación de la densidad.

En la medición en líquido, el volumen de líquido desplazado corresponde al volumen de la muestra. Esto hace que los alambres que fijan el platillo se sumerjan a más profundidad y originen un empuje adicional, el que se considera como error en la determinación de la densidad.

Este error se corrige mediante la ecuación siguiente:

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

Dado que el factor de corrección está determinado exclusivamente por la geometría de la disposición del sistema de medida, es indispensable utilizar en la determinación de la densidad de un cuerpo sólido sólo el recipiente suministrado con el mayor diámetro (90 mm). En el apéndice se indica como se obtiene este factor de corrección.

Adhesión del líquido en el alambre

Al sumergir el platillo (criba de inmersión) en el líquido de empuje se escurre líquido hacia arriba por el alambre, debido a las fuerzas de adhesión, resultando de esto un peso adicional de algunos miligramos.

Puesto que el platillo de inmersión (criba de inmersión), tanto en la medición en aire así como también en la medición en líquido, se encuentra en el medio de empuje y la balanza se tara al comienzo de cada medición, puede desatenderse la influencia del “menisco” del líquido.

Para reducir la tensión de superficie y el roce del líquido en el alambre se agrega, en el agua destilada contenida en el recipiente, aprox. tres gotas de un agente tensioactivo (Mirasol antiestático o detergente de limpieza común).

A causa del escurrimiento del líquido de empuje hacia arriba en el alambre, puede que el valor del peso sufra todavía una modificación lenta después de aparecer “g”. Es por eso que, el valor de peso debería ser leído directamente después de aparecer “g” .

Burbujas de aire

El error de medición, producto de burbujas de aire adheridas en la muestra, puede estimarse de la manera siguiente: en una burbuja de aire con un diámetro de 0,5 mm resulta un empuje adicional menor que 0,1 mg, al realizar la medición en agua. Con un diámetro de 1 mm el empuje adicional resultante es de aprox. 0,5 mg, y con un diámetro de 2 mm aprox. 4,2 mg. Por eso, las burbujas de aire más grandes deberían barrerse con un pincel fino o medio auxiliar similar.

La humectación también puede realizarse de antemano, en un recipiente separado.

Determinación de la densidad

Determinación de la densidad de cuerpos sólidos

Preparación

(en la descripción se utiliza agua destilada)

- Posicionar vaso analítico con el mayor diámetro ($\varnothing$ 90 mm) en el centro del puente
- Llenar con agua destilada hasta aprox. 5 mm bajo el borde
- Echar tres gotas de agente tensioactivo en el agua destilada
- Fijar el termómetro con la abrazadera al borde del vaso analítico
- Limpiar el platillo de inmersión con algún disolvente (especialm. los alambres sumergidos) y colgarlo en el soporte de barras

Proceso de medición

Determinar el peso de la muestra en el aire

- Tarar balanza
- Colocar muestra en el platillo superior del soporte de barras y pesar
- Anotar el valor de peso $W(a)$

Determinar el empuje $G = W(a) - W(fl)$

- Tarar balanza con la muestra puesta en el platillo superior del soporte de barras
- Colocar la muestra en el platillo de inmersión¹⁾
- Anotar el valor absoluto del empuje indicado G con signo negativo

Cálculo de la densidad

- Leer la temperatura
- Utilizar el valor de la densidad $\rho(fl)$ de la tabla, en el apéndice, considerando la temperatura ya leída
- Calcular la densidad según la ecuación siguiente:

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

$W(a)$ y G en g; $\rho(fl)$ en g/cm^3

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

¹⁾ (para esto se retira el platillo de estribo del dispositivo de medición, es importante aquí que al volver a sumergir en el líquido no se adhiera adicionalmente ninguna burbuja de aire; es mejor, en este caso, poner la muestra directamente con pinza o similar)

Determinación de la densidad de cuerpos sólidos con una densidad menor que $< 1 \text{ g/cm}^3$

En cuerpos sólidos con una densidad menor que 1 g/cm^3 es posible una determinación de la densidad mediante dos métodos diferentes.

Método 1:

Como líquido de empuje se utiliza agua destilada. Se utiliza el platillo de estribo con el platillo de inmersión invertido (criba de inmersión).

Primeramente, la muestra, para la determinación del empuje, se pone en la superficie del agua y sumergida luego con la criba de inmersión previamente retirada.

Pero también es posible colocar la muestra directamente bajo el platillo de criba con una pinza o similar (sin retirar la criba de inmersión del soporte).

Si el empuje de la sustancia a medir es mayor que el peso de la criba de inmersión, entonces, tiene que aumentarse el peso de la criba de inmersión colocando peso adicional en el platillo superior del soporte.

Método 2:

Como medio de empuje se utiliza un líquido de densidad más baja que la utilizada para los cuerpos sólidos. Buenos resultados se han obtenido con etanol (hasta una densidad de aprox. $0,8 \text{ g/cm}^3$).

El valor de densidad ρ (fl) del etanol se entrega en la tabla, en el apéndice, considerando la temperatura ya leída.

Al utilizar etanol se nota menos –respecto al agua destilada– la influencia negativa de la tensión de superficie del líquido en los resultados de medición.

No se requiere, por lo tanto, un agregado de tensioactivo.

Al trabajar con etanol es indispensable considerar las prescripciones de seguridad vigentes.

El segundo método debería aplicarse, si la densidad del cuerpo sólido se diferencia sólo mínimamente respecto a la del agua destilada. Dado que la muestra flota en el agua, pueden producirse, al aplicarse el primer método, errores de medición. La aplicación del segundo método es razonable cuando ha de determinarse la densidad de un granulado. Con el primer método es, en este caso, difícil de poner completamente el granulado bajo el platillo de criba.

La utilización de etanol debería evitarse, si la muestra pudiera ser atacada (disuelta).

Preparación

(en la descripción se utiliza agua destilada)

- Posicionar el vaso analítico con el mayor diámetro (Ø 90 mm) en el centro del puente
- Llenar con agua destilada hasta aprox. 5 mm bajo el borde
- Echar tres gotas de tensioactivo en el agua destilada
- Fijar el termómetro con la brida de sujeción al borde del vaso analítico
- Limpiar la criba de inmersión con detergente (en especial, los alambres sumergibles) y colgarlo en el soporte de barras

Cálculo de la densidad

- Leer la temperatura
- Utilizar el valor de densidad ρ (fl) de la tabla, en el apéndice, considerando la temperatura ya leída
- Calcular la densidad según la ecuación siguiente:

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

$W(a)$ y G en g; $\rho(\text{fl})$ en g/cm^3

$G = W(a) - W(\text{fl})$

Proceso de medición

Determinar el peso de la muestra en el aire

- Tarar la balanza
- Colocar la muestra en el platillo superior del soporte y pesar
- Anotar el valor de peso $W(a)$

Determinación del empuje

$G = W(a) - W(\text{fl})$

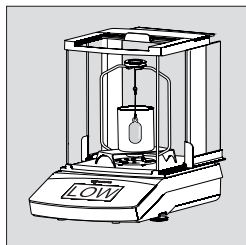
- Volver a tarar la balanza (con la muestra en el platillo superior del soporte)
- Colocar la muestra bajo la criba de inmersión, es decir, presionar con ésta bajo la superficie del líquido¹⁾
- Anotar empuje indicado con signo negativo G

¹⁾ (para esto, se retira el platillo de estribo del dispositivo de medición; es indispensable aquí observar que al volver a sumergir en el líquido no se adhiera adicionalmente ninguna burbuja de aire; (es mejor, en este caso, colocar directamente la muestra con pinza o similar)

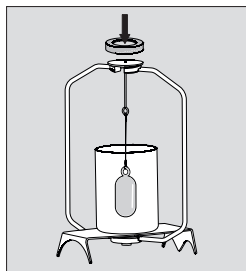
Determinación de la densidad de líquidos

Preparación

- Posicionar el vaso analítico con el menor diámetro ($\varnothing$ 55 mm) en el centro del puente
- Fijar el termómetro al borde del vaso con la brida de sujeción



- Cuando se indique „LOW“, añadir el anillo de ajuste.



Proceso de medición

- Suspender, desde el soporte, el disco con el dispositivo de vidrio colgado con alambre
- Tarar la balanza
- Llenar el vaso analítico con el líquido a determinar hasta 10 mm por sobre el dispositivo de vidrio

Determinación del empuje

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

El valor de peso negativo indicado por la balanza corresponde al empuje que experimenta el dispositivo de vidrio en el líquido.

- Anotar el empuje indicado G con signo negativo
- Leer y anotar la temperatura

Calcular la densidad

- Calcular la densidad según la ecuación siguiente:

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

G en g; V en cm^3

El dispositivo de vidrio del Kit para la determinación de la densidad tiene un volumen de 10 cm^3 .

La densidad actual del líquido (en g/cm^3) se obtiene muy fácilmente, corriendo la coma en la lectura de la balanza en una posición decimal hacia la izquierda.

Tablas

Valores de densidad del H₂O a temperatura T (en °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

Valores de densidad del etanol a temperatura T (en °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

Apéndice

Este apéndice le ayudará a comprender mejor cómo se han obtenido las fórmulas y factores de corrección.

Principios básicos

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa (g)}}{\text{Volumen (cm}^3\text{)}}$$

La ley de Arquímedes:

Un cuerpo inmerso en un líquido experimenta una fuerza de empuje (G). Esta fuerza es igual a la fuerza del peso del líquido desplazado por el volumen del cuerpo. El volumen de un cuerpo inmerso V (k) es igual al volumen del líquido desplazado V (fl).

Se determina:

1. El peso en el aire W (a)
2. Empuje del cuerpo en el líquido (G)

La densidad de un cuerpo es:

$$\rho = \frac{\text{Masa del cuerpo}}{\text{Volumen cuerpo}} = \frac{W(a)}{V(s)} = \frac{W(a)}{V(fl)}$$

Si la densidad ρ (fl) del líquido desplazado es conocido, entonces

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

de aquí resulta:

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

Cálculo

La **densidad del cuerpo sólido** se calcula según la relación

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

de aquí resulta:

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

$$W(a) - W(fl) = G = \text{empuje de la muestra}$$

La **densidad de un líquido** se determina del empuje del cuerpo de inmersión con volumen definido.

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

De donde:

ρ = la densidad del cuerpo sólido

$\rho(fl)$ = la densidad del líquido

W (a) = el peso del cuerpo sólido
en el aire

W (fl) = el peso del cuerpo sólido
en el líquido

G = el empuje del platillo de
inmersión

V = el volumen del cuerpo
de inmersión

Correcciones con el uso de modelos Entris

Para la corrección de la determinación de la densidad de cuerpos sólidos se consideran:

- **el empuje del aire, que experimenta la muestra al pesarse en el aire.**

En donde $r(a) = 0,0012 \text{ g/cm}^3$ = la densidad del aire bajo condiciones normales (temperatura 20°C , presión $101,325 \text{ kPa}$);

de aquí resulta:

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

- **la inmersión de los alambres del platillo, es decir, de la criba de inmersión**

Al emplear el Kit para la determinación de la densidad siguiente tiene que multiplicarse el empuje $G = [W(a) - W(fl)]$ con el factor de corrección (corr).

Ecuación ampliada:

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

Este factor resulta al considerar el empuje de los alambres inmersos a más profundidad, al colocar la muestra.

Obtención del factor de corrección:

El empuje de los alambres inmersos depende de la altura “h”, que el líquido alcanza al sumergir la muestra.

Aquí el volumen de la muestra $V(pr)$ corresponde al volumen del líquido $V(fl)$. El volumen de la muestra se determina midiendo el empuje. Luego:

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

o bien,

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

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

El empuje producido por los alambres inmersos “A” es:

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

Al utilizar “h” resulta:

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

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

Al considerar el empuje de alambre, al empuje determinado de la muestra: $G = W(a) - W(fl)$ hay que restar el empuje originado por los alambres "A".
El valor de empuje a considerar en el cálculo "A (corr) " es entonces: $G - "A"$.

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

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

En el Kit para la determinación de la densidad, para la determinación de la densidad de cuerpos sólidos se emplea el vaso analítico con el mayor diámetro ($D = 90 \text{ mm}$) y un dispositivo de inmersión con 2 alambres (diámetro $0,7 \text{ mm}$).

Al utilizar los valores para $d = 0,7 \text{ mm}$ y $D = 90 \text{ mm}$, el factor de corrección resulta de:

$$1 - 2 \cdot \frac{0.7^2}{90^2} = \mathbf{0.99988}$$

Al utilizar equipos con otras dimensiones, ha de calcularse correspondientemente el nuevo factor de corrección.

目录

套件组件	85
准备开始	86
确定比重/密度的方法	90
故障排除	91
确定比重/密度	94
- 固体	94
- 密度 <1 克/立方厘米的固体	95
- 液体	97
表格	98
H ₂ O 的密度值	98
乙醇的密度值	99
补充资料	100

有了此 Sartorius 密度测定套件，您的电子天平从此将拥有一套优质附件。

此附件套件将减轻您的日常工作负担。

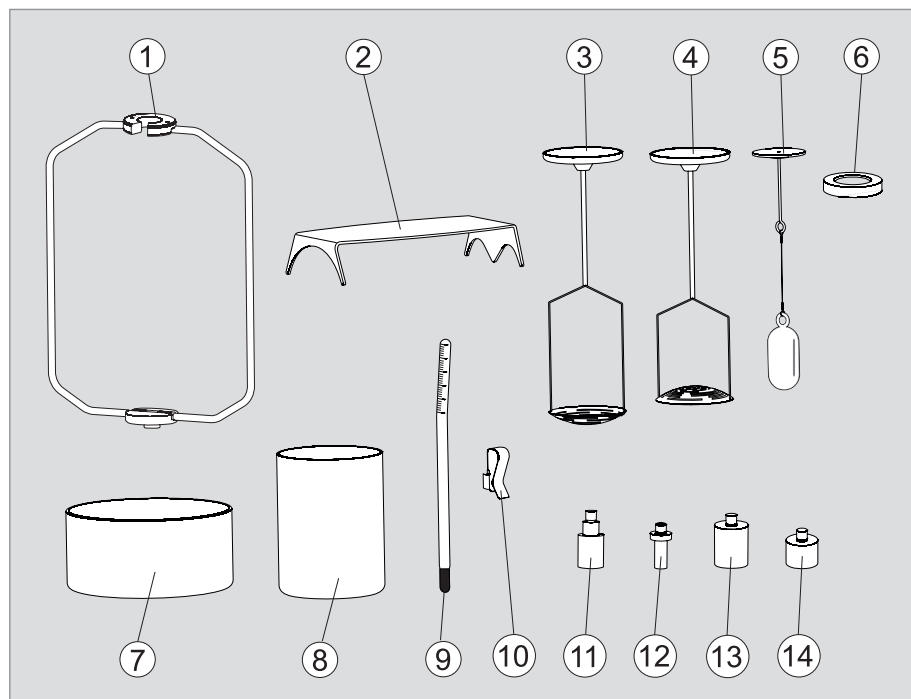
在设置您的密度测定套件并开始操作它之前，请仔细阅读本用户手册。

如果您的天平配备有密度测定程序，您可以使用该程序计算 ρ 值。

在此情况下，请按照“准备开始”一节中的操作说明进行操作。

然后按照密度测定程序的相关说明执行密度测定。

套件组件



- | | |
|----------------|--|
| 1 支架 | 9 温度计 |
| 2 金属台 | 10 固定夹 |
| 3 样品托盘（盘挂钩组件） | 11 适配器“1”，适用于 Secura [®] 、Quintix [®] 和 Practum [®] |
| 4 沉浸样品用滤网 | 12 适配器“2”，适用于 CPA 分析天平 |
| 5 玻璃锤 | 13 适配器“3”，适用于 BSA 分析天平 |
| 6 平衡环 | 14 适配器“4”，适用于 Entris 分析天平 |
| 7 烧杯（直径 90 毫米） | 防风罩板（未显示） |
| 8 烧杯（直径 55 毫米） | |

准备开始

YDK03 密度测定套件可用于下列天平：

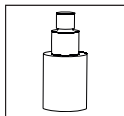
- Secura®、Quintix®、Practum®，可读性为 1 毫克或 0.1 毫克
- BSA 天平，可读性为 0.1 毫克
- CPA 天平，可读性为 0.1 毫克
- Entris 天平，可读性为 0.1 毫克

准备支架

将支架放置于天平上之前，务必先安装适配器。

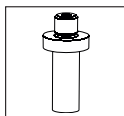
请使用适合于您正在使用的天平的适配器。

大约尺寸：



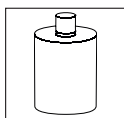
适配器 "1"

- Secura®、Quintix® 和 Practum® 天平，可读性为 1 毫克或 0.1 毫克



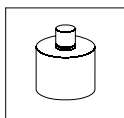
适配器 "2"

- CPA 天平，可读性为 0.1 毫克



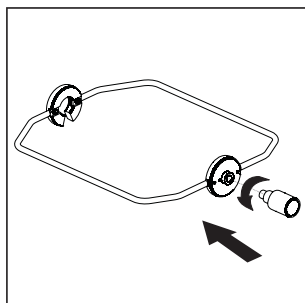
适配器 "3"

- BSA 分析天平，可读性为 0.1 毫克

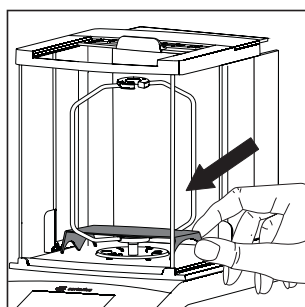


适配器 "4"

- Entris 分析天平，可读性为 0.1 毫克



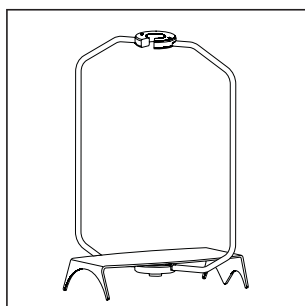
将相应的适配器从下部拧入支架底座：
- 有关相应适配器的信息，请参见上一页



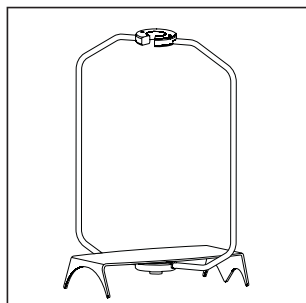
从天平上拆卸以下部件：

- 称重盘
- 防风环（如有）
- 秤盘支架
- 中心环（如有）

对于 Practum® 和 Quintix® 型号，使用提供的不锈钢天平防风罩板更换防风罩中的白色天平防风罩板。



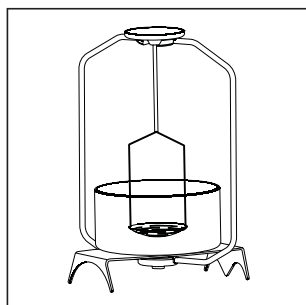
将支架放入称重室内。支架顶部的楔形开孔务必面向样品托盘（滤网/玻璃锤）将会放入支架内的方向。



烧杯/浸入设备

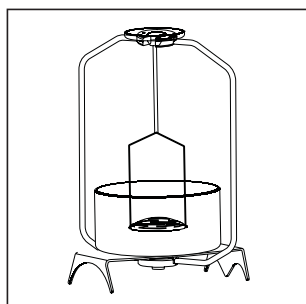
- 使用金属台来支撑烧杯。将其置于支架底座上，然后将两者置于天平上。

烧杯和浸入设备的选择取决于待测定的样品（参见下文）。



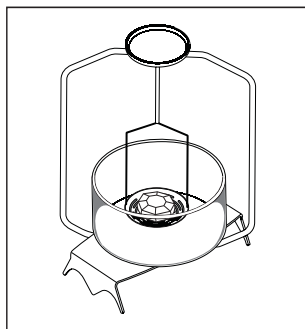
要测定密度大于样品所浸入液体密度的固体的比重，使用：

- Ø 90 毫米烧杯和样品托盘



要测定密度小于样品所浸入液体密度的固体的比重，使用：

- Ø 90 毫米烧杯和用于浸入样品的滤网



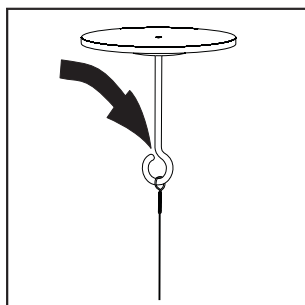
要测定液体的密度，使用：

- Ø 55 毫米烧杯和玻璃锤

打开玻璃锤包装

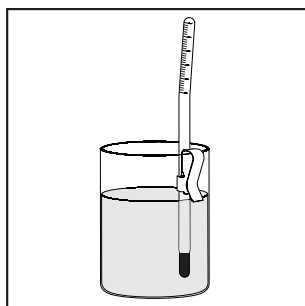


警告：切勿弯曲玻璃锤上的悬线，因为悬线可能会断裂。从连接悬线的玻璃环处将玻璃锤拉出其包装。



安装玻璃锤

- 将玻璃锤上的悬线绕在保持器的金属钩上。



温度计

- 如有需要，使用保持器夹将温度计固定到烧杯边缘。

测定比重/密度的方法

使用本测量设备测定固体的比重时，适用阿基米德定律：

浸入液体的固体具有浮力。浮力值等于固体体积排开的液体重力。

利用允许您在大气中以及水中称量固体重量的流体静力学天平，可以：
如果已知产生浮力的液体的密度，测定固体的比重：

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

或

如果已知浸入固体的体积，测定液体的密度：

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

其中：

- ρ = 固体的比重
- $\rho(fl)$ = 液体的密度
- $W(a)$ = 固体在大气中的重量
- $W(fl)$ = 固体在液体中的重量
- G = 浸入固体的浮力
- V = 固体的体积

故障排除

重要说明！

进行调整时，请注意：

分析天平：

务必卸下样品托盘后才能进行调整！

毫克天平：

务必安装样品托盘后才能进行调整！

上一页中用于测定固体比重的公式足以实现一位至两位小数点的精确度。

取决于您需要的精确度而定，请考虑下列误差和公差系数。

- 产生浮力的液体密度依赖于其温度
- 在大气中称重期间的大气浮力
- 浸入样品时盘挂钩组件浸入水位的变化
- 盘挂钩组件悬线上的液体粘附力
- 样品上的气泡

可以通过计算来修正一些误差。操作时，请执行以下步骤：

- 测量参考液体的温度并相应修正其密度
以及
- 确定装有参考液体的容器的内径。

液体密度对温度的依赖性

产生浮力的液体密度依赖于温度。温度发生每 °C 变化时密度变化的范围

- 蒸馏水，0.02%
 - 酒精和碳氢化合物，0.1%。
- 换句话说，在比重/密度测定期间，这可以表现在第三个小数位。

要根据温度修正液体密度，请执行下列步骤：

- 使用本套件随附的温度计测量液体温度
- 使用本手册背面的表格查找常用液体、水和乙醇在已测温度下的密度，并使用此密度求 ρ (f) 值。

大气浮力

1 立方厘米体积大气的重量约为 1.2 毫克，具体取决于其温度、湿度和大气压力。在大气中称量重量时，固体的浮力为其每立方厘米体积的相应浮力。如果不在第三个小数位考虑大气浮力，则会出现误差，因此应进行修正。

下列公式考虑到大气浮力：

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

其中 $\rho(a) = 0.0012$ 克/立方厘米 = 标准条件（温度 20°C、压力 101.325 kPa）下的大气密度。

浸入深度

在液体中称重期间，用于固定和/或浸入样品的盘可靠连接到两根连接线上并浸入液体表面以下大约 30 毫米。由于每次测量之前已经称出天平的皮重，比重测定中不考虑测量设备浸入部分产生的其它浮力。

在液体中称量固体样品时，将排开一定量的液体体积，该体积对应于固体样品的体积。这会使盘挂钩组件的连接线浸入更深并产生导致比重测定误差的额外浮力。

使用下列公式修正该误差：

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

由于修正系数是由测量设备设置的几何形状单独确定，因此在测定固体比重时，确保只使用本套件提供的大直径烧杯（90毫米）。本手册的“补充资料”部分说明了如何得出此修正系数。

液体对连接线的粘附力

当样品托盘（或滤网）被浸入会产生浮力的液体时，液体由于粘附力的作用会抬起连接线并产生几毫克范围的额外重量。

在大气中称重或在液体中称重期间，由于样品托盘（或滤网）位于会产生浮力的液体中，且在每次测量程序开始时已称出天平的皮重，因此可以忽视弯月面的影响。

为了减少液体在连接线上的表面张力和摩擦，将三滴表面活性剂（Mirasol 防静电剂或普通洗涤剂）添加到烧杯中的蒸馏水内。

由于液体会抬起连接线，即使在显示稳定符号“g”之后，重量可能也会慢慢变化。因此，在显示“g”之后立即读取重量。

气泡

可以采用下列方式消除因气泡粘附到样品上所产生的测量误差。在水中称量样品时，直径为 0.5 毫米的气泡会产生低于 0.1 毫克的额外浮力。直径为 1 毫米的气泡会产生 0.5 毫克的额外浮力，直径为 2 毫米的气泡会产生约 4.2 毫克的额外浮力。必须使用细刷或其他工具清除更大的气泡。

您也可以在称重之前先在独立的容器中弄湿样品。

测定比重/密度

测定固体比重

准备

(本描述使用蒸馏水)

- 将大直径烧杯(Ø90毫米)对准金属平台中心
- 加注蒸馏水,使蒸馏水水位大约处在烧杯边缘之下5毫米
- 将三滴表面活性剂添加到蒸馏水中
- 使用保持器夹将温度计固定到烧杯边缘
- 使用溶剂清洁样品托盘(特别是将被浸入的连接线)并将其悬挂在支架上

测量程序

测定样品在大气中的重量

- 称量天平的皮重
- 将样品置于支架的上盘内并称重
- 记录重量 $W(a)$

测定浮力

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

- 将样品置于支架的上盘内时称量天平的皮重
- 将样品置于样品托盘内¹⁾
- 记录浮力“G”的绝对读数,该读数显示时带有一个负号

计算比重

- 读取液体的温度
- 使用本手册背面的表格查找密度 $\rho(fl)$, 该密度对应于您正使用的液体的温度
- 使用下列公式计算比重:

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

$W(a)$ 和 G 的单位为克; $\rho(fl)$ 的单位为克/立方厘米; $G = W(a) - W(fl)$

¹⁾ 如果您在执行此操作时从测量设备上拆下盘挂钩组件,确保重新浸入时该组件上面没有其他气泡;最好使用镊子或相似工具将样品直接放在盘上。

测定密度低于 1 克/立方厘米的固体的比重

有两种不同的方法可用于测定密度低于 1 克/立方厘米的固体的比重。

方法 1:

在该方法中，仍然使用蒸馏水作为产生浮力的液体，但是浸入样品时用滤网来取代盘挂钩组件。

要测定样品的浮力，让其浮在水面，然后使用滤网浸入。也可以使用镊子或相似工具将样品直接置于滤网下面（无需从支架上拆下滤网）。

如果要测量的物质浮力太大，滤网的重量不足以浸入样品，则可以通过在支架的上盘上添加额外重量来增加滤网的重量。

方法 2:

（在该方法中，使用样品托盘）在此，使用其密度低于待测定比重固体密度的液体来产生浮力。我们使用乙醇（密度最大约为 0.8 克/立方厘米）进行测量时，获得了较为良好的结果。

可以在“补充资料”的表格中找到乙醇的密度 ρ (f)（参照其温度）。

液体表面张力对结果的负面影响在使用乙醇时没有使用蒸馏水时那么明显。因此，不需要添加表面活性剂。

使用乙醇时，务必采取有效的安全防护措施。

如果固体的密度与蒸馏水的密度相差甚微，请使用方法 2。由于样品悬浮在水中，如果使用第一种方法，则可能会出现测量误差。

在测定颗粒物质的比重时使用第二种方法也比较理想，因为如果使用第一种方法，可能很难根据需要将整个样品置于滤网下面。

如果乙醇会腐蚀或溶解样品，请不要使用乙醇。

准备（仅适用于方法 1）

（本描述使用蒸馏水。）

- 将大直径烧杯（Ø90毫米）对准金属平台中心
- 加注蒸馏水，使蒸馏水水位大约处在烧杯边缘之下 5 毫米
- 将三滴表面活性剂添加到蒸馏水中
- 使用保持器夹将温度计固定到烧杯边缘
- 使用溶剂清洁滤网（特别是将被浸入的连接线）并将其悬挂在支架上

计算比重

- 读取液体的温度
- 使用本手册背面的表格，查找与蒸馏水测量温度相关的密度 ρ (fl)
- 使用下列公式计算比重：

$$\rho = \frac{W(a) \cdot \rho(fl)}{\text{修正 } G} + 0.0012 \text{ 克/立方厘米}$$

$W(a)$ 和 G 的单位为克； $\rho(fl)$ 的单位为克/立方厘米； $G = W(a) - W(fl)$

测量程序（仅适用于方法 1）

测定样品在大气中的重量

- 称量天平的皮重
- 将样品放在支架称重盘上并称重
- 记录重量 $W(a)$

测定浮力

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

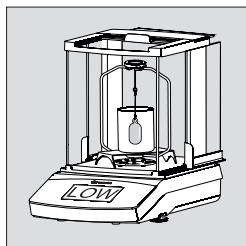
- 再次称量天平皮重（样品置于支架称重盘上）
- 将样品置于滤网下面或者使用滤网将其浸入液体表面之下¹⁾
- 记录浮力“G”，该读数显示时带有一个负号

¹⁾ 如果您在执行此操作时从测量设备上拆下盘挂钩组件，确保重新浸入液体时该组件上面没有其他气泡；最好使用镊子或相似工具将样品直接置于盘下。

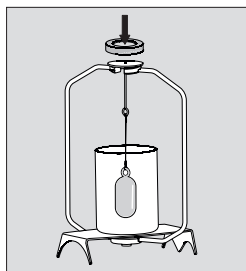
测定液体的密度

准备

- 将小直径烧杯（55 毫米 Ø）对准金属平台中心
- 使用保持器夹将温度计固定到烧杯边缘



- 若显示“LOW”，则使用平衡环。



测量程序

- 将带有玻璃锤的防风罩板（悬挂在连接线上）从支架悬吊下来
- 称量天平的皮重
- 使用待测试的液体填充烧杯，使液体液位高于玻璃锤 10 毫米

测定浮力

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

天平显示的负数重量对应于液体作用在玻璃锤上的浮力。

- 记录浮力，该读数显示时带有一个负号
- 读取温度并记录

计算密度

- 使用下列公式计算密度：

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

G 的单位为克，V 的单位为立方厘米

比重/密度测定套件中包含的玻璃锤的体积为 10 立方厘米。

求取液体的目前密度（克/立方厘米）很容易；不需要使用计算器。在心中将天平显示读数的小数点向左移动一位。

表格

H₂O 在温度 T (°C) 时的密度

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

乙醇在温度 T (°C) 时的密度

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

补充资料

本补充资料能够帮助您更好了解本手册使用的公式和公差系数是如何求值的。

基本原理

$$\text{密度} = \frac{\text{质量 (克)}}{\text{体积 (立方厘米)}}$$

阿基米德定律：

浸在液体里的固体受到向上的浮力 (G) 的作用。浮力的大小等于被该固体排开的液体的重力。浸入固体的体积 V 等于被排开的液体的体积 V (fl)。

测定下列数值：

- 1. 样品在大气中的重量：W (a)
- 2. 固体在液体中的浮力：G

固体的比重：

$$\rho = \frac{\text{样品质量}}{\text{样品体积}} = \frac{W (a)}{V (s)} = \frac{W (a)}{V (fl)}$$

如果排开液体的密度 ρ (fl) 已知，则

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

因此：

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

计算

固体的比重可通过比率

$$\rho \text{ 计算: } W (a) = \rho (fl) : W (a) - W (fl),$$

其中：

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

$$W (a) - W (fl) = G = \text{样品的浮力}$$

从玻璃锤的浮力测定液体的密度，其中玻璃锤的体积已定

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

其中：

ρ = 固体的比重

ρ (fl) = 液体的密度

W (a) = 固体在大气中的重量

W (fl) = 固体在液体中的重量

G = 玻璃锤的浮力

V = 固体的体积

与 Entris 型号一起使用时修正

测定固体的比重时，必须考虑到下列条件：

- 影响在大气中称量样品重量的大气浮力

其中 $\rho(a) = 0.0012$ 克/立方厘米 = 标准条件（温度 20°C，压力 101.325 kPa）下的大气密度；产生下列等式：

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

- 样品托盘或滤网的连接线的浸入

使用该比重测定套件时，必须将浮力 $G = [W(a) - W(fl)]$ 乘以修正系数（修正）。

高级公式：

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

该系数考虑到样品处于样品托盘中时浸入更深的连接线的浮力。

推导公差系数的方法：

浸入连接线产生的浮力取决于浸入样品时液体上升的高度“h”。

在此，样品体积 $V(pr)$ 对应于液体体积 $V(fl)$ 。样品体积通过测量浮力来确定。因此：

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

或

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

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

浸入连接线产生的浮力“A”是：

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

当使用“h”时：

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

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

要考虑连接线的浮力，从确定的样品浮力中减去浸入连接线产生的浮力“A”： $G = W(a) - W(f)$ 。则计算中使用的修正浮力“A(修正)”是： $G - “A”$

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

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

在测定固体的比重时，本比重测定套件使用大体积烧杯（90 毫米 Ø）以及带有 2 根连接线（0.7 毫米直径）的浸入设备。

将数值 $d = 0.7$ 毫米、 $D = 90$ 毫米插入公式，得出修正系数：

$$1 - 2 \cdot \frac{0.7^2}{90^2} = \mathbf{0.99988}$$

使用其他尺寸的设备时，必须重新计算修正系数。

Sartorius Weighing Technology GmbH
Weender Landstrasse 94–108
37075 Goettingen, Germany

Phone +49.551.308.0
Fax +49.551.308.3289
www.sartorius.com

Sartorius Scientific Instruments (Beijing) Co.,
Ltd.No. 33 Yu An Road,
Shunyi District, Zone B,
Tianzhu Airport Industry Park,
101300 Beijing, P.R. China
Phone +86.10.8042.6300
Fax +86.10.8042.6551
www.sartorius.com.cn

Copyright by Sartorius, Goettingen, Germany.
All rights reserved. No part of this publication
may be reprinted or translated in any form
or by any means without the prior written
permission of Sartorius.

The status of the information, specifications
and illustrations in this manual is indicated
by the date given below.

Sartorius reserves the right to make changes
to the technology, features, specifications and
design of the equipment without notice.

Status:

January 2015,
Sartorius Weighing Technology GmbH,
Goettingen, Germany