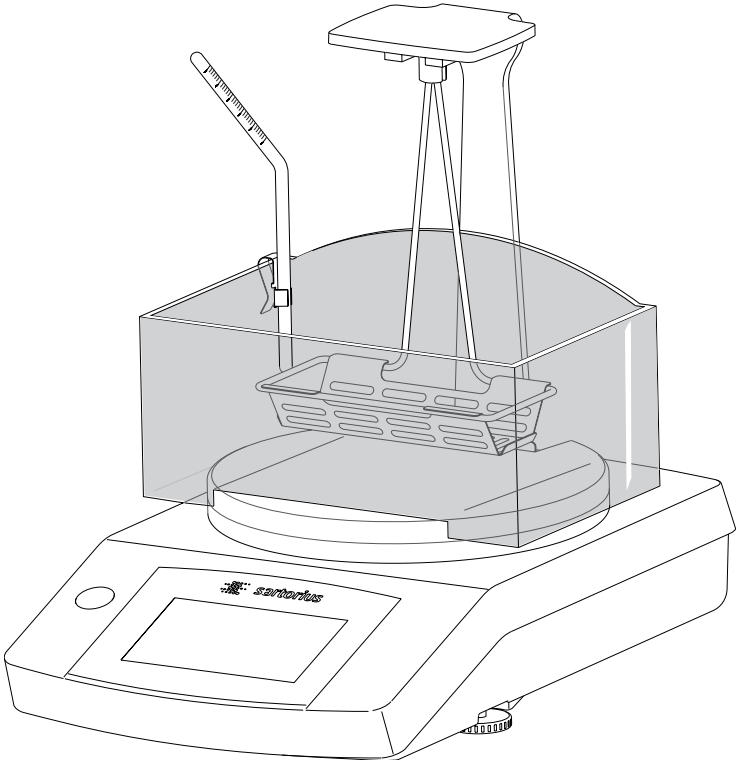
**User's Manual | Betriebsanleitung | Mode d'emploi | Instrucciones de funcionamiento | 操作指南**

# Sartorius YDK04

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




98648-019-55

**English – page 3**

**Deutsch – Seite 17**

**Français – page 31**

**Español – página 45**

**中文 – 第 59 页**

# Contents

**Kit Components** . . . . . 5

**Getting Started** . . . . . 6

**Method Used to Determine Density** . . . . . 8

**Sources of Error and Options for Correction** . . . . . 9

**Density Determination** . . . . . 12
– of Solid Objects . . . . . 12

**Tables** . . . . . 13
Density Values of $H_2O$ . . . . . 13
Density Values of Ethanol . . . . . 14

**Appendix** . . . . . 15

The new Sartorius Density Determination Kit is a high-quality accessory to your electronic balance.

With this accessory, Sartorius is making your daily work easier.

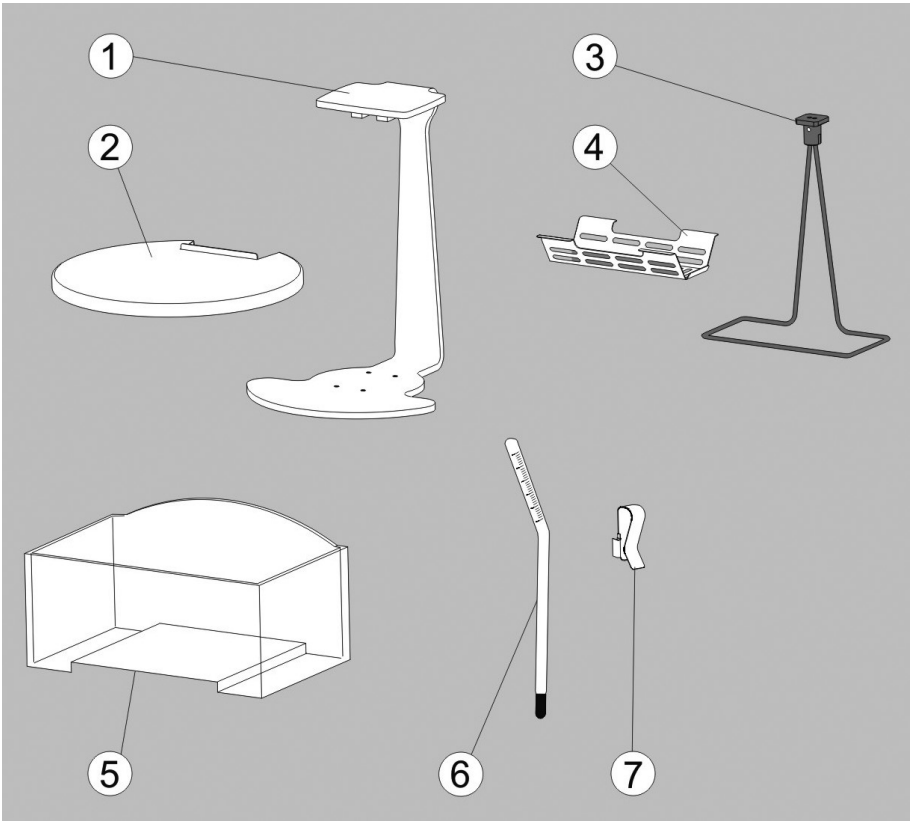
Please read through the set-up and user's manual carefully before setting up the balance and starting your work with the density determination kit.

**If you equip your balance with a density determination program, the program will then determine the density for you.**

**In this particular case, please refer exclusively to the set-up guide and work instructions.**

The density determination should then be carried out as described in the instructions for the density determination program.

# Kit Components




**1** Beam

**2** Cover plate

**3** Immersion frame

**4** Sample holder (pan hanger assembly)

**5** Container

**6** Thermometer

**7** Fastening clamp

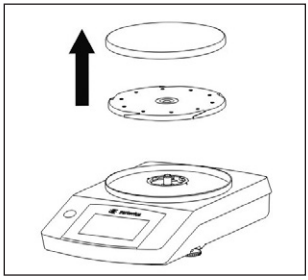
# Getting Started

The YDK04 density determination kit can be used with the following balances:

- Secura®
  Type 1102, 2102, 3102, 5102
- Quintix®
  Type 612, 1102, 2102, 3102, 5102
- Practum®
  Type 612, 1102, 2102

**Preparing the Balance**

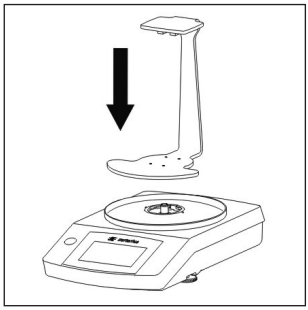
Before placing the beam on the balance, the balance will need to be modified.



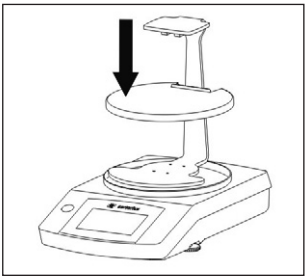
▶ Remove the weighing pan and pan support for the balance.

**Installing the Density Determination Kit**

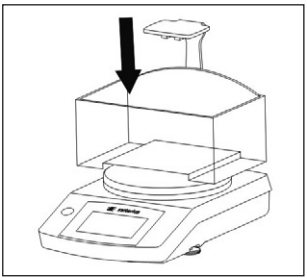
To install the density determination kit on the balance, proceed as follows:



▶ Mount the beam on the stud of the balance.

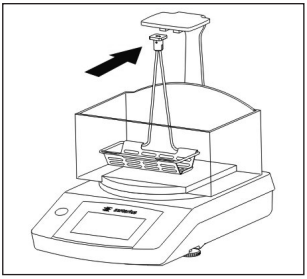


▶ Mount the cover plate on the beam you have just attached.
When doing this, ensure the cover plate is exactly positioned and centered.

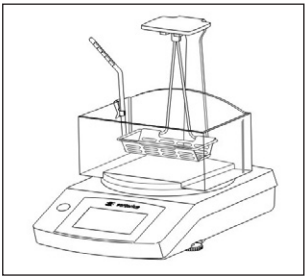


▶ Fill the container with liquid (e.g. water or ethanol) and place the container on the mounted cover plate.

▶ Insert the sample holder (pan hanger assembly) into the immersion frame.



▶ Attach the immersion frame, with the sample holder mounted on it, to the beam.
Make sure that the sample holder is fully immersed in the liquid. Add more liquid if necessary.
When immersing the sample holder, make sure that there are no air bubbles in the sample holder.



▶ Use the fastening clamp to fasten the thermometer to the container (where this is required).

# Method Used to Determine Density

To determine the density of a solid object, the measurement system employed here uses the “Archimedes’ principle”:

An object immersed in liquid will be subject to an upward buoyant force. This force is equal to the weight of the liquid displaced by the object.

Using a hydrostatic balance, which enables you to weigh the solid object in air and in water, it is possible to determine the **density of a solid object**, if the density of the buoyancy medium is known:

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

Where:

| | |
|---|---|
| $\rho$ | = the density of the solid object |
| $\rho$ (fl) | = the density of the liquid |
| W (a) | = the weight of the solid object in air |
| W (fl) | = the weight of the solid object in liquid |

# Sources of Error and Options for Correction

The above formula to determine the density of solid objects is sufficiently accurate for determining the density to two decimal places depending on samples volume. This density kit is designed for determining density of 10 g – 2 kg weight of samples.

Depending on the accuracy required, the following error and correction factors will need to be considered:
- effect of temperature on the density of the bouyancy liquid
- air bouyancy when weighing in air
- changes in the immersion depth of the immersion frame when immersing the sample
- adhesion of the liquid to the immersion frame
- air bubbles sticking to the sample.

Some of the errors can be corrected mathematically. To do this, you have to:
- measure the temperature of the liquid and correct the liquid density accordingly.

**Effect of Temperature on the Liquid Density**
The density of the buoyancy liquid is temperature dependent. The density change per °C temperature change is of the order 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 density determination.

To correct the liquid density based on temperature, proceed as follows:
- measure the temperature of the liquid using the thermometer supplied.
- the density of the most common buoyancy liquids, water and ethanol, at the measured temperature can then be found in the table provided and used for $\rho$ (fl).

**Air Buoyancy**
Depending on the temperature, humidity and air pressure, a 1 $cm^3$ volume of air will have a weight of around 1.2 mg. When weighing in air, the object experiences a corresponding buoyancy per $cm^3$ 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 buoyancy force is taken into account in the following formula:

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

Where $\rho\,(a) = 0.0012\ g/cm^3$ = density of air under normal conditions (temperature 20°C, pressure 101.325 kPa).

**Immersion Depth**
The sample holder to collect and/or immerse the sample during the weighing in liquid is fastened rigidly to two wires and plunges about 30 mm deep into the liquid. Since the balance is tared prior to each measurement, the additional buoyancy from the submerged part of the measurement setup is not factored into the determination of the density.

When weighing in liquid, a volume of liquid corresponding to the volume of the sample body gets displaced.
This causes the fastening wires on the pan to plunge deeper and generate additional buoyancy, creating an error in the density determination.

The following formula will correct the error:

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

**Adhesion of the Liquid to the Wire**
When immersing the **sample holder** in the buoyancy liquid, liquid creeps up the wire because of adhesion forces and creates a few additional milligrams of weight.

Since the **sample holder** is in the buoyancy medium both when weighing in air and when weighing in liquid, and the balance is tared at the beginning of each measurement, the influence of the liquid meniscus can be ignored.

In order to reduce the surface tension and the friction of the liquid on the wire, around three drops of a surfactant (Mirasol Antistatic or a conventional detergent) are added to the vessel's distilled water contents.

With the buoyancy liquid creeping up the wire, the weight value may still slowly change after the "g" has appeared.

For this reason, the weight value should be read as soon as the "g" appears.

**Air Bubbles**
The measurement errors which occur as a result of air bubbles sticking to the sample can be evaluated as follows: If the air bubble has a diameter of 0.5 mm, this will produce an additional buoyancy of less than 0.1 mg when weighing in water. If the air bubble has a diameter of 1 mm, the additional buoyancy will be around 0.5 mg, and if the diameter is around 2 mm, roughly 4.2 mg. It is therefore imperative that larger air bubbles are taken off with a fine brush or similar.

Moisture can also be added in advance in a separate container.

# Density Determination

### Determining Density of Solid Objects

**Preparation**
(the description uses distilled water)
- Align the container in the center of the base plate; the beam acts as the stopper at the back.
- Fill with distilled water up to approx. 5 mm below the edge.
- Add three drops of surfactant to the distilled water.
- Use the clamp to fasten the thermometer to the edge of the beaker.
- Clean the sample holder with solvent (paying particular attention to the immersed wires) and hook on to the beam.

**Measurement Procedure**

**Determining the Sample Weight in Air**
- Tare the balance.
- Place the sample on the beam weighing pan and weigh it.
- Make a note of the weight value W (a).

**Determining the Buoyancy**
**G = W (a) – W (fl)**
- Tare the balance with the sample on the beam.
- Lay the sample in the sample holder[1]).
- Make a note of the absolute value of buoyancy G, with a minus sign in front.

**Calculating the Density**
- Read off the temperature.
- Locate the density value ρ (fl) in the table using the temperature you have read off.
- Calculate the density using the following formula:

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

W (a) and G in g; ρ (fl) in g/cm³
G = W (a) – W (fl)

[1]) (If you have to remove the sample holder from the measurement equipment to do this, make sure that no additional air bubbles become attached upon re-immersion in the liquid; it is better to add the sample directly with forceps or similar.)

# Tables

## Density Values of $H_2O$ 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 Values 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 |

# Appendix

To gain a better understanding of the process, the theory behind the formulas and the correction factor is explained here.

**Basic Principles**

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

The Archimedes' principle states:
An object immersed in liquid will be subject to a buoyant force (G). This force is equal to the weight of the liquid displaced by the object.
The volume of the immersed object V (k) is equal to the volume of the displaced liquid V (fl).

The following are determined:
1. Weight in air W (a)
2. Buoyancy of the object in the liquid (G)

The density of an object is:

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

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

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

Thus:

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

**Calculation**
The density of a solid object is calculated based on the ratio
$\rho : W\,(a) = \rho\,(fl) : W\,(a) - W\,(fl)$
Thus:

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

$W\,(a) - W\,(fl) = G$ = buoyancy of the sample

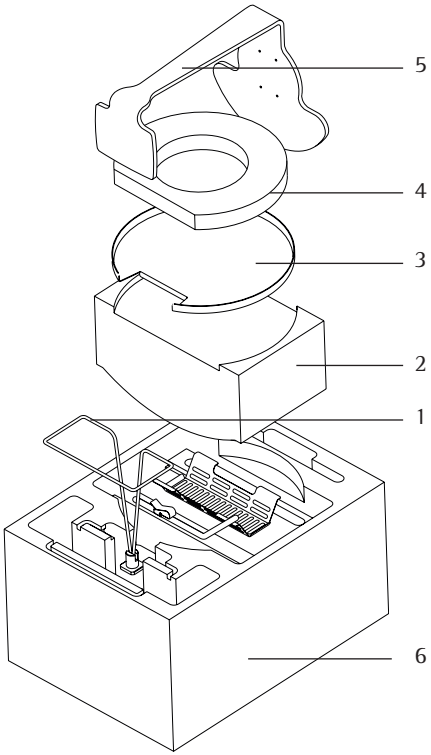
Where:

| | |
|---|---|
| ρ | = the density of the solid object |
| ρ (fl) | = the density of the liquid |
| W (a) | = the weight of the solid object in air |
| W (fl) | = the weight of the solid object in liquid |

# Packing the Density Determination Kit for Shipping

To pack the density determination kit for shipping, proceed as follows:

**Make sure to place the container and cover plate in the inner foam piece exactly as shown in the illustration. Otherwise you will not be able to place the density determination kit in its correct position in the carrying case.**




- ▶ Insert the immersion frame (1) the inner foam piece (6).
- ▶ Insert the container (2) into the inner foam piece (6).
- ▶ Put the cover plate (3) on the container.
- ▶ Lay the round cushion (4) on the cover plate.
- ▶ Insert the beam (5) over the round cushion into the inner foam piece from above.

# Inhalt

**Die Bestandteile** . . . . . 19

**Inbetriebnahme** . . . . . 20

**Verfahren zur Dichtebestimmung** . . . . . 22

**Fehlerquellen und Korrekturmöglichkeiten** . . . . . 23

**Dichtebestimmung** . . . . . 26
– von Festkörpern . . . . . 26

**Tabellen** . . . . . 27
Dichtewerte von $H_2O$ . . . . . 27
Dichtewerte von Ethanol . . . . . 28

**Anhang** . . . . . 29

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

Sartorius erleichtert Ihnen mit diesem Zubehör die tägliche Arbeit.

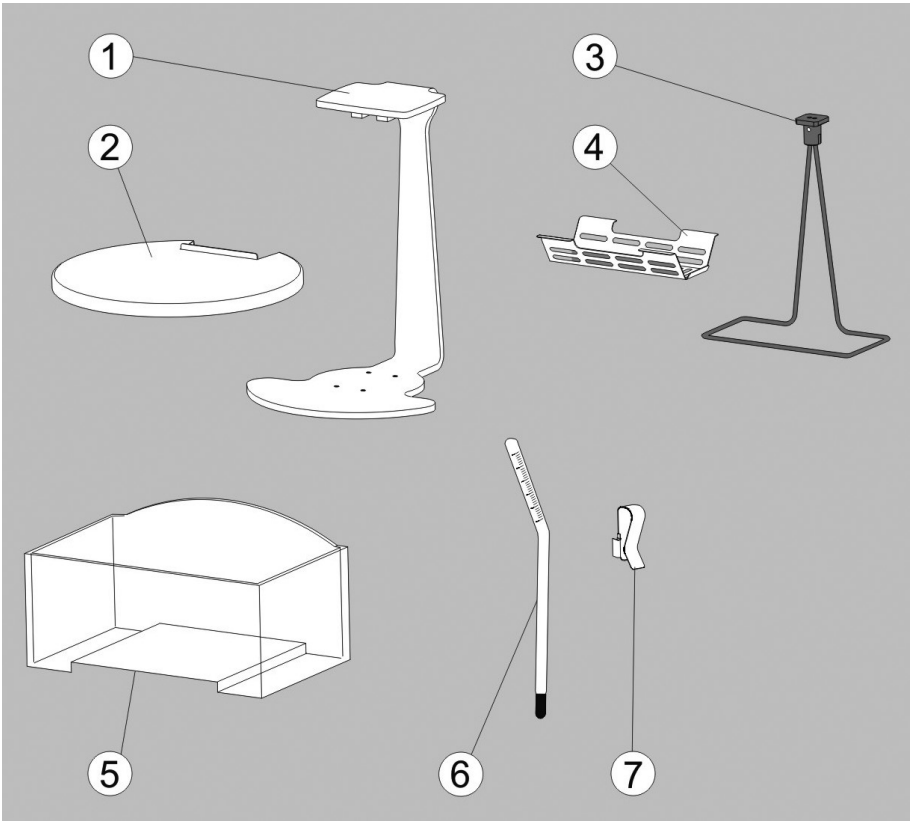
Bitte lesen Sie die Aufstellungs- und Betriebsanleitung aufmerksam durch, bevor Sie mit dem Einrichten der Waage und der Arbeit mit dem Dichtebestimmungsset beginnen.

**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

**2** Abdeckblech

**3** Tauchbügel

**4** Tauchkorb

**5** Behälter

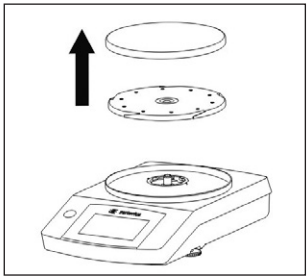
**6** Thermometer

**7** Befestigungsklemme

# Inbetriebnahme

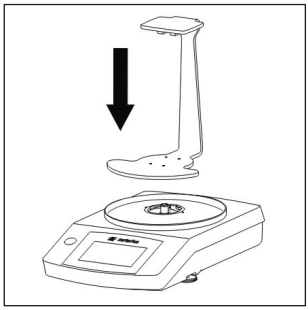
Das Dichtebestimmungsset YDK04 kann mit folgenden Waagen verwendet werden:
- Secura®
  Typ 1102, 2102, 3102, 5102
- Quintix®,
  Typ 612, 1102, 2102, 3102, 5102
- Practum®
  Typ 612, 1102, 2102

**Waage vorbereiten**
Bevor das Gestell auf die Waage aufgesetzt wird, muss die Waage modifiziert werden.

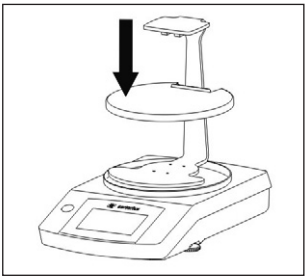


▶ Demontieren Sie die zur Waage gehörenden Waagschale und Unterschale.

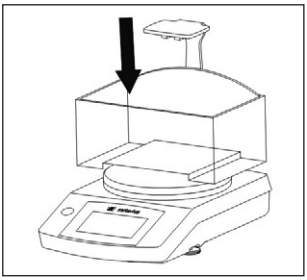
**Dichtebestimmungsset installieren**
Gehen Sie bei der Installation des Dichtebestimmungssets auf der Waage wie folgt vor:



▶ Montieren Sie das Gestell auf dem Zapfen der Waage.

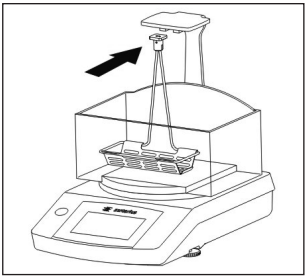


▶ Montieren Sie die Abdeckblech auf dem zuvor angebrachten Gestell.
Achten Sie dabei auf exakte Positionierung und Zentrierung.

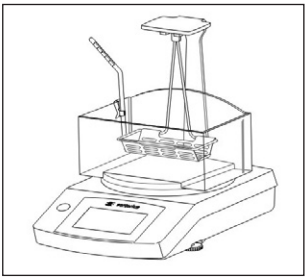


▶ Füllen Sie den Behälter mit der Flüssigkeit (z.B. Wasser oder Ethanol) und setzen Sie den Behälter auf die montierte Abdeckblech.

▶ Setzen Sie den Tauchkorb in den Tauchbügel ein.



▶ Hängen Sie den Tauchbügel mit montiertem Tauchkorb an das Gestell.
Achten Sie dabei darauf, dass der Tauchkorb komplett in er Flüssigkeit eintaucht. Füllen Sie ggf. Flüssigkeit nach.
Achten Sie beim Eintauchen des Tauchkorbes darauf, dass sich keine Luftblasen am Tauchkorb befinden.



▶ Befestigen Sie das Thermometer mit der Befestigungsklemme am Behälter (bei Bedarf).

# 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:

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

Dabei ist:

| | |
|---|---|
| $\rho$ | = 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 |

# Fehlerquellen und Korrekturmöglichkeiten

Die o.g. Formel zur Dichtebestimmung von Festkörpern ist für eine Bestimmung mit einer Genauigkeit von zwei Nachkommastellen je nach Probenvolumen ausreichend. Dieses Dichtebestimmungs-Set ist für die Bestimmung der Dichte mit einem Probengewicht von 10 g bis 2 kg entwickelt.

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 Aufhängedraht 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.

**Temperaturabhängigkeit der Flüssigkeitsdichte**

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

- 0,02% für destilliertes Wasser
- 0,1% für Alkohole und Kohlenwasserstoffe, kann also in der 3. Nachkommastelle bei der Dichtebestimmung in Erscheinung treten.

Um die Flüssigkeitsdichte bzgl. der Temperatur 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 $\rho$ (fl) eingesetzt.

**Luftauftrieb**
Ein Volumen von 1 $cm^3$ 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 $cm^3$ 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 $\rho\,(a) = 0{,}0012\ g/cm^3$ = Dichte der Luft unter Normalbedingungen (Temperatur 20°C, Druck 101,325 kPa).

**Eintauchtiefe**
Der Tauchkorb 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:

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

**Adhäsion der Flüssigkeit am Draht**
Beim Eintauchen des **Tauchkorbes** 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** 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)
- Gefäß mittig auf dem Bodenblech ausrichten, als Anschlag nach hinten dient das Gestell
- 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 legen[1])
- den Absolutwert des, mit negativem Vorzeichen angezeigten, Auftriebs G notieren

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

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

W (a) und G in g; ρ (fl) in g/cm³
G = W (a) – W (fl)

[1]) (wird dazu der Tauchkorb 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)

# Tabellen

## Dichtewerte von $H_2O$ 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:

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

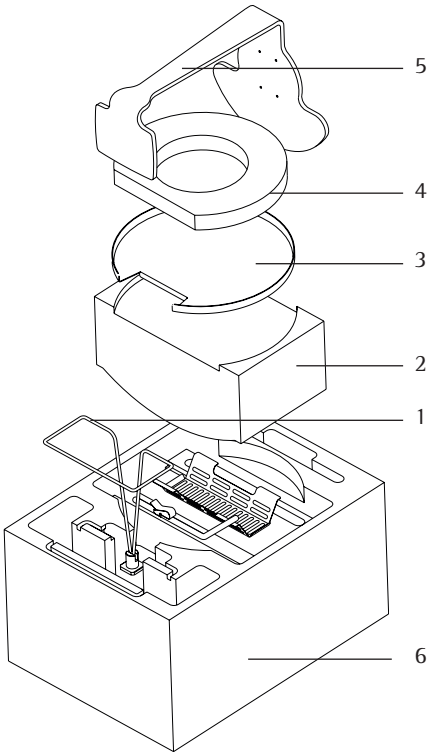
$W\,(a) - W\,(fl) = G$ = Auftrieb der Probe

Dabei ist:
$\rho$ = 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

# Dichtebestimmungsset einpacken für den Versand

Gehen sie beim Einpacken des Dichtebetimmungssets wie folgt vor:

**Beachten Sie das Behälter und Abdeckblech genau so in dem inneren Schaufstoffteil plaziert werden müssen, wie in der Abbildung dargstellt. Anderenfalls kann das Dichte-bestimmungsset nicht korrekt im Transportkoffer plaziert werden!**




- ▶ Setzen Sie den Tauchbügel (1) in das innere Schaumstoffteil (6)
- ▶ Setzen Sie den Behälter (2) in das innere Schaumstoffteil (6)
- ▶ Setzen Sie das Abdeckbleck (3) und auf den Behälter.
- ▶ Legen Sie das runde Polster (4) auf das Abdeckblech.
- ▶ Setzen Sie das Gestell (5) von oben über das runde Polster in das innere Schaum-stoffteil.

# Sommaire

**Les composants** . . . . . 33
**Mise en service** . . . . . 34

**Méthodes de détermination de la masse volumique** . . . . . 36

**Sources d'erreur et possibilités de correction** . . . . . 37

**Détermination de la masse volumique** . . . . . 40
– de solides . . . . . 40

**Tables** . . . . . 41
Valeurs des masses volumiques de $H_2O$ . . . . . 41
Valeurs des masses volumiques de l'éthanol . . . . . 42

**Annexe** . . . . . 43

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 vos tâches quotidiennes.

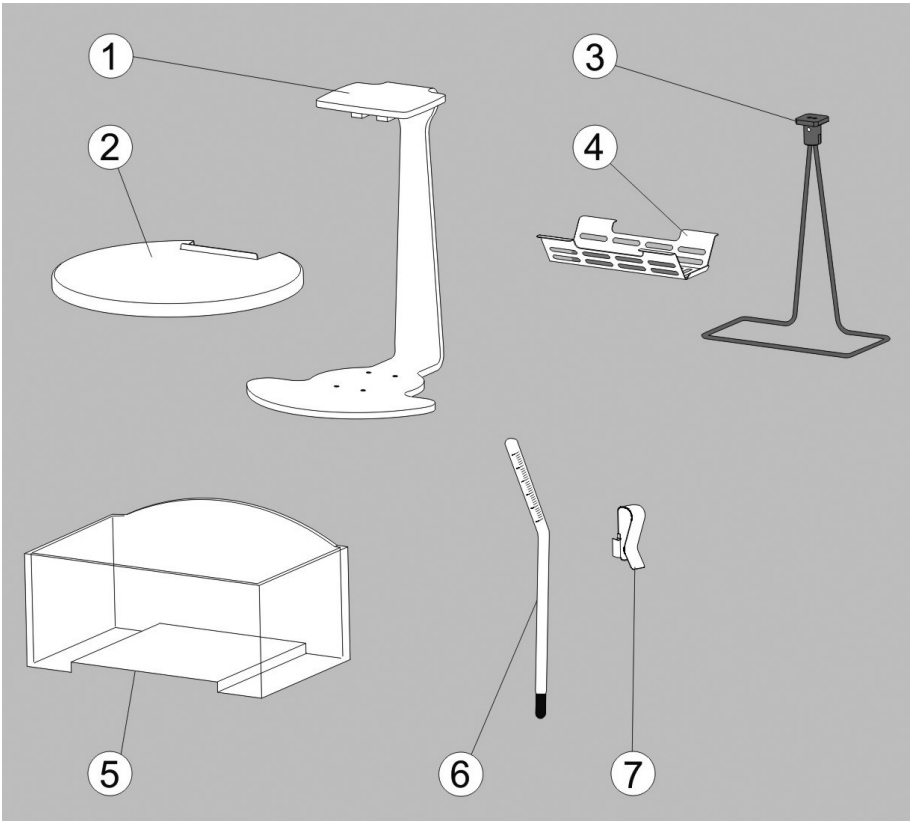
Veuillez lire attentivement les instructions de montage et d'utilisation avant d'installer le dispositif de détermination de masses volumiques et de commencer les essais.

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

**Dans ce cas, référez-vous uniquement au guide de configuration et aux 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

**2** Plaque métallique

**3** Support d'échantillon

**4** Tamis pour immerger des échantillons

**5** Plongeur en verre

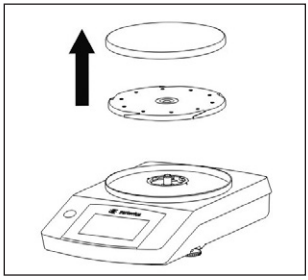
**6** Thermomètre

**7** Clip de fixation

# Mise en service

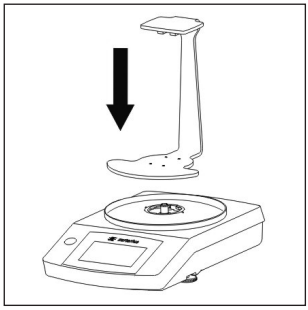
Le dispositif de détermination de la masse volumique YDK04 peut être utilisé avec les balances suivantes :
- Secura®
  type 1102, 2102, 3102, 5102
- Quintix®
  type 612, 1102, 2102, 3102, 5102
- Practum®
  type 612, 1102, 2102

**Préparation de la structure de balance**
Il faut modifier la balance avant de placer la structure sur celle-ci.

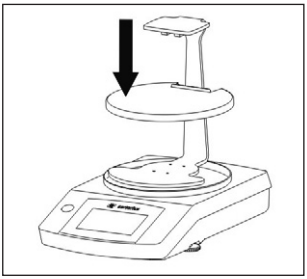


▶ Retirez le plateau de pesée et le support de plateau de la balance.

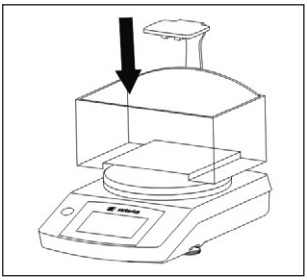
**Installation du kit de détermination de la masse volumique**
Procédez comme suit pour installer le kit de détermination de la masse volumique :



▶ Montez la structure sur le tourillon de la balance.

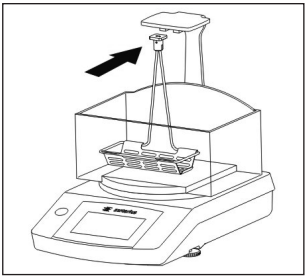


▶ Montez la plaque de protection sur la structure que vous venez de fixer.
Ce faisant, assurez-vous que la plaque de protection est parfaitement positionnée et centrée.

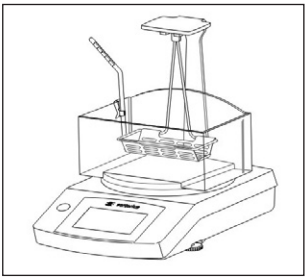


▶ Remplissez le récipient de liquide (ex. eau ou éthanol) et placez-le sur la plaque de protection montée.

▶ Insérez le support d'échantillon (dispositif de suspension) dans le panier.



▶ Fixez le panier avec le support d'échantillon monté dessus sur la structure.
Assurez-vous que le support d'échantillon est complètement immergé dans le liquide. Au besoin, ajoutez du liquide.
Lorsque vous immergez le support d'échantillon, assurez-vous de l'absence de bulles d'air dans le support d'échantillon.



▶ Utilisez la pince de serrage pour serrer le thermomètre sur le récipient (le cas échéant).

# 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 :

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

avec :

| | |
|---|---|
| $\rho$ | = 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 |

# Sources d'erreurs et possibilités de correction

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, selon le volume d'échantillon. Ce kit est conçu pour déterminer la masse volumique d'échantillons pesant entre 10 g et 2 kg.

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,
- la variation de profondeur d'immersion du panier lors de l'immersion de l'échantillon,
- la tension superficielle du liquide sur le panier,
- les bulles d'air sur l'échantillon.

Quelques-unes de ces erreurs peuvent être corrigées par calcul.
Pour cela, procédez comme suit :
- mesurez la température du liquide de référence et corrigez sa masse volumique en tenant compte de ce critère

**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 $\rho$ (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 influer 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 g/cm3 = 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 :

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

**Tension superficielle sur le support**
Quand le **support d'échantillon** 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** 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)
- Alignez le récipient au centre du plateau.
  La structure sert de butée à l'arrière.
- Remplissez-le avec de l'eau distillée jusqu'à environ 5 mm du bord.
- Ajoutez trois gouttes de tensio-actif dans l'eau distillée.
- Fixez le thermomètre sur le bord du bécher avec le clip de fixation métallique.
- Nettoyez le support d'échantillon avec un solvant (en particulier les tiges qui seront immergées) et suspendez-le à la structure.

**Déroulement de la mesure**

**Détermination du poids de l'échantillon dans l'air**
- Tarez la balance.
- Placez l'échantillon sur le plateau supérieur de la structure et peser.
- Enregistrez le poids W (a).

**Détermination de la poussée hydrostatique G = W (a) – W (fl)**
- Tarez la balance avec l'échantillon sur le plateau supérieur de la structure.
- Placez ensuite l'échantillon dans le support d'échantillon [1]).
- Enregistrez la valeur absolue de la poussée hydrostatique «G» affichée avec un signe négatif.

**Calcul de la masse volumique**
- Relevez 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.
- Calculez la masse volumique en appliquant la formule suivante :

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

W (a) et G sont exprimés en grammes ;
ρ (fl) en g/cm³
G = W (a) – W (fl)

[1]) Si le support d'échantillon doit être retiré de l'équipement de mesure, s'assurer qu'aucune nouvelle bulle d'air ne vienne s'ajouter après l'immersion. Il est préférable de placer l'échantillon directement, au moyen de pincettes ou autres.)

# Tables

## Masses volumiques de $H_2O$ 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 $\rho$ (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 :

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

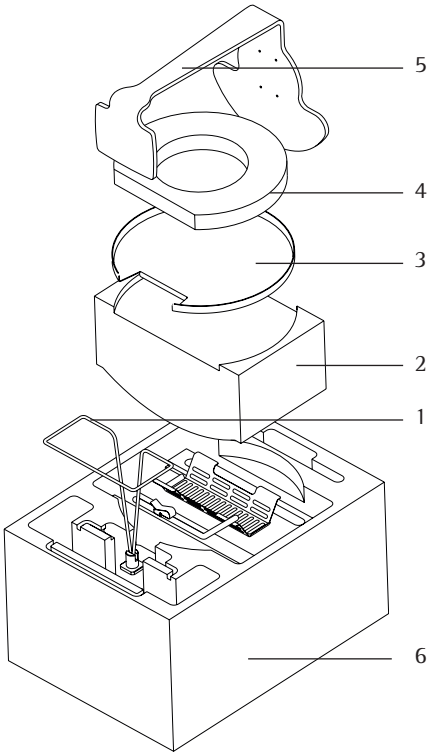
W (a) – W (fl) = G = poussée hydrostatique sur l'échantillon.

avec :
$\rho$ = 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

# Emballage du kit de détermination de la masse volumique pour expédition

Pour emballer le kit de détermination de la masse volumique en vue de l'expédier, procédez comme suit :

**Assurez-vous de placer le récipient et la plaque de protection dans la partie en mousse précisément comme indiqué sur l'illustration. Dans le cas contraire, vous n'arriverez pas à installer le kit correctement dans la boîte de transport.**




- ▶ Insérez le support d'immersion en acier (1) dans la partie en mousse (6).
- ▶ Insérez le récipient (2) dans la partie en mousse (6).
- ▶ Placez la plaque de protection (3) sur le récipient.
- ▶ Posez le coussin rond (4) sur la plaque de protection.
- ▶ Insérez la structure (5) sur le coussin rond dans la partie en mousse par le dessus.

# Contenido

**Los componentes** . . . . . 47

**Puesta en funcionamiento** . . . . . 48

**Método para la determinación de la densidad** . . . . . 50

**Fuentes de error y posibilidades de corrección** . . . . 51

**Determinación de la densidad** . . . . . 54
– De cuerpos sólidos. . . . . 54

**Tablas**. . . . . 55
Valores de densidad del $H_2O$ . . . . . 55
Valores de densidad del etanol. . . . . 56

**Anexo**. . . . . 57

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.

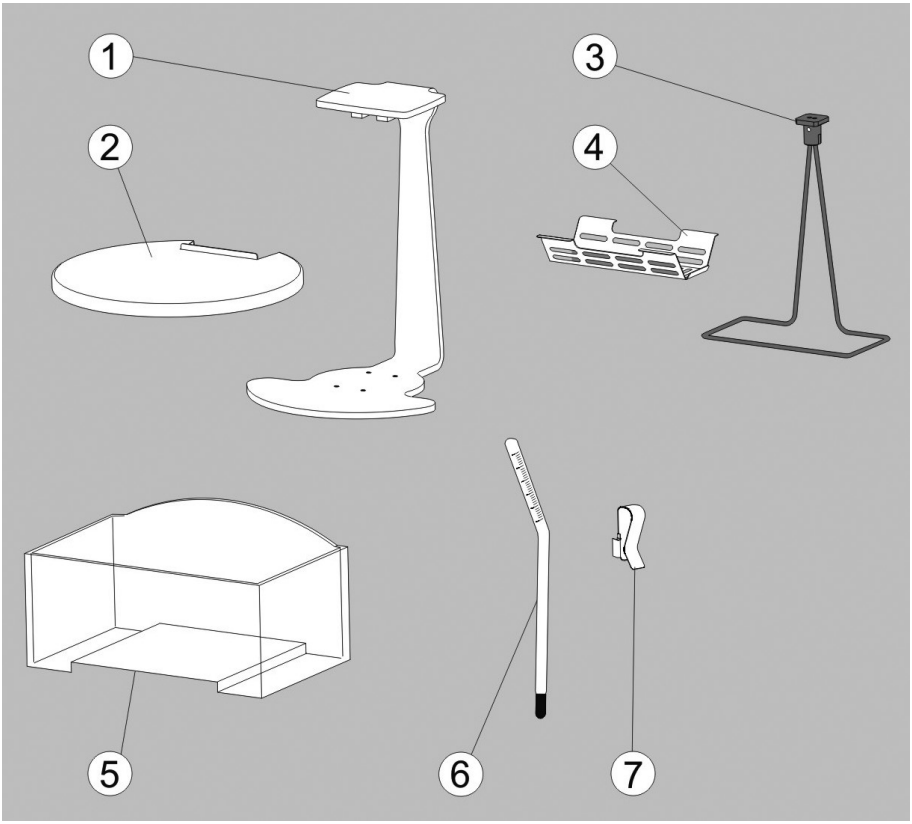
Le pedimos que lea estas instrucciones de instalación y manejo con mucha atención, antes de comenzar con la configuración de la balanza y el trabajo con el kit para la determinación de la densidad.

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

**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.

# Los componentes




**1** Soporte

**2** Placa de metal

**3** Cubierta

**4** Estribo de inmersión

**5** Cesta de inmersión

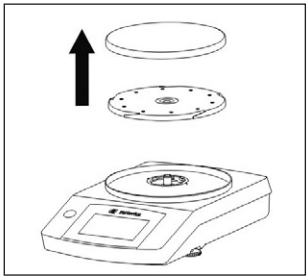
**6** Termómetro

**7** Grapa de sujeción

# Puesta en funcionamiento

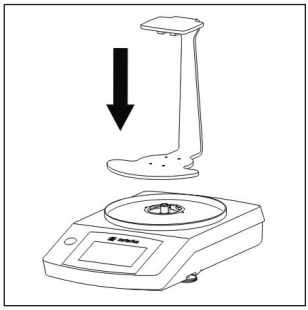
Le dispositif de détermination de la masse volumique YDK04 peut être utilisé avec les balances suivantes :
- Secura®
  tipo 1102, 2102, 3102, 5102
- Quintix®,
  tipo 612, 1102, 2102, 3102, 5102
- Practum®
  tipo 612, 1102, 2102

**Preparar la balanza**
Antes de colocar el soporte en la balanza, es necesario modificar la balanza.

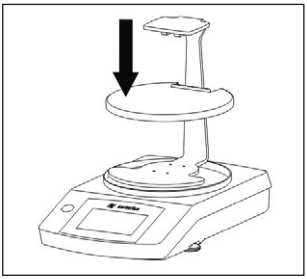


▶ Desmonte el platillo de pesaje y el platillo inferior de la correspondiente balanza.

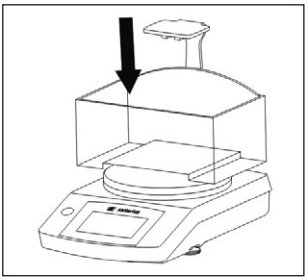
**Instalar el kit de determinación de densidad**
Para la instalación del kit debe proceder de la siguiente manera:



▶ Monte el soporte sobre el pivote de la balanza.

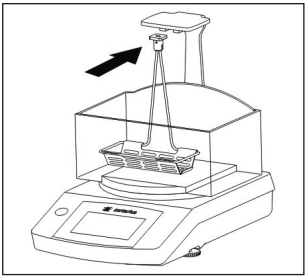


▶ Monte la cubierta en el soporte previamente colocado.
Preste atención a que quede perfectamente posicionado y centrado.

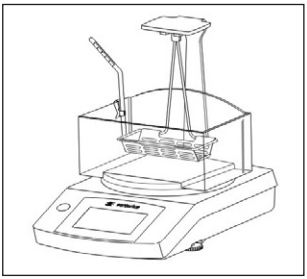


▶ Llene el recipiente con el líquido (p. ej. agua o etanol) y coloque el recipiente sobre la cubierta previamente montada.

Introduzca la cesta de inmersión en el estribo de inmersión.



▶ Enganche el estribo de inmersión con la cesta montada en el soporte.
Preste atención a que la cesta quede totalmente sumergida en el líquido. Si es necesario, rellene con más líquido.
Al sumergir la cesta debe prestar atención a que no se encuentren burbujas en la cesta.



▶ Fije el termómetro al recipiente con ayuda de la grapa de sujeción (si es necesario).

# Método 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 sumergido 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:

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

en donde:

| | |
|---|---|
| $\rho$ | = 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 |

# Fuentes de error y posibilidades de corrección

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 en función del volumen de la muestra. Este kit para la determinación de la humedad se ha desarrollado para determinar la densidad con unos pesos de muestre de 10 g hasta 2 kg.

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 de forma correspondiente.

**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 $\rho$ (fl).

**Empuje del aire**
Un volumen de 1 $cm^3$ 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 $g/cm^3$ = densidad del aire en condiciones normales (temperatura 20°C, presión 101,325 kPa).

**Profundidad de inmersión**
La cesta, 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:

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

**Adhesión del líquido en el alambre**
Al sumergirla cesta 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 la cesta 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)
- Centrar el recipiente en la chapa inferior, el soporte sirve como tope trasero
- 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 la cesta de inmersión con algún disolvente (especialm. los alambres sumegidos) 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 la cesta superior del soporte de barras
- Colocar la muestra en el platillo de inmersión[1])
- Anotar el valor absoluto del empuje indicado G con signo negativo

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

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

W (a) y G en g; ρ (fl) en g/cm³
G= W (a) – W (fl)

[1]) (para esto se retira la cesta de inmersión 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)

# Tablas

## Valores de densidad del $H_2O$ 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 |

# Anexo

Este anexo le ayudará a comprender mejor cómo se han obtenido las fórmulas y del factor de corrección.

**Principios básicos**

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

La ley de Arquímedes:
Un cuerpo sumergido 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 sumergido 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
ρ : W (a) = ρ (fl) : W (a) – W (fl),
de aquí resulta:

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

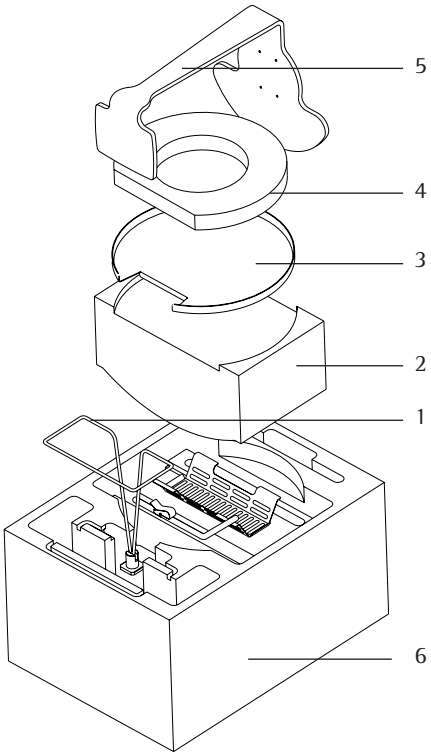
W (a) – W (fl) = G = empuje de la muestra

De donde:
ρ = la densidad del cuerpo sólido
ρ (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

# Empaquetar el dit de determinación de densidad para el transporte

Para empaquetar el kit, proceda de la siguiente manera:

**Preste atención a colocar el recipiente y la cubierta en la pieza de espuma interior tal y como se muestra en la figura. De lo contrario no podrá colocarse correctamente el kit de determinación de densidad en la maleta de transporte.**




- ▶ Introduzca el estribo de inmersión (1) en la pieza de gomaespuma interior (6)
- ▶ Introduzca el recipiente (2) en la pieza de gomaespuma interior (6)
- ▶ Coloque la cubierta (3) sobre el recipiente
- ▶ Ponga la almohadilla redonda (4) sobre la cubierta
- ▶ Introduzca el soporte (5) desde arriba sobre la almohadilla redonda en la pieza de gomaespuma interior

# 目录

套件组件 . . . . . 61

准备开始 . . . . . 62

确定密度的方法. . . . . 64

误差来源和纠正选项. . . . . 65

确定比密度 . . . . . 68
– 固体 . . . . . 68

表格. . . . . 69
$H_2O$ 的密度值. . . . . 69
乙醇的密度值 . . . . . 70

补充资料 . . . . . 71

有了新 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。

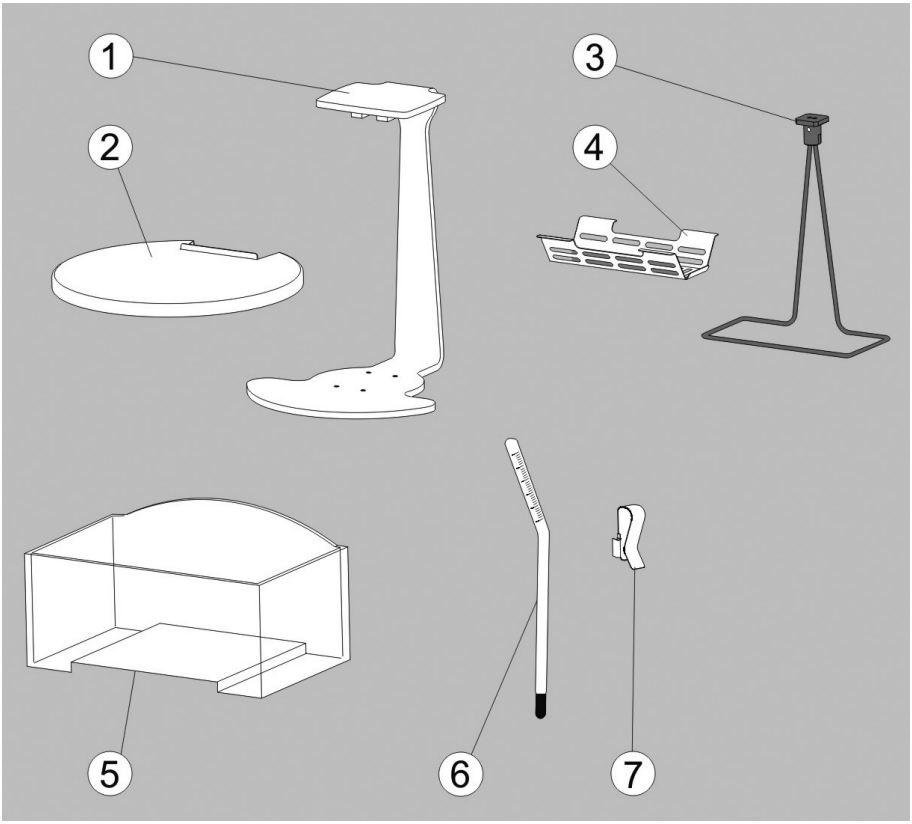
在设置您的密度测定套件并开始操作它之前，请仔细阅读本用户手册。

**如果您的天平配备有密度测定程序，您可以使用该程序测定密度值。**

**在此情况下，请仅参考设置指南和操作介绍。**

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

**2** 盖板

**3** 沉浸架

**4** 样品架

**5** 容器

**6** 温度计

**7** 固定夹

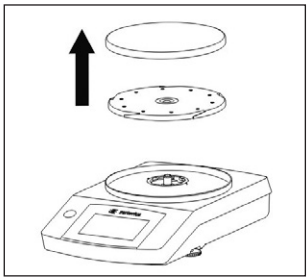
# 准备开始

YDK04 密度测定套件可用于下列天平：

- Secura® 型号1102、2102、3102、5102
- Quintix® 型号612、1101、2101、3102、5102
- Practum® 型号621、1102、2102

**准备天平**

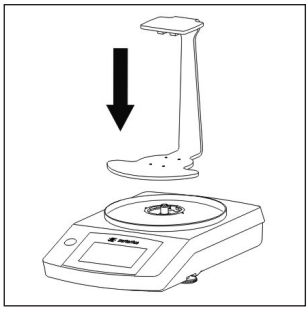
将支架放置于天平上之前，需先调好天平。



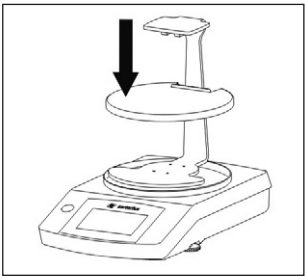
▶ 移除天平称重盘和盘支架。

**安装密度测定套件**

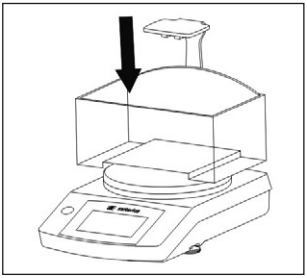
请按以下步骤安装密度测定套件：



▶ 将支架安装在天平称尖柱上。

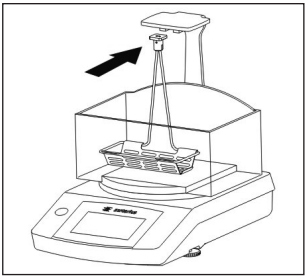


▶ 将盖板安装在刚才搭好的支架上。
此时，请确保盖板定位准确，位于中心。

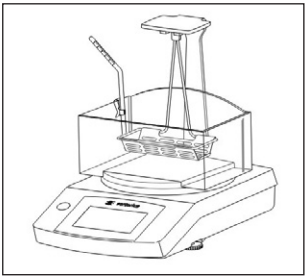


▶ 在容器中加入液体（如水或乙醇）并将容器置于安装好的盖板上。

▶ 将样品架（盘钩挂件）插入沉浸架。



▶ 将装有样品架的沉浸架与支架连接。
确保样品架完全浸入液体中。如有需要，可添加液体。沉浸样品支架时，确保样品支架中无气泡。



▶ 使用固定夹将温度计固定于容器（如需要）。

# 测定密度的方法

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，可以测定固体的密度，如果已知液体介质的密度：

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

其中：

$\rho$ = 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

# 误差来源和纠正选项

上一页中用于测定固体密度的公式足以实现两位小数点的精确度，取决于样品量。该密度测定套件设计用于测定重量为 10g-2kg 样品的密度。

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
- 在大气中称量的大气浮力
- 浸入样品时沉浸架浸入水位的变化
- 沉浸架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

**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。温度发生每摄氏度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 (fl) 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 ρ (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，密度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：

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

### 液体对连接线的粘附力

当样品架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，由于样品架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，因此可以忽视液体弯月面的影响。

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。

# 测定密度

## 测定固体密度

### 准备

（本描述使用蒸馏水）

- 将容器对准底座中心；支架在后部作为阻挡器。
- 加注蒸馏水，使蒸馏水水位大约处在边缘之下 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

- 清除天平的皮重
- 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清除天平的皮重
- 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 ρ (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：

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

W (a) 和 G 的单位为克；ρ (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。

# 表格

## $H_2O$ 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

固体的密度：

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

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
ρ 计算：W (a) = ρ (fl)：W (a) – W (fl)，
其中：

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

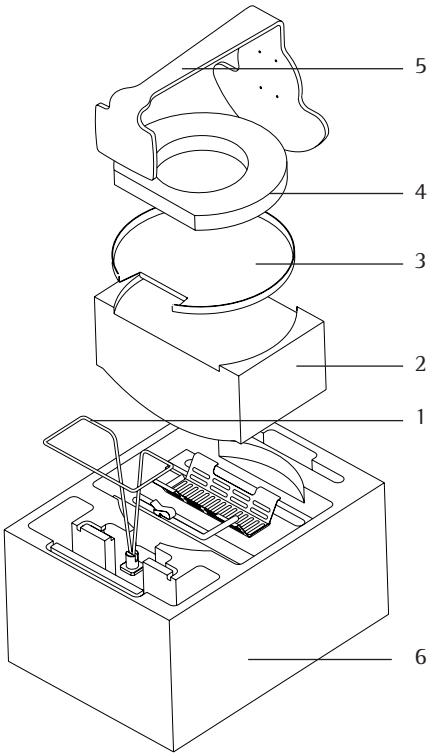
W (a) – W (fl) = G = 样品的浮力

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

# 密度测定套件的运输包装

密度测定套件的运输包装步骤如下：

务必将容器和盖板放置在内部泡沫板上，如图所示。否则您无法 将密度测定套件放置于其在运输箱内的正确位置上。




▶ 将沉浸架（1）插入内部泡沫板（6）。

▶ 将容器（ 2）插入内部泡沫板（6）。

▶ 将盖板（3）放置在容器上。

▶ 将圆垫（4）置于盖板上方。

▶ 将支架（5）置于圆垫上，从上方插入内部泡沫板。

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:
May 2013,
Sartorius Weighing Technology GmbH,
Goettingen, Germany

Printed in Germany on paper that has
been bleached without any use of chlorine
W_YDK04 · KT
Publication No.: WYD6153ck13051