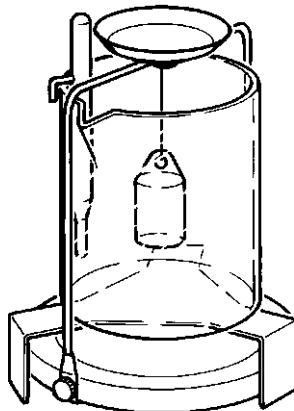


**Operating instructions**  
**Bedienungsanleitung**  
**Mode d'emploi**  
**Instrucciones de manejo**  
**Istruzioni per l'uso**

**METTLER** **TOLEDO**

**METTLER TOLEDO**  
**33360**  
**210260**



**Density determination kit**

Page 3

to determine the density of solids (33360) and liquids (33360/210260) with top-loading electronic METTLER TOLEDO balances with pan diameters of 80 and 130 mm

**Dichtebestimmungszusatz**

Seite 9

für die Dichtebestimmung von Festkörpern (33360) und Flüssigkeiten (33360/210260)  
auf oberschaligen elektronischen METTLER TOLEDO-Waagen mit Schalendurchmesser 80 und 130 mm

**Accessoires pour la détermination de la masse volumique**

Page 15

des solides (33360) et des liquides (33360/210260) à l'aide de balances  
électroniques METTLER TOLEDO à plateau supérieur ayant un diamètre de 80 et 130 mm

**Conjunto de determinación de densidades**

Página 21

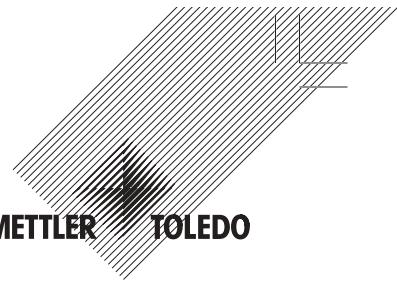
para la determinación de densidades de sólidos (33360) y de líquidos (33360/210260) sobre  
balanzas electrónicas METTLER TOLEDO de platillo elevado con diámetros de platillo de hasta 80 y 130 mm

**Kit per la determinazione della densità**

Pagina 27

di solidi (33360) e liquidi (33360/210260) con l'ausilio di bilance  
elettroniche METTLER TOLEDO con piatto di pesata superiore del diametro di 80 e 130 mm





33360  
210260

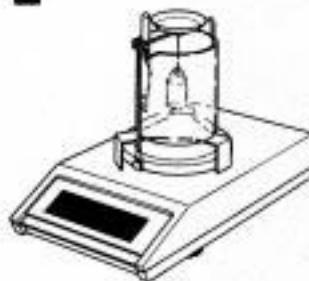
METTLER TOLEDO

Density Determination of Liquids  
Dichtebestimmung von Flüssigkeiten  
Détermination de la masse volumique de liquides  
Determinación de densidades de líquidos  
Determinazione della densità dei liquidi

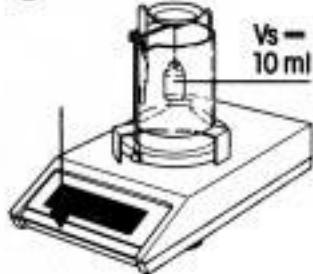
1



2



3



4



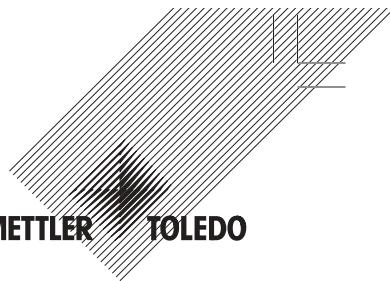
5



6

$$\rho_1 = \frac{P_s}{10} + 0.001 \text{ (g/ml)}$$





33360

METTLER TOLEDO

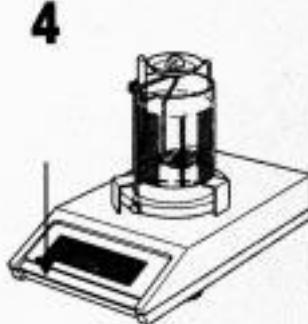
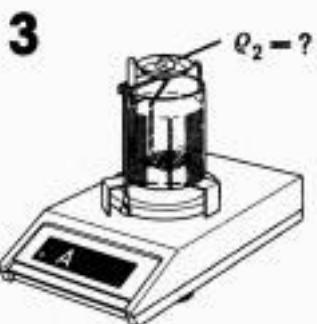
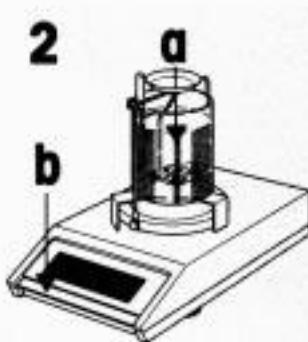
Density Determination of Solids

Dichtebestimmung von Festkörpern

Détermination de la masse volumique de solides

Determinación de densidades de sólidos

Determinazione della densità dei solidi



6

$$\rho_2 = \frac{A}{P} \cdot \rho_0 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$



# Density determination kit

to determine the density of solids and liquids with top-loading electronic METTLER TOLEDO balances with pan diameters of 80 and 130 mm.

- for the density determination of solids, density determination kit 33360.
- for the density determination of liquids, density determination kit 33360  
+ displacement body 210260.

## 1. Definition of density

- to determine the density of solids and liquids with top-loading electronic METTLER TOLEDO balances with pan diameters of 80 and 130 mm.

The density  $\rho$  of an homogeneous body is the relationship of its mass (m) to its volume (V) or its mass per unit of volume.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \begin{matrix} [g] \\ [cm^3] \end{matrix}$$

$\rho$  = Density  
 $m$  = Mass  
 $V$  = Volume

According to DIN (German Engineering Standards) 1305, the term "Weight" can be used instead of "Mass" (m).

## 2. Principle of density determination

According to the Archimedean Principle, a solid body immersed in a liquid apparently loses as much of its own weight as the weight of the liquid it has displaced. This makes it possible to determine the unknown value. Depending on whether the body in question is liquid or solid, a slightly different procedure is involved.

The **density of a liquid** is determined by using a sinker of known **volume**. To this end, the sinker is first weighed while in air, and then while immersed. From these two weighings (made in grams), density  $\rho_1$  of the liquid is calculated as follows:

$$\rho_1 = \frac{A_s - B_s}{V_s} + L_s$$

$\rho_1$  = Density of liquid to be tested at a given temperature T

$A_s$  = Weight of sinker in air

$B_s$  = Weight of sinker when immersed in liquid

$V_s$  = Volume of sinker

$L_s$  = Air buoyancy per ml of sinker (correction of  $A_s$  or  $P_s$ ): about + 0,001 g/ ml; see also Section 3.2, Air Buoyancy

$P_s$  = Buoyancy of sinker in liquid (instead of  $A_s - B_s$ ): can be read directly on METTLER TOLEDO electronic balances; see Section 4.1

or simply

$$\rho_1 = \frac{P_s}{V_s} + L_s$$

The **density of a solid body** is determined by using a liquid of known **density**. To this end, the solid body is first weighed in air and then immersed. From these two weighings (made in grams or in carats), density  $\rho_2$  is calculated as follows:

$$\rho_2 = \frac{A}{A - B} \cdot \rho_o$$

$\rho_2$  = Density of solid body

$A$  = Weight of solid body in air

$B$  = Weight of solid body when immersed in test liquid

$\rho_o$  = Density of test liquid at a given temperature T

$P$  = Buoyancy of solid body in test liquid (instead of  $A - B$ ): can be read directly on METTLER TOLEDO electronic balances; see Section 4.2

or simply

$$\rho_2 = \frac{A}{P} \cdot \rho_o$$

The air buoyancy of a solid body is not always taken into account. If necessary, result  $\rho_2$  can be corrected by about + 0.001 g/ cm<sup>3</sup> similar to what was done in the first case; see also Section 3.2, Air Buoyancy.

### **3. Accuracy of density determination**

The required accuracy of the result determines whether any factors will be taken into account. The following listing should make it possible to quantitatively evaluate the influence of these factors.

### 3.1 Temperature

In the case of solid bodies, the change in density caused by a change in temperature is generally so small that the temperature of a solid body can be disregarded as far as density determination is concerned (this also applies to sinkers).

In the case of liquids, however, the density may change on the order of 0.1 ... 1 % pro °C, and this may already appear at the third decimal place.

Example:	Distilled water: Hydrocarbons + alcohols:	Density change about 1 ‰ per 5 °C Density change about 1 ‰ per 1 °C
----------	--	--

It should be noted that such a change in the density of a liquid is directly taken into account when the density of **solid bodies** is being determined because of the test liquid in which the solid body has to be immersed. For this reason, the temperature of the liquid must always be taken into consideration when the density is to be determined with better than 1 % accuracy.

### **Density table for distilled water:**

(according to "Handbook of Chemistry and Physics" 66th Ed. 1985-1986, F4-F5)

Temperature (°C)	Density (g/ ml)
15.0	0.9991
15.5	0.9990
16.0	0.9990
16.5	0.9989
17.0	0.9988
17.5	0.9987
18.0	0.9986
18.5	0.9985
19.0	0.9984
19.5	0.9983
20.0	0.9982
20.5	0.9981
21.0	0.9980
21.5	0.9979
22.0	0.9978
22.5	0.9977
23.0	0.9975
23.5	0.9974

Temperature (°C)	Density (g/ ml)
24.0	0.9973
24.5	0.9972
25.0	0.9970
25.5	0.9969
26.0	0.9968
26.5	0.9966
27.0	0.9965
27.5	0.9964
28.0	0.9962
28.5	0.9961
29.0	0.9959
29.5	0.9958
30.0	0.9956
30.5	0.9955
31.0	0.9953
31.5	0.9952
32.0	0.9950

For all other liquids, the density at temperature T must be taken from a book of tables.

### 3.2 Air Buoyancy

Depending on its physical conditions, each cubic centimeter ( $\text{cm}^3$ ) of air weighs 1 ... 1.2 mg. Thus, any object that is being weighed in air is subject to this kind of buoyancy for each  $\text{cm}^3$  of its volume. This means that – with a density of 1 g/  $\text{cm}^3$  – an error of approximately 0.1 % would occur if the air buoyancy is not taken into consideration. If a result with 3 or 4 decimal places is required, the result will have to be corrected for air buoyancy.

The true density is about 0.001 g/  $\text{cm}^3$  more than the calculated density.

When the density of liquids is determined, the operating procedure (division by 10 ml, corresponding to the volume of the sinker), provides a fourth-place result, even if the balance display shows only a three-place indication. It is therefore advisable – in this case – to make a general buoyancy correction.

### 3.3 Volume tolerance of the float

German Weights and Measures Regulation EO 13-4 paragraph 9.21

The volume of the float, together with the lower portion of the suspension wire, must be adjusted so that a 30 g float arrangement does not produce a measuring error exceeding  $\pm 0.00059 \text{ g/cm}^3$  when determining the water density at a temperature of 20 °C.

### 3.4 Immersion depth of the sinker or of the gem holder

The **sinker** (immersion body) is suspended from a platinum wire which has a diameter of 0.2 mm. In the water, the wire thus experiences a buoyancy of 0.3 mg when 10 mm of the wire are immersed.

If the fluid level stands 10 mm above the eylet of the sinker, about 20 mm of the wire are immersed. With a density (of liquid) of about 1, this would result in a buoyancy of 0.6 mg. But since this would again have to be divided by 10 ml, this influence can be disregarded.

The submersible part of the **gem holder** is made of a wire that has a diameter of 0.8 mm. With a liquid density of approx. 1, this results in a buoyancy of about 5 mg for each 10 mm that is submerged. But since the gem holder remains submerged while the solid body is weighed in air, and since – with electronic balances – the immersion depth does not change from one weighing to the next (in spite of the difference in weight), the buoyancy of the gem holder remains constant and can thus be disregarded. Condition: Do not change the liquid level. (The change of the liquid level caused by submerging the solid body can – in most cases – be disregarded. A solid body with a volume of 1  $\text{cm}^3$  causes the liquid to rise by about 0.5 mm. This is equivalent to a buoyancy of about 0.15 mg, i.e. a density error of 0.15 mg/  $\text{cm}^3$ ).

### 3.5 Surface tension of liquid

Since the liquid adheres to the suspension wire, an apparent weight increase occurs. In the case of the sinker (wire diameter 0.2 mm), and when water is used as the liquid, this force amounts to about 1 mg. By using wetting agents or organic liquids, this force can be reduced to 0.3 mg. However, this value will also be divided by 10 ml so that the resulting density error amounts to no more than 0.0001 g/ ml.

Because of the larger diameter of the wire submerged in the water, a force of up to 3 mg acts upon the gem holder. Here, too, similar to what is described in Section 3.4, any influence on the result will be virtually eliminated by having the gem basket submerged during both weighings (A and B). For very high accuracy requirements, reducing the surface tension would constitute an additional precautionary measure (see also Section 3.6).

### **3.6 Air bubbles**

With poorly wetting liquids such as water without wetting agents, for example, it is possible that air bubbles will adhere to the submerged solid body, sinker or wire basket of gem holder. Because of their buoyancy, these bubbles could affect the result. Thus, a bubble 1 mm in diameter would cause a buoyancy of 0.5 mg, while a bubble with a diameter of 2 mm would result in a buoyancy of as much as 4 mg.

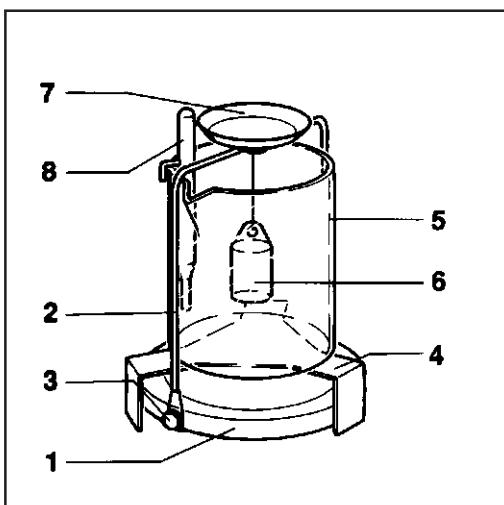
#### **Precautionary measures:**

- Degrease solids that are resistant to solvents.
- Periodically clean gem holder and sinker; do not touch immersible parts with your hands.
- Gently shake gem holder when first immersing it in liquid, before suspending it from hook, so as to loosen air bubbles that might stick to it.
- Use wetting agents or organic solvents as auxiliary liquid (e.g. Kodak Photo-Flo, Pervitro 75% 72409).  
(The change of density caused by the addition of a wetting agent to distilled water is negligible. If, for example, 0.1 ml wetting agent with a density of 1.2 is added to 250 ml of water, the overall density changes by 0.001 g/ml.)

### **3.7 Porous bodies**

Since the submersion of porous bodies does not generally cause a one hundred percent displacement of air within the pores by the liquid, errors will occur as a consequence. Thus the density of the body can only be approximated.

## 4. How to perform density determinations



### Arrangement

- 1 Weighing pan of METTLER TOLEDO balance
- 2 Bracket attached to weighing pan ...
- 3 ... clamping screws hold bracket in place
- 4 Bridge placed on balance housing across weighing pan.  
Warning: Weighing pan 1 and bracket 2 must not brush against bridge:
- 5 250 ml beaker placed on bridge
- 6 Sinker or gem holder ...
- 7 ... suspension; the sinker or gem holder should hang freely in center of beaker without touching.  
Please note: The first weighing is dry!
- 8 Thermometer

The listing of the various parts is repeated on page 33 (Parts List)

### Reminders:

- It is recommended to check the calibration.
- Along with the text below, please check the illustrated instructions which are enclosed with this description.

### 4.1 Determining the density of liquids

- Use displacement body 210260 + density determination kit for liquids 33360.
- Place empty beaker on bridge 4, centered below suspension 7; insert thermometer 8.
- Attach sinker 6. It must not touch the beaker or the thermometer.
- Tare balance to show exactly zero.
- Pour liquid to be tested into beaker up to about 10 mm above the eyelet of the sinker. No air bubbles should adhere to the sinker. If necessary, brush off bubbles with a fine brush or the like.
- The balance displays (with minus sign in front) buoyancy  $P_s$  of the sinker. Value  $P_s$  displayed by the balance must now be divided by 10. After that, add 0.001 g/ ml.

The result is density  $\rho_1$  (g/ ml) at a given temperature T (to be read).

$$\rho_1 = \frac{P_s}{V_s} + L_s = \frac{P_s \text{ [g]}}{10 \text{ ml}} + 0.001 \text{ g/ ml at } T \text{ }^\circ\text{C} \quad (P_s = A_s - B_s)$$

If the direct buoyancy indication is to be dispensed with,  $P_s$  can be obtained from two separate weighings:  $A_s$  = sinker in air;  $B_s$  = sinker in liquid. Procedure is the same as above, but the balance is tared before the sinker is attached. With the sinker attached, the balance then indicates value  $A_s$ . After the liquid is filled in, the balance indicates (without additional taring!) value  $B_s$ .

**Example with buoyancy indication:** Determining the density of acetone.

Measured values:	$P_s = 7.898 \text{ g}$	$T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$\rho_1 = \frac{7.898 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$	$+ 0.001 \text{ g/ ml} = 0.7908 \text{ g/ ml at } 20 \text{ }^\circ\text{C}$
------------------	-------------------------	---------------------------------	--	--

The density of the acetone tested amounts to 0.7908 g/ ml at 20 °C.

## 4.2 Determining the density of solids

- Use density determination kit for solids (= gem holder **6**) 33360.
  - Pour enough auxiliary liquid into beaker so that the solid body after being placed in wire basket of gem holder will be covered with at least 10 mm of liquid. Insert thermometer. Place beaker on bridge **4** centrally located below the suspension **7**.
  - Attach gem holder (watch for air bubbles, especially at the wire basket).
  - Tare balance to read exactly zero.
  - Place dry solid in upper cup of gem holder. Write down weight displayed by the balance (in grams or carats). This is weight A of the solid when weighed in air.
  - Again tare balance (with solid body in cup).  
Balance display indicates exactly zero.
  - Remove solid body from cup and place it in lower wire basket (in liquid).  
Balance now displays buoyancy P of solid body (with minus sign in front).

Divide first indication A by second indication P, then multiply this intermediate result by the density  $\rho_0$  of the auxiliary liquid (at the given temperature T).

The final result is density  $\rho_2$  of the solid body. The unit of measurement is the same as that used for density  $\rho_0$  of the auxiliary liquid, e.g. g/cm<sup>3</sup> (identical to g/ml).

$$\rho_2 = \frac{A}{P} \cdot \rho_o = \frac{A \text{ [g]}}{P \text{ [g]}} \cdot \rho_o \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

Since the units of A and P cancel each other, the weighing can be performed just as easily in carats as in grams. Result  $\rho_2$  always has the same unit of measurement as result  $\rho_o$ .

If the direct buoyancy reading is to be dispensed with, P can also be obtained from A - B. The balance will display B instead of P if it has not been tared after result A was displayed or if it was tared with the solid body **removed**.

**Example with buoyancy indication:** Determining the density of a coin with the help of distilled water.

$$\text{Measurement values: } A = 3.011 \text{ g} \\ P = 0.336 \text{ g} \\ T = 25.5^\circ \text{C} \rightarrow \rho_0 = 0.997 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_2 = \frac{3.011}{0.336} \cdot 0.997 \text{ g/cm}^3 = 8.93 \text{ g/cm}^3$$

The coin has a density of 8.93 g/cm<sup>3</sup>.

# Dichtebestimmungszusatz

für die Dichtebestimmung von Festkörpern und Flüssigkeiten auf oberschaligen elektronischen METTLER TOLEDO-Waagen mit Schalendurchmessern 80 und 130 mm.

- für die Dichtebestimmung von Festkörpern Dichtebestimmungs-Kit 33360.
- für die Dichtebestimmung von Flüssigkeiten Dichtebestimmungs-Kit 33360
  - + Verdrängungskörper 210260.

## 1. Definition der Dichte

- für die Dichtebestimmung von Festkörpern und Flüssigkeiten auf oberschaligen elektronischen METTLER TOLEDO-Waagen mit Schalendurchmessern 80 und 130 mm.

Die Dichte  $\rho$  eines homogenen Körpers ist das Verhältnis seiner Masse (m) zu seinem Volumen (V) oder, gleichbedeutend, die Masse einer Volumeneinheit:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \frac{[g]}{[cm^3]}$$

$\rho$  = Dichte  
 $m$  = Masse  
 $V$  = Volumen

Anstelle der Masse (m) kann gemäss DIN 1305 der Begriff "Gewicht" verwendet werden.

## 2. Prinzip der Dichtebestimmung

Gemäss dem Archimedischen Prinzip verliert ein in eine Flüssigkeit getauchter Körper soviel an Eigengewicht, wie das Gewicht der von ihm verdrängten Flüssigkeit beträgt. Damit lässt sich die gesuchte Grösse bestimmen. Das Vorgehen bei Flüssigkeiten und Festkörpern ist etwas unterschiedlich.

Die **Dichte einer Flüssigkeit** wird mit Hilfe eines Senkkörpers bestimmt, dessen **Volumen** bekannt ist. Dazu wiegt man diesen Senkkörper einmal in Luft, sodann in eingetauchtem Zustand. Aus den beiden Wägungen (in Gramm) errechnet sich die Flüssigkeitsdichte  $\rho_1$  wie folgt:

$$\rho_1 = \frac{A_s - B_s}{V_s} + L_s$$

$\rho_1$  = Dichte der zu prüfenden Flüssigkeit bei der gegebenen Temperatur T  
 $A_s$  = Gewicht des Senkkörpers in Luft  
 $B_s$  = Gewicht des Senkkörpers in die Flüssigkeit getaucht  
 $V_s$  = Volumen des Senkkörpers  
 $L_s$  = Luftauftrieb pro ml des Senkkörpers (Korrektur von  $A_s$  bzw.  $P_s$ ): ca. + 0,001 g / ml; siehe auch 3.2, Luftauftrieb  
 $P_s$  = Auftrieb des Senkkörpers in der Flüssigkeit (anstelle von  $A_s - B_s$ ): auf elektronischen METTLER TOLEDO-Waagen direkt ablesbar, siehe 4.1

oder einfacher

$$\rho_1 = \frac{P_s}{V_s} + L_s$$

Die **Dichte eines Festkörpers** wird mit Hilfe einer Flüssigkeit bestimmt, deren **Dichte** bekannt ist. Dazu wiegt man den Festkörper einmal in Luft, sodann in eingetauchtem Zustand. Aus den beiden Wägungen (in Gramm oder Karat) errechnet sich die Dichte  $\rho_2$  wie folgt:

$$\rho_2 = \frac{A}{A - B} \cdot \rho_o$$

$\rho_2$  = Dichte des Festkörpers  
 $A$  = Gewicht des Festkörpers in Luft  
 $B$  = Gewicht des Festkörpers in die Hilfsflüssigkeit getaucht  
 $\rho_o$  = Dichte der Hilfsflüssigkeit bei der gegebenen Temperatur T  
 $P$  = Auftrieb des Festkörpers in der Hilfsflüssigkeit (anstelle von  $A - B$ ): auf elektronischen METTLER TOLEDO-Waagen direkt ablesbar, siehe 4.2

oder einfacher

$$\rho_2 = \frac{A}{P} \cdot \rho_o$$

Der Luftauftrieb wird bei Festkörpern nicht durchgehend berücksichtigt. Bei Bedarf kann, wie im ersten Fall, am Resultat  $\rho_2$  die Korrektur von ca. + 0,001 g / cm<sup>3</sup> angebracht werden; siehe auch 3.2, Luftauftrieb.

### **3. Genauigkeit der Dichtebestimmung**

Die allfällige Berücksichtigung von Faktoren, welche das Resultat beeinflussen können, richtet sich stets nach der geforderten Resultatgenauigkeit. Die folgende Aufstellung im einzelnen soll eine quantitative Wertung dieser Einflüsse erlauben.

### 3.1 Temperatur

Bei Festkörpern ist die Veränderung der Dichte durch Temperaturänderung im allgemeinen so gering, dass ihre Temperatur für die Dichtebestimmung belanglos ist (dies gilt auch für den Senkkörper).

Bei Flüssigkeiten hingegen liegt die Dichteänderung in der Größenordnung von 0,1 ... 1 ‰ pro °C, kann also schon bei der dritten Nachkommastelle in Erscheinung treten.

Beispiele:	destilliertes Wasser Kohlenwasserstoffe und Alkohole	Dichteänderung ca. 1 % auf 5 °C Dichteänderung ca. 1 % auf 1 °C
------------	---	--

Es ist zu beachten, dass diese Dichteänderung von Flüssigkeiten auch bei Dichtebestimmungen von **Festkörpern** direkt ins Resultat eingeht wegen der Volumenbestimmung des Festkörpers mittels einer Hilfsflüssigkeit, in die er getaucht wird. Bei Dichtebestimmungen von besser als 1 % Genauigkeit ist daher die Temperatur der Flüssigkeit stets zu berücksichtigen!

## Dichtetabelle für destilliertes Wasser

(gemäss "Handbook of Chemistry and Physics" 66th Ed. 1985-1986, F4-F5)

Temperatur (C°)	Dichte (g/ml)
15,0	0,9991
15,5	0,9990
16,0	0,9990
16,5	0,9989
17,0	0,9988
17,5	0,9987
18,0	0,9986
18,5	0,9985
19,0	0,9984
19,5	0,9983
20,0	0,9982
20,5	0,9981
21,0	0,9980
21,5	0,9979
22,0	0,9978
22,5	0,9977
23,0	0,9975
23,5	0,9974

Temperatur (C°)	Dichte (g/ml)
24,0	0,9973
24,5	0,9972
25,0	0,9970
25,5	0,9969
26,0	0,9968
26,5	0,9966
27,0	0,9965
27,5	0,9964
28,0	0,9962
28,5	0,9961
29,0	0,9959
29,5	0,9958
30,0	0,9956
30,5	0,9955
31,0	0,9953
31,5	0,9952
32,0	0,9950

Für andere Flüssigkeiten muss die Dichte bei Temperatur T einem Tabellenbuch entnommen werden.

### 3.2 Luftauftrieb

1 cm<sup>3</sup> Luft wiegt – je nach Zustand – ca. 1 ... 1,2 mg. Ein Körper erfährt also, wenn er in Luft gewogen wird, pro cm<sup>3</sup> seines Volumens einen Auftrieb von dieser Grösse. Dies bedeutet, dass bei einer Dichte um 1 (1 g/ cm<sup>3</sup>) durch Nichtberücksichtigung des Luftauftriebs ein Fehler von ca. 1 % entsteht. Wird ein Resultat von 3 (oder 4) Nachkommastellen verlangt, muss daher das Resultat um den Luftauftrieb korrigiert werden:

Die wahre Dichte ist um ca. 0,001 g/ cm<sup>3</sup> grösser als die errechnete.

Bei der Dichtebestimmung von Flüssigkeiten liefert das Verfahren (Division durch 10 ml, entsprechend dem Volumen des Senkkörpers) schon bei dreistelliger Gewichtsanzeige ein vierstelliges Resultat. Es ist daher sinnvoll, in diesem Falle die Luftauftriebskorrektur allgemein vorzunehmen.

### 3.3 Volumentoleranz des Senkkörpers

Deutsche Eichordnung EO 13-4 Abs. 9.21

Das Volumen des Senkkörpers einschliesslich der unteren Hälfte des Aufhängedrahtes muss so abgeglichen sein, dass bei der Bestimmung der Dichte des Wassers von 20 °C höchstens ein Fehler von  $\pm 0,0005$  g/ cm<sup>3</sup> bei der Senkkörpereinrichtung von 30 g hervorgerufen wird.

### 3.4 Eintauchtiefe des Senkkörpers bzw. Steinträgers

Der **Senkkörper** hängt an einem Platindraht von 0,2 mm Durchmesser. Im Wasser erfährt somit der Draht einen Auftrieb von ca. 0,3 mg auf 10 mm Eintauchlänge.

Steht die Flüssigkeit 10 mm über der Öse des Senkkörpers, sind ca. 40 mm Draht eingetaucht. Bei Dichten um 1 entsteht daraus ein Auftrieb von 1,2 mg. Da aber noch durch 10 ml dividiert wird, fällt dieser Einfluss ausser Betracht.

Der **Steinträger** besteht im einzutauchenden Teil aus Draht von 0,8 mm Durchmesser, was bei einer Flüssigkeitsdichte um 1 einen Auftrieb von ca. 5 mg pro 10 mm Eintauchlänge ergibt. Da jedoch bei der Wägung des Festkörpers in Luft der Steinträger ebenfalls eingetaucht ist und sich zwischen beiden Wägungen, trotz der Gewichtsdifferenz, bei elektronischen Waagen die Eintauchtiefe nicht ändert, bleibt die Auftriebskraft am Steinträger konstant und fällt somit ausser Betracht. Bedingung: Flüssigkeitsstand nicht ändern (Die Änderung des Flüssigkeitsstandes durch das Eintauchen des Festkörpers ist meist unerheblich: Ein Festkörpervolumen von 1 cm<sup>3</sup> lässt die Flüssigkeit um 0,5 mm ansteigen, was einen Auftrieb von ca. 0,15 mg, d. h. einen Dichtefehler von ca. 0,15 mg/ cm<sup>3</sup> verursacht).

### 3.5 Oberflächenspannung der Flüssigkeit

Durch Adhäsion der Flüssigkeit am Aufhängedraht entsteht eine scheinbare Gewichtszunahme. Im Falle des Senkkörpers (Drahtdurchmesser 0,2 mm) und in Wasser beträgt diese Kraft ca. 1 mg; sie kann durch Verwendung von Netzmitteln oder organischen Flüssigkeiten auf ca. 0,3 mg reduziert werden. Es gilt aber auch hier, dass anschliessend noch durch 10 ml dividiert wird, sodass der resultierende Dichtefehler höchstens 0,0001 g/ ml beträgt.

Am Steinträger entsteht aufgrund des grösseren Drahtdurchmessers in Wasser eine Kraft von bis zu 3 mg. Auch in diesem Falle, ähnlich wie unter 3.4, wird aber ein Einfluss auf das Resultat praktisch beseitigt, indem der Steinträger bei **beiden** Wägungen (A und B) eingetaucht ist. Für höchste Genauigkeitsansprüche wäre die Herabsetzung der Oberflächenspannung dennoch eine Vorsichtsmassnahme (siehe auch 3.6).

### **3.6 Luftblasen**

Insbesondere bei schlecht benetzenden Flüssigkeiten, wie z. B. netzmittelfreiem Wasser, besteht die Möglichkeit, dass am eingetauchten Festkörper, Senkkörper oder Steinträger Luftblasen hängen bleiben, welche durch Auftriebserzeugung das Resultat beeinflussen. Eine Blase von 1 mm Ø erzeugt einen Auftrieb von 0,5 mg, eine Blase von 2 mm Ø aber bereits einen solchen von 4 mg.

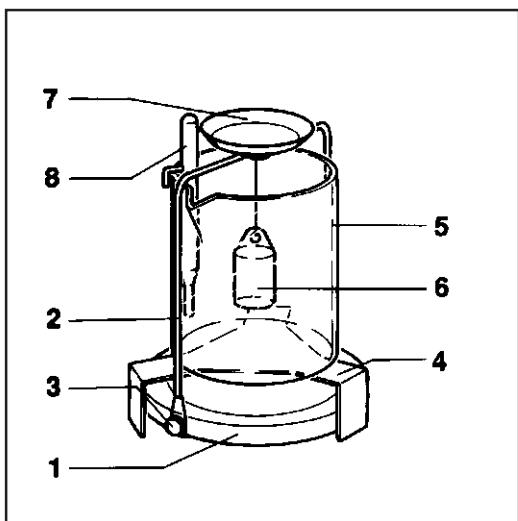
#### **Vorsichtsmassnahmen:**

- Lösungsmittelbeständige Festkörper entfetten
- Steinträger und Senkkörper periodisch reinigen, eintauchenden Teil nicht mit Händen berühren
- Den Steinträger jeweils beim ersten Eintauchen (Benetzen) in der Flüssigkeit etwas rütteln, bevor er an den Bügel gehängt wird, um allfällig anhaftende Luftblasen zu lösen.
- Netzmittel oder organische Lösungsmittel als Hilfsflüssigkeit verwenden (z. B. Foto-Flo von Kodak, Pervitro 75% 72409). Die Dichteänderung von destilliertem Wasser durch das Netzmittel ist unerheblich; wird auf 250 ml Wasser z. B. 0,1 ml Netzmittel von der Dichte 1,2 zugefügt, ändert sich die Gesamtdichte um 0,0001 g/ml.

### **3.7 Poröse Körper**

Da beim Eintauchen von porösen Körpern in der Regel nicht die gesamte Luft in den Poren durch die Flüssigkeit verdrängt wird, treten Fehler auf. Die Dichte des Körpers kann nur annähernd bestimmt werden.

## 4. Durchführung von Dichtebestimmungen



### Anordnung

- 1 Waagschale der METTLER TOLEDO-Waagen
- 2 Bügel, an Waagschale gesteckt und mittels ...
- 3 ... Klemmschrauben an ihr festgeklemmt;
- 4 Brücke, quer über die Waagschale auf das Waagengehäuse gestellt. Achtung: Waagschale 1 und Bügel 2 dürfen nicht an der Brücke streifen!
- 5 Becherglas 250 ml, auf Brücke gestellt;
- 6 Senkkörper oder Steinträger, bei ...
- 7 ... Aufhängung am Bügel 2 aufgehängt. Der Senkkörper oder Steinträger soll berührungslos mitten im Becherglas hängen. Achtung: Die erste Wägung erfolgt trocken!
- 8 Thermometer

Die einzelnen Teile sind auf Seite 33 (Ersatzteilliste) nochmals aufgeführt.

### Hinweise:

- Es empfiehlt sich, die Kalibrierung zu prüfen.
- Beachten Sie, zusammen mit dem nachstehenden Text, die praktische Kurzanleitung in Bildern, welche dieser Beschreibung beigelegt ist.

### 4.1 Bestimmen der Dichte von Flüssigkeiten

- Verdrängungskörper 210260 + Dichtebestimmungs-Kit 33360 verwenden.
  - Leeres Becherglas auf die Brücke 4 stellen, zentrisch unter die Aufhängeöse 7; Thermometer einsetzen.
  - Senkkörper 6 anhängen. Er darf Becherglas und Thermometer nicht berühren.
  - Waage tarieren. Anzeige: genau Null.
  - Zu prüfende Flüssigkeit ins Becherglas einfüllen bis ca. 10 mm über die Aufhängeöse des Senkkörpers. Am Senkkörper dürfen keine Luftblasen hängen bleiben; nötigenfalls Blasen mit feinem Pinsel etc. abstreichen.
  - Auf der Waagenanzeige erscheint (mit negativem Vorzeichen) der Auftrieb  $P_s$  des Senkkörpers. Diese Waagenanzeige  $P_s$  durch 10 dividieren, dann 0,001 g/ ml hinzuaddieren.
- Das Resultat ist die gesuchte Flüssigkeitsdichte  $\rho_1$  [g/ ml] bei gegebener Temperatur T (ablesen).

$$\rho_1 = \frac{P_s}{V_s} + L_s = \frac{P_s \text{ [g]}}{10 \text{ ml}} + 0,001 \text{ g/ ml bei } T \text{ °C} \quad (P_s = A_s - B_s)$$

Soll auf die direkte Auftriebsanzeige verzichtet werden, wird  $P_s$  aus zwei getrennten Wägungen gewonnen:  $A_s$  = Senkkörper in Luft;  $B_s$  = Senkkörper in Flüssigkeit. Vorgehen: wie oben, jedoch wird tariert **vor** dem Anhängen des Senkkörpers. Mit angehängtem Senkkörper zeigt die Waage dann  $A_s$ , nach dem Einfüllen der Flüssigkeit (ohne nochmaliges Tarieren!) aber  $B_s$ .

**Beispiel mit Auftriebsanzeige:** Bestimmen der Dichte von Aceton

Messwerte:	$P_s = 7,898 \text{ g}$	$T = 20 \text{ °C}$	$\rho_1 = \frac{7,898 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$	$+ 0,001 \text{ g/ ml} = 0,7908 \text{ g/ ml bei } 20 \text{ °C}$
------------	-------------------------	---------------------	--	---

Die Dichte des geprüften Acetons ist 0,7908 g/ ml bei 20 °C.

## 4.2 Bestimmen der Dichte von Festkörpern

- Dichtebestimmungs-Kit für Festkörper (= Steinträger **6**) 33360 verwenden.
  - Soviel Hilfsflüssigkeit ins Becherglas einfüllen, dass der Festkörper, wenn er hernach ins Drahtkörbchen des Steinträgers gelegt wird, noch mindestens 1 cm hoch mit Flüssigkeit bedeckt ist. Thermometer einsetzen. Becherglas auf Brücke **4** stellen, zentrisch unter die Aufhängung **7**.
  - Steinträger anhängen (auf Luftblasen achten, besonders am Drahtkörbchen).
  - Waage tarieren. Anzeige: genau Null.
  - Trockenen Festkörper ins obere Schälchen des Steinträgers legen, Gewichtsanzeige (in Gramm oder Karat) notieren. Es ist dies das Gewicht A des Festkörpers in Luft.
  - Waage nochmals tarieren (mit Festkörper im Schälchen). Anzeige: genau Null.
  - Festkörper aus dem Schälchen nehmen und ins untere Drahtkörbchen (in die Flüssigkeit) legen. Auf der Waagenanzeige erscheint (mit negativem Vorzeichen) der Auftrieb P des Festkörpers.

Die erste Anzeige A durch die zweite Anzeige P dividieren, dann dieses Zwischenresultat mit der Dichte  $\rho_0$  der Hilfsflüssigkeit (bei der gegebenen Temperatur T) multiplizieren.

Dieses Schlussresultat ist die gesuchte Dichte  $p_2$  des Festkörpers. Die Einheit entspricht der verwendeten Einheit für die Dichte  $p_1$  der Hilfsflüssigkeit, z. B. g/ cm<sup>3</sup> (entspricht g/ ml).

$$\rho_2 = \frac{A}{P} \cdot \rho_0 = \frac{A \text{ [g]}}{P \text{ [g]}} \cdot \rho_0 \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

Da die Einheiten von A und P sich aufheben, kann ebensogut in Karat wie in Gramm gewogen werden:  
Das Resultat  $\rho_2$  hat stets die Einheit von  $\rho_0$ .

Soll auf die direkte Auftriebsanzeige verzichtet werden, wird auch hier P aus A - B gewonnen: B erscheint anstelle von P auf der Waagenanzeige, wenn nach der Gewichtsanzeige A entweder gar nicht oder dann mit **abgehobenem** Festkörper tariert wird.

**Beispiel mit Auftriebsanzeige:** Bestimmen der Dichte eines Geldstückes mit Hilfe von destilliertem Wasser.

$$\text{Messwerte: } A = 3,011 \text{ g} \\ P = 0,336 \text{ g} \\ T = 25,5^\circ\text{C} \rightarrow \rho_o = 0,997 \text{ g/cm}^3 \quad \rho_2 = \frac{3,011}{0,336} \cdot 0,997 \text{ g/cm}^3 = 8,93 \text{ g/cm}^3$$

Das Geldstück hat eine Dichte von  $8,93 \text{ g/cm}^3$ .

# Accessoires pour la détermination de la masse volumique

des solides et des liquides à l'aide de balances électroniques METTLER TOLEDO à plateau supérieur ayant un diamètre de 80 et 130 mm.

- de solides. Accessoires 33360.
- de liquides. Accessoires 33360 + corps de déplacement 210260.

## 1. Définition de la masse volumique

- des solides et des liquides à l'aide de balances électroniques METTLER TOLEDO à plateau supérieur ayant un diamètre de 80 et 130 mm.

La masse volumique  $\rho$  d'un corps homogène est le rapport entre sa masse (m) et son volume (V) ou encore la masse d'une unité de volume de ce corps:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \begin{array}{l} m \quad [g] \\ V \quad [cm^3] \end{array} \quad \begin{array}{ll} \rho & = \text{masse volumique} \\ m & = \text{masse} \\ V & = \text{volume} \end{array}$$

Suivant la norme allemande DIN 1305, la notion de "poids" peut être utilisée à la place de la masse (m).

## 2. Principe de la détermination de la masse volumique

Suivant le principe d'Archimède, tout corps plongé dans un liquide en équilibre subit de la part de ce liquide une poussée verticale orientée de bas en haut égale au poids du liquide déplacé. La grandeur recherchée peut être déterminée à l'aide de ce principe. Le procédé diffère un peu suivant qu'il s'agit de liquides ou de solides:

**La masse volumique d'un liquide** est déterminée à l'aide d'un plongeur de **volume connu**. Pour cela, il faut peser ce plongeur d'abord dans l'air, puis plongé dans le liquide. A partir de ces deux pesées (en grammes), la masse volumique de liquide  $\rho_1$  se calcule de la manière suivante:

$$\rho_1 = \frac{A_s - B_s}{V_s} + L_s$$

ou simplement

$$\rho_1 = \frac{P_s}{V_s} + L_s$$

$\rho_1$	=	masse volumique du liquide à examiner à la température T donnée
$A_s$	=	poids du plongeur dans l'air
$B_s$	=	poids du plongeur dans le liquide
$V_s$	=	volume du plongeur
$L_s$	=	poussée de l'air par ml du plongeur (correction de $A_s$ ou $P_s$ ): environ + 0,001 g/ml; voir aussi sous 3.2, Poussée de l'air
$P_s$	=	poussée du liquide sur le plongeur (au lieu de $A_s - B_s$ ): donnée directement par les balances électroniques METTLER TOLEDO, voir sous 4.1

**La masse volumique d'un solide** est déterminée à l'aide d'un liquide (liquide auxiliaire) de **masse volumique connue**. Pour cela, il faut peser le solide d'abord dans l'air, puis plongé dans ce liquide. A partir de ces deux pesées (en grammes ou en carats), la masse volumique de solide  $\rho_2$  se calcule de la manière suivante:

$$\rho_2 = \frac{A}{A - B} \cdot \rho_o$$

ou simplement

$$\rho_2 = \frac{A}{P} \cdot \rho_o$$

$\rho_2$	=	masse volumique du solide
$A$	=	poids du solide dans l'air
$B$	=	poids du solide plongé dans le liquide auxiliaire
$\rho_o$	=	masse volumique du liquide auxiliaire à la température T donnée
$P$	=	poussée du liquide auxiliaire sur le solide (au lieu de $A - B$ ): donnée directement par les balances électroniques METTLER TOLEDO, voir sous 4.2

Pour les solides, la poussée de l'air n'est généralement pas prise en considération. Si nécessaire, comme dans le premier cas, une correction d'environ + 0,001 g/cm<sup>3</sup> peut être apportée au résultat  $\rho_2$ ; voir aussi sous 3.2, Poussée de l'air.

### **3. Précision de la détermination de la masse volumique**

La prise en considération de facteurs susceptibles d'influencer le résultat se fait toujours en fonction de la précision recherchée. La présentation détaillée suivante doit permettre une évaluation quantitative de ces facteurs.

### 3.1 Température

La variation de la masse volumique des solides due à la variation de la température est généralement si faible que pour la détermination de la masse volumique leur température est sans importance (ceci est aussi valable pour le plongeur).

Par contre, la variation de la masse volumique des liquides est de l'ordre de grandeur de 0,1 ... 1 % par °C, et peut donc déjà apparaître dans le troisième chiffre après la virgule.

Exemples de variation de la masse volumique: Eau distillée: environ 1 % par 5 °C  
Carbures d'hydrogène et alcools: environ 1 % par 1 °C

Il faut noter que cette variation de la masse volumique des liquides se répercute aussi sur le résultat de la détermination de la masse volumique **des solides**, parce que le volume de ces derniers est déterminé à l'aide d'un liquide auxiliaire dans lequel ils sont plongés. Aussi faut-il toujours tenir compte de la température du liquide si une précision supérieure à 1 % est désirée!

## **Table de la masse volumique de l'eau distillée:**

(d'après "Handbook of Chemistry and Physics", 66th Ed. 1985-1986, F4-F5)

Température (°C)	Masse volumique (g/ ml)	Température (°C)	Masse volumique (g/ ml)
15,0	0,9991	24,0	0,9973
15,5	0,9990	24,5	0,9972
16,0	0,9990	25,0	0,9970
16,5	0,9989	25,5	0,9969
17,0	0,9988	26,0	0,9968
17,5	0,9987	26,5	0,9966
18,0	0,9986	27,0	0,9965
18,5	0,9985	27,5	0,9964
19,0	0,9984	28,0	0,9962
19,5	0,9983	28,5	0,9961
20,0	0,9982	29,0	0,9959
20,5	0,9981	29,5	0,9958
21,0	0,9980	30,0	0,9956
21,5	0,9979	30,5	0,9955
22,0	0,9978	31,0	0,9953
22,5	0,9977	31,5	0,9952
23,0	0,9975	32,0	0,9950
23,5	0,9974		

La masse volumique d'autres liquides à la température T est à rechercher dans les tables correspondantes.

### 3.2 Poussée de l'air

1 cm<sup>3</sup> d'air pèse, suivant son état, environ 1 ... 1,2 mg. Un corps, quand il est pesé dans l'air, subit donc par cm<sup>3</sup> de son volume une poussée de cette valeur. Cela signifie que pour une masse volumique autour de 1 (1 g/ cm<sup>3</sup>), une erreur d'environ 1 % est faite en ne tenant pas compte de la poussée de l'air. C'est pourquoi il faut en tenir compte si le résultat est demandé avec une précision de 3 (ou 4) chiffres après la virgule:

La masse volumique exacte est environ 0,001 g/ cm<sup>3</sup> plus grande que celle calculée.

La façon de calculer la masse volumique des liquides (division par 10 ml, correspondants au volume du plongeur) fait que, déjà pour un poids donné en trois décimales, le résultat soit donné en quatre décimales. C'est pourquoi il est judicieux dans ce cas d'effectuer systématiquement la correction due à la poussée de l'air.

### 3.3 Tolérance du volume du plongeur

Législation allemande relative aux instruments de mesure: EO 13-4 paragraphe 9.21

Le volume du plongeur, y compris la moitié inférieure du fil de suspension, doit être ajusté de façon que, lors de la détermination de la masse volumique de l'eau à 20 °C, il puisse se produire, au maximum, une erreur de ± 0,0005 g/ cm<sup>3</sup> pour un dispositif plongeur de 30 g.

### 3.4 Profondeur d'immersion du plongeur ou du porte-pierre

Le **plongeur** est attaché à un fil de platine de diamètre 0,2 mm. Ce fil subit dans l'eau une poussée d'environ 0,3 mg par 10 mm de longueur immergée.

Si le liquide se trouve 10 mm au-dessus de l'anneau du plongeur, environ 20 mm de fil sont immergés. Pour une masse volumique proche de 1, il résulte de ce fait une poussée d'environ 0,6 mg. Mais comme on divise encore par 10 ml, cette source d'erreur devient parfaitement négligeable.

Le **porte-pierre** se compose dans sa partie immersible d'un fil de diamètre 0,8 mm qui subit, pour une masse volumique du liquide proche de 1, une poussée d'environ 5 mg par 10 mm de longueur immergée. Comme le porte-pierre est également immergé lors de la pesée dans l'air du solide et que sa profondeur d'immersion malgré la différence de poids, ne change pas sur les balances électroniques, la poussée du liquide sur le porte-pierre reste constante et n'entre donc pas en considération. Condition: Ne pas changer le niveau du liquide. (Le changement du niveau du liquide dû à l'immersion du solide est le plus souvent négligeable: un volume de solide d'1 cm<sup>3</sup> fait monter le niveau du liquide de 0,5 mm, ce qui provoque une poussée d'environ 0,15 mg, c'est à dire une erreur de la masse volumique d'environ 0,15 mg/ cm<sup>3</sup>).

### 3.5 Tension superficielle du liquide

L'adhésion du liquide sur le fil de suspension crée une augmentation de poids fictive. Dans le cas du plongeur (diamètre du fil 0,2 mm) et de l'eau, cette force est environ 1 mg; en utilisant des agents mouillants ou des liquides organiques, elle peut être réduite à 0,3 mg. Mais dans ce cas aussi, il faut encore diviser par 10 ml, de telle manière que l'erreur de la masse volumique résultante atteint au maximum 0,0001 g/ ml.

Le diamètre du fil étant plus grand, il se crée sur le porte-pierre dans l'eau une force pouvant atteindre 3 mg. Dans ce cas aussi, comme dans le paragraphe 3.4, une influence sur le résultat est pratiquement exclue, car le porte-pierre est immergé lors des **deux** pesées (A et B). Si une grande précision est désirée, il serait néanmoins préférable, par précaution, de réduire la tension superficielle (voir aussi sous 3.6).

### **3.6 Bulles d'air**

Particulièrement dans un liquide peu mouillant, comme par exemple de l'eau pure, il est possible qu'il reste accroché au solide, plongeur ou porte-pierre immergé des bulles d'air qui exercent une poussée pouvant modifier le résultat. Une bulle d'1 mm de diamètre exerce une poussée de 0,5 mg, mais une bulle de 2 mm de diamètre en exerce une atteignant déjà 4 mg.

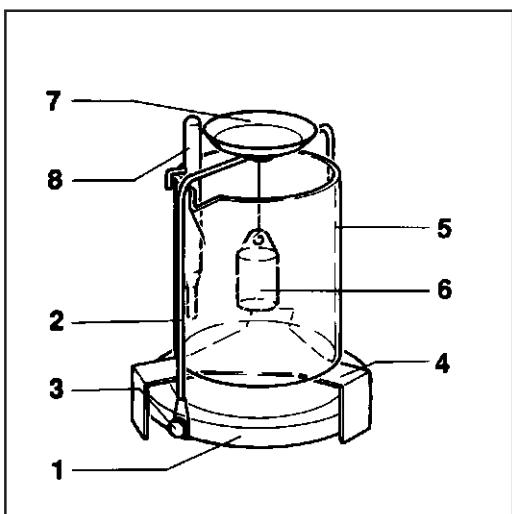
#### **Mesures de précaution:**

- Dégraissier au solvant les solides y résistant.
- Nettoyer régulièrement le porte-pierre et le plongeur, ne pas les toucher avec les mains.
- Secouer un peu le porte-pierre lors de sa première immersion dans le liquide, avant de l'accrocher à l'étrier, pour éliminer les bulles d'air.
- Utiliser des agents mouillants ou des solvants organiques comme liquide auxiliaire, (par ex. Photo-Flo de Kodak, Pervitro 75% 72409). La variation de la masse volumique de l'eau distillée, due à l'apport d'agent mouillant, est insignifiante; si par exemple à 150 ml d'eau est ajouté 0,1 ml d'agent mouillant de masse volumique 1,2 g/ ml, la masse volumique globale change de 0,0001 g/ ml.

### **3.7 Corps poreux**

En règle générale, lors de l'immersion d'un corps poreux, l'air n'est pas chassé en totalité par le liquide; de ce fait, il y a une source d'erreur. La masse volumique d'un corps poreux ne peut donc être définie que d'une manière approximative.

## 4. Détermination des masses volumiques



### Disposition:

- 1 Plateau de la balance METTLER TOLEDO
  - 2 Etrier, placé sur le plateau
  - 3 Vis de fixation de l'étrier sur le plateau
  - 4 Pont, placé au travers du plateau et reposant sur le bâti de la balance. Attention: Le plateau 1 et l'étrier 2 ne doivent pas toucher le pont!
  - 5 Bécher de 250 ml, posé sur le pont
  - 6 Plongeur ou porte-pierre
  - 7 Coupelle de suspension à l'étrier 2
- Le plongeur ou le porte-pierre doit pendre librement au centre du bécher. Attention: La première pesée s'effectue à sec!
- 8 Thermomètre

Les différentes pièces sont à nouveau décrites à la page 33 (liste des pièces de rechange).

### Indications:

- Il est recommandé de vérifier le calibrage.
- Consultez, avec le texte ci-après, les instructions abrégées en images qui sont jointes à cette description.

### 4.1 Détermination de la masse volumique des liquides

- Utiliser le corps de déplacement 210260 + les accessoires de détermination de la masse volumique de liquides 33360.
- Poser le bécher vide sur le pont 4, centré sous la suspension 7; placer le thermomètre dans le bécher.
- Suspendre le plongeur 6 sans qu'il touche le bécher ou le thermomètre.
- Tarer la balance. Affichage: exactement zéro.
- Verser le liquide à examiner dans le bécher jusqu'à 10 mm au-dessus de l'anneau de fixation du plongeur. Aucune bulle d'air ne doit rester accrochée au plongeur; si nécessaire, les enlever avec un petit pinceau.
- Sur l'affichage de la balance apparaît (avec un signe négatif) la poussée  $P_s$  sur le plongeur. Diviser cette donnée de la balance par 10, puis y ajouter 0,001 g/ ml. Le résultat est la masse volumique  $\rho_1$  [g/ ml] recherchée du liquide à la température T (à relever).

$$\rho_1 = \frac{P_s}{V_s} + L_s = \frac{P_s \text{ [g]}}{10 \text{ ml}} + 0,001 \text{ g/ ml à } T \text{ °C} \quad (P_s = A_s - B_s)$$

S'il faut renoncer à la donnée directe de la poussée,  $P_s$  sera déterminé par deux pesées distinctes:  $A_s$  = plongeur dans l'air;  $B_s$  = plongeur dans le liquide. Marche à suivre: comme ci-dessus, mais il faut tarer **avant** de suspendre le plongeur. Le plongeur étant suspendu, la balance donne  $A_s$  et, après avoir versé le liquide (sans tarage supplémentaire!),  $B_s$ .

**Exemple avec affichage de la poussée:** Détermination de la masse volumique de l'acétone.

Valeurs mesurées:	$P_s = 7,898 \text{ g}$	$\rho_1$	$\frac{7,898 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$	$+ 0,001 \text{ g/ ml} = 0,7908 \text{ g/ ml à } 20 \text{ °C}$
	$T = 20 \text{ °C}$			

La masse volumique de l'acétone vérifiée est de 0,7908 g/ ml à 20 °C.

#### 4.2 Détermination de la masse volumique des solides

- Utiliser les accessoires de détermination de la masse volumique de solides (= porte-pierre **6**) 33360.
- Verser dans le bécher assez de liquide auxiliaire pour que le solide, une fois déposé dans le panier, soit recouvert par au moins 1 cm de liquide. Placer le thermomètre dans le bécher. Poser le bécher sur le pont **4**, centré sous la suspension **7**.
- Suspendre le porte-pierre (faire attention aux bulles d'air, surtout sur le panier).
- Tarer. Affichage: exactement zéro.
- Poser le solide sec dans la coupelle supérieure du porte-pierre, noter le poids indiqué (en grammes ou carats). C'est le poids A du solide dans l'air.
- Tarer à nouveau (le solide étant dans la coupelle). Affichage: exactement zéro.
- Sortir le solide de la coupelle et le déposer plus bas dans le panier (dans le liquide). Sur l'affichage de la balance apparaît (avec un signe négatif) la poussée P sur le solide.

Diviser la première valeur affichée A par la deuxième P, puis multiplier ce résultat intermédiaire par la masse volumique  $\rho_o$  du liquide auxiliaire (à la température T).

Ce résultat final est la masse volumique  $\rho_2$  recherchée du solide. Les unités correspondent à celles utilisées pour la masse volumique  $\rho_o$  du liquide auxiliaire, par exemple g/cm<sup>3</sup> (identique à g/ml).

$$\rho_2 = \frac{A}{P} \cdot \rho_o = \frac{A \text{ [g]}}{P \text{ [g]}} \cdot \rho_o \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

Comme les unités de A et P s'annulent, les pesées peuvent se faire tout aussi bien en carats qu'en grammes: le résultat  $\rho_2$  a toujours les unités de  $\rho_o$ .

S'il faut renoncer à la donnée directe de la poussée, P sera déterminé par A - B: B sera indiqué à la place de P sur l'affichage de la balance, si après l'affichage du poids A, le tarage n'est pas effectué du tout ou alors effectué en ayant préalablement **enlevé** le solide.

**Example avec affichage de la poussée:** Détermination de la masse volumique d'une monnaie à l'aide d'eau distillée.

Valeurs mesurées: A = 3,011 g  
P = 0,336 g  
T = 25,5 °C →  $\rho_o = 0,997 \text{ g/cm}^3$

$$\rho_2 = \frac{3,011}{0,336} \cdot 0,997 \text{ g/cm}^3 = \mathbf{8,93 \text{ g/cm}^3}$$

La monnaie a une masse volumique de 8,93 g/cm<sup>3</sup>.

# Conjunto de determinar densidades

para la determinación de densidades de sólidos y de líquidos sobre balanzas electrónicas METTLER TOLEDO de platillo elevado con diámetros de platillo de hasta 80 y 130 mm.

- para sólidos, conjunto de determinar densidades 33360.
- para líquidos, conjunto de determinar densidades 33360 + cuerpo de desplazamiento 210260.

## 1. Definición de la densidad

- para la determinación de densidades de sólidos y de líquidos sobre balanzas electrónicas METTLER TOLEDO de platillo elevado con diámetros de platillo de hasta 80 y 130 mm.

La densidad  $\rho$  de un cuerpo homogéneo es la relación de su masa ( $m$ ) a su volumen ( $V$ ) o, lo que es lo mismo, la masa de una unidad de volumen:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \frac{[g]}{[cm^3]}$$

$\rho$  = densidad  
 $m$  = masa  
 $V$  = volumen

En lugar de la masa ( $m$ ) puede utilizarse el término "peso" de acuerdo con DIN 1305.

## 2. Principio de la determinación de densidades

Según el principio de Arquímedes un cuerpo sumergido en un líquido pierde de su peso propio una cantidad igual al peso del líquido por él desalojado. De esta forma puede determinarse la magnitud buscada. El procedimiento es algo diferente para los líquidos que para los sólidos:

La **densidad de un líquido** se determina con ayuda de un cuerpo sumergible o hundidor cuyo **volumen** es conocido. Para tal fin este cuerpo se pesa una vez en el aire y acto seguido en estado sumergido. A partir de ambas pesadas (en gramos) se calcula la densidad del líquido  $\rho_1$  de la forma siguiente:

$$\rho_1 = \frac{A_s - B_s}{V_s} + L_s$$

$\rho_1$  = densidad del líquido ensayado a la temperatura dada  $T$   
 $A_s$  = peso del cuerpo en el aire  
 $B_s$  = peso del cuerpo sumergido en el líquido  
 $V_s$  = volumen del cuerpo  
 $L_s$  = empuje del aire por ml del cuerpo (corrección de  $A_s$  ó  $P_s$ ): + 0,001 g/ ml aprox.; véase también 3.2, Empuje del aire.

o más sencillo

$$\rho_1 = \frac{P_s}{V_s} + L_s$$

$P_s$  = empuje del cuerpo en el líquido (en lugar de  $A_s - B_s$ ): directamente leíble en balanzas METTLER TOLEDO electrónicas, véase 4.1

La **densidad de un sólido** se determina con ayuda de un líquido (líquido auxiliar) cuya **densidad** sea conocida. Para ello se pesa el sólido una vez en el aire y a continuación en estado sumergido. A partir de ambas pesadas (en gramos o en quilates) se calcula la densidad  $\rho_2$  de la forma siguiente:

$$\rho_2 = \frac{A}{A - B} \cdot \rho_o$$

$\rho_2$  = densidad del sólido  
 $A$  = peso del sólido en el aire  
 $B$  = peso del sólido sumergido en el líquido auxiliar  
 $\rho_o$  = densidad del líquido auxiliar a la temperatura dada  $T$   
 $P$  = empuje del sólido en el líquido auxiliar (en lugar de  $A - B$ ): directamente leíble en balanzas METTLER TOLEDO electrónicas véase 4.2

o más sencillo

$$\rho_2 = \frac{A}{P} \cdot \rho_o$$

En el caso de los sólidos no se tiene en cuenta constantemente el empuje del aire. Si fuera necesario, puede aplicarse en el resultado  $\rho_2$ , al igual que en el primer caso, la corrección aproximada de + 0,001 g/cm<sup>3</sup>; véase también 3.2, Empuje del aire.

### 3. Exactitud de la determinación de densidades

La posible consideración de factores que pueden afectar al resultado se acomoda siempre a la exactitud requerida en el mismo. La exposición siguiente permitirá una valoración cuantitativa de cada uno de estos factores.

#### 3.1 Temperatura

En el caso de los sólidos, la variación de la densidad por el cambio de temperatura es, en general, tan pequeña que su temperatura carece de importancia para la determinación de densidad (lo mismo puede decirse del cuerpo sumergible).

Por el contrario, en el caso de los líquidos, la variación de densidad se sitúa dentro del orden de magnitud de 0,1 ... 1 %o **por cada °C** y , por tanto, puede manifestarse ya en la tercera posición detrás de la coma.

Ejemplos: Agua destilada:

variación de densidad de 1 %o aprox. a 5 °C

Hidrocarburos y alcoholes:

variación de densidad de 1 %o aprox. a 1 °C

Hay que tener en cuenta que esta variación de densidad de los líquidos interviene también directamente en el resultado de las determinaciones de densidad de los **sólidos**, debido a que el volumen del sólido se determina mediante un líquido auxiliar en el que se sumerge. De ahí que para determinar la densidad con una exactitud superior al 1 % haya que tener siempre en cuenta la temperatura del líquido.

#### Tabla de densidad para agua destilada:

(según "Handbook of Chemistry and Physics" 66th Ed. 1985-1986, F4-F5)

Temperatura (°C)	Densidad (g/ ml)
15,0	0,9991
15,5	0,9990
16,0	0,9990
16,5	0,9989
17,0	0,9988
17,5	0,9987
18,0	0,9986
18,5	0,9985
19,0	0,9984
19,5	0,9983
20,0	0,9982
20,5	0,9981
21,0	0,9980
21,5	0,9979
22,0	0,9978
22,5	0,9977
23,0	0,9975
23,5	0,9974

Temperatura (°C)	Densidad (g/ ml)
24,0	0,9973
24,5	0,9972
25,0	0,9970
25,5	0,9969
26,0	0,9968
26,5	0,9966
27,0	0,9965
27,5	0,9964
28,0	0,9962
28,5	0,9961
29,0	0,9959
29,5	0,9958
30,0	0,9956
30,5	0,9955
31,0	0,9953
31,5	0,9952
32,0	0,9950

Para otros líquidos hay que tomar la densidad a la temperatura T de un libro de tablas.

### 3.2 Empuje del aire

1 cm<sup>3</sup> de aire pesa - según las condiciones - entre 1 y 1,2 mg. Así, pues, un cuerpo que se pese en el aire experimenta un empuje de esta magnitud por cada cm<sup>3</sup> de su volumen. Esto quiere decir que para una densidad en torno a 1 (1 g/ cm<sup>3</sup>) se produce un error de cerca del 1 % si no se tiene en cuenta el empuje del aire. De ahí que si se requiere un resultado de 3 (ó de 4) decimales sea necesario corregir el empuje del aire en el resultado:

La densidad verdadera es aproximadamente 0,001 g/ cm<sup>3</sup> mayor que la calculada.

En la determinación de densidades de líquidos, el procedimiento (división por 10 ml, de acuerdo con el volumen del cuerpo sumergible) facilita ya un resultado de cuatro cifras con una indicación del peso de tres cifras. Por tanto es conveniente, por regla general, efectuar en este caso la corrección por empuje del aire.

### 3.3 Tolerancia de volumen del cuerpo sumergible

Norma de contraste alemana EO 13-4, párrafo 0.21

El volumen del cuerpo sumergible, incluyendo la mitad inferior del hilo de suspensión, debe ser ajustado de forma que, al determinar la densidad del agua a 20 °C, se pueda producir como máximo un error de ± 0,0005 g/ cm<sup>3</sup> con un dispositivo sumergible de 30 g.

### 3.4. Profundidad de inmersión del cuerpo sumergible o portapiedras

El **cuerpo sumergible** pende de un alambre de platino de 0,2 mm de diámetro. Por consiguiente, el alambre experimenta en el agua un empuje de unos 0,3 mg sobre 10 mm de longitud sumergida.

Si el líquido se encuentra 10 mm por encima del ojete del cuerpo sumergible, hay sumergidos unos 20 mm de alambre, por lo que con densidades próximas a 1 se origina un empuje de 0,6 mg. Pero como todavía se divide por 10 ml, este efecto no entra en consideración.

El **portapiedras** está formado, en la parte que se sumerge, por alambre de 0,8 mm de diámetro, lo que en el caso de una densidad de líquido próxima a 1 produce un empuje de unos 5 mg por cada 10 mm de longitud sumergida. Pero como al pesar el sólido en el aire el portapiedras está igualmente sumergido, y entre ambas pesadas no varía la profundidad de inmersión en las balanzas electrónicas, a pesar de la diferencia de peso, la fuerza ascensional en el portapiedras permanece constante y, por lo tanto, no interviene. Condición: El portapiedras debe estar suspendido del estribo de igual forma las dos veces y el estado del líquido no variar. (La variación del estado del líquido producida por la inmersión del sólido es generalmente despreciable: un volumen del sólido de 1 cm<sup>3</sup> hace subir el líquido unos 0,5 mm, lo que da lugar a un empuje de unos 0,15 mg, es decir, un error de densidad de 0,15 mg/ cm<sup>3</sup> aproximadamente).

### 3.5. Tensión superficial del líquido

Debido a la adhesión del líquido al alambre de suspensión, se produce un aumento aparente del peso. En el caso del cuerpo sumergible (diámetro del alambre 0,2 mm) y en agua, esta fuerza es de cerca de 1 mg y puede ser reducida a cerca de 0,3 mg empleando humectantes o líquidos orgánicos. Pero como también a continuación se divide por 10 ml, el error de densidad resultante se eleva a 0.0001 g/ ml, como máximo.

Debido al mayor diámetro del alambre en el agua, se origina en el portapiedras una fuerza de hasta 3 mg. Pero también en este caso, análogamente a lo que ocurre en 3.4, se elimina en la práctica un efecto sobre el resultado sumergiendo el portapiedras en **ambas** pesadas (A y B). Sin embargo, para las máximas exigencias de exactitud la reducción de la tensión superficial sería una medida de precaución (véase también 3.6).

### **3.6 Burbujas de aire**

Particularmente en el caso de líquidos poco mojadores, por ejemplo agua exenta de humectantes, existe la posibilidad de que se adhieran burbujas de aire al sólido sumergido, cuerpo sumergible o portapiedras, que influyan sobre el resultado por producir empuje. Una burbuja de 1 mm de Ø produce un empuje de 0,5 mg, mientras que otra de 2 mm produce un empuje de 4 mg.

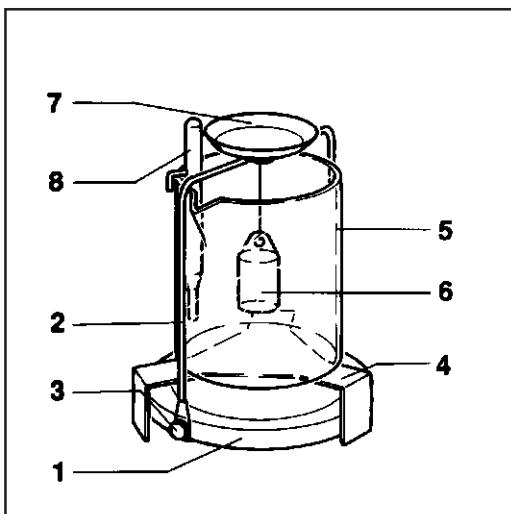
#### **Medidas de precaución**

- Desengrase los sólidos que resistan a los disolventes.
- Limpie periódicamente portapiedras y cuerpo sumergible, sin tocar con las manos la parte que se sumerge.
- Sacuda siempre algo el portapiedras en la primera inmersión (mojadura) en el líquido, antes de suspenderlo del estribo, para desprender las posibles burbujas de aire adheridas.
- Utilice humectantes o disolventes orgánicos como líquido auxiliar (p. ej. Foto-Flo de Kodak, Pervitro 75% 72409). Es despreciable el cambio de densidad del agua destilada producido por el humectante; si se añade a 250 ml de agua por ejemplo 0,1 ml de humectante de la densidad 1,2, la densidad total varía en 0,0001 g/ml.

### **3.7 Cuerpos porosos**

Puesto que al sumergir cuerpos porosos generalmente no se desaloja todo el aire de los poros a través del líquido, aparecen errores. La densidad del cuerpo sólo puede ser determinada de forma aproximada.

## 4. Ejecución de las determinaciones de densidad



### Disposición:

- 1 platillo de la balanza METTLER TOLEDO
- 2 estribo, encajado y fijado en el platillo mediante ...
- 3 ... tornillos de apriete;
- 4 puente, colocado transversalmente encima del platillo sobre la caja de la balanza. Atención: platillo 1 y estribo 2 no deben rozar el puente!
- 5 vaso de 250 ml, colocado sobre el puente;
- 6 cuerpo sumergible o portapiedras, suspendidos del estribo 2 en el ...
- 7 ... colgante. Deben estar suspendidos en el centro del vaso sin tocarlo. Atención: La primera pesada se hace en seco!
- 8 termómetro

Las distintas partes se vuelven a presentar en la página 33 (lista de repuestos).

### Notas:

- Se recomienda comprobar la calibración.
- Tenga en cuenta, además del texto siguiente, las breves instrucciones prácticas de las ilustraciones que acompañan a esta descripción.

### 4.1 Determinación de la densidad de líquidos

- Utilice el cuerpo de desplazamiento 210260 + el conjunto de determinar densidades para líquidos 33360.
  - Ponga el vaso vacío sobre el puente 4, concéntricamente debajo del colgante 7; introduzca el termómetro.
  - Suspenda el cuerpo sumergible 6. No debe rozar el vaso ni el termómetro.
  - Tare la balanza. Indicación: cero exacto.
  - Eche el líquido a ensayar en el vaso hasta unos 10 mm por encima del ojete de suspensión del cuerpo sumergible. No debe quedar adherida burbuja alguna al mismo; en caso necesario quite las burbujas con un pincel fino, etc.
  - En el indicador de la balanza aparece (con signo negativo) el empuje  $P_s$  del cuerpo sumergible. Divida esta indicación  $P_s$  de la balanza por 10 y luego añada 0.001 g/ ml.
- El resultado es la densidad de líquido buscada  $\rho_1$  [g/ ml] a la temperatura T (lea).

$$\rho_1 = \frac{P_s}{V_s} + L_s = \frac{P_s \text{ [g]}}{10 \text{ ml}} + 0,001 \text{ g/ ml a } T \text{ }^\circ\text{C} \quad (P_s = A_s - B_s)$$

En el caso de que se omita la lectura directa del empuje, se obtiene  $P_s$  a partir de dos pesadas separadas:  $A_s$  = cuerpo sumergible en el aire;  $B_s$  = cuerpo sumergible en el líquido. Procedimiento: igual que antes, pero tarando **antes** de suspender el cuerpo sumergible. Con éste suspendido, la balanza señala así  $A_s$  y, después de agregar el líquido,  $B_s$  (sin nuevo tarado!).

**Ejemplo con indicación de empuje:** Determinación de la densidad de la acetona.

Medidas:	$P_s = 7,898 \text{ g}$	$\rho_1 = \frac{7,898 \text{ g}}{10 \text{ ml}}$
	$T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$+ 0,001 \text{ g/ ml} = 0,7908 \text{ g/ ml a } 20 \text{ }^\circ\text{C}$

La densidad de la acetona verificada es 0,7908 g/ ml a 20 °C.

## 4.2 Determinación de la densidad de sólidos

- Utilice el conjunto de determinar densidades para sólidos (= portapiedras 6), 33360.
  - Eche líquido auxiliar en el vaso hasta que el sólido, una vez colocado en la cestita de alambre del portapiedras, esté cubierto como mínimo con 1 cm de líquido. Meta el termómetro. Coloque el vaso en el puente 4, concéntricamente debajo del colgante 7.
  - Suspenda el portapiedras (atención a las burbujas, sobre todo en la cestita).
  - Tare la balanza. Indicación: cero exacto.
  - Ponga el sólido seco en la capsulita superior del portapiedras, anote la indicación del peso (en gramos o en quilates). Este es el peso A del sólido en el aire.
  - Tare de nuevo la balanza (con sólido en la capsulita). Indicación: cero exacto.
  - Saque el sólido de la capsulita y póngalo en la cestita de alambre inferior (dentro del líquido). En el indicador de la balanza aparece (con signo negativo) el empuje p del sólido.

Divida la primera indicación A por la segunda P y luego multiplique este resultado intermedio por la densidad  $\rho_a$  del líquido auxiliar (a la temperatura dada T).

Este resultado final es la densidad buscada  $p_2$  del sólido. La unidad corresponde a la unidad utilizada para la densidad  $p_1$  del líquido auxiliar, por ejemplo g/cm<sup>3</sup> (igual a g/ml).

$$p_2 = \frac{A}{P} \cdot p_0 = \frac{A \text{ [g]}}{P \text{ [g]}} \cdot p_0 \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

Puesto que las unidades de A y de P se anulan, puede pesarse, por ejemplo, tanto en quilates como en gramos: el resultado  $p_2$  tiene siempre la unidad de  $p_0$ .

En el caso de que se omita la indicación directa, también aquí P se obtiene a partir de A - B: B aparece en lugar de P en el indicador de la balanza, cuando después de la indicación de peso A no se tara de ninguna forma o se hace con el sólido **levantado**.

**Ejemplo con indicación de empuje:** Determinación de la densidad de una moneda con ayuda de agua destilada.

$$\text{Medidas: } A = 3,011 \text{ g} \\ P = 0,336 \text{ g} \\ T = 25,5^\circ\text{C} \rightarrow \rho_o = 0,997 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_2 = \frac{3,011}{0,336} \cdot 0,997 \text{ g/cm}^3 = 8,93 \text{ g/cm}^3$$

La moneda tiene una densidad de  $8,93 \text{ g/cm}^3$ .

# Kit per la determinazione della densità

di solidi e liquidi con l'ausilio di bilance elettroniche METTLER TOLEDO con piatto di pesata superiore avente un diametro di 80 e 130 mm.

- per la determinazione della densità di solidi: kit di determinazione della densità 33360.
- per la determinazione della densità di liquidi: kit di determinazione della densità 33360 + corpo da immergere 210260.

## 1. Definizione della densità

- di solidi e liquidi con l'ausilio di bilance elettroniche METTLER TOLEDO con piatto di pesata superiore avente un diametro di 80 e 130 mm.

La densità  $\rho$  di un corpo omogeneo è il rapporto tra la sua massa ( $m$ ) ed il suo volume ( $V$ ) oppure, in altre parole, è la massa di un'unità di volume di questo corpo:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \begin{array}{l} m \quad [g] \\ V \quad [cm^3] \end{array} \quad \begin{array}{ll} \rho & = \text{densità} \\ m & = \text{massa} \\ V & = \text{volume} \end{array}$$

In luogo di massa ( $m$ ) si può porre, conformemente alla DIN 1305, il termine "peso".

## 2. Principio della determinazione della densità

Conformemente al principio di Archimede, un corpo immerso in un liquido subisce da parte di questo liquido una spinta verticale dal basso verso l'alto pari al peso del liquido spostato. In base a questo principio si può determinare la grandezza cercata. Il procedimento varia alquanto a seconda che si tratti di liquidi oppure di corpi solidi.

La **densità di un liquido** viene determinata con l'ausilio di un corpo da immergere, del quale si conosce il **volumen**. Allo scopo, questo corpo viene pesato dapprima liberamente in aria e poi immerso nel liquido. In base alle due pesate (in grammi) si calcola da densità  $\rho_1$  del liquido come segue:

$$\rho_1 = \frac{A_s - B_s}{V_s} + L_s \quad \begin{array}{ll} \rho_1 & = \text{densità del liquido in esame ad una} \\ & \text{data temperatura } T \\ A_s & = \text{peso del corpo in aria} \\ B_s & = \text{peso del corpo immerso nel liquido} \\ V_s & = \text{volume del corpo} \\ L_s & = \text{spinta dell'aria ogni ml del corpo} \\ & (\text{correzione di } A_s \text{ o } P_s): \text{circa } + 0,001 \text{ g/ml;} \\ & \text{vedere anche 3.2, Spinta dell'aria} \\ P_s & = \text{spinta del liquido sul corpo} \\ & (\text{in luogo di } A_s - B_s): \text{leggibile direttamente} \\ & \text{sulle bilance elettroniche METTLER TOLEDO,} \\ & \text{vedere 4.1} \end{array}$$

oppure più semplicemente

$$\rho_1 = \frac{P_s}{V_s} + L_s$$

La **densità di un solido** viene determinata con l'ausilio di un liquido (liquido ausiliario) del quale si conosce la **densità**. Allo scopo, il corpo solido viene pesato prima in aria e poi immerso in detto liquido. In base alle due pesate (in grammi oppure in carati) si calcola la densità  $\rho_2$  come segue:

$$\rho_2 = \frac{A}{A - B} \cdot \rho_o \quad \begin{array}{ll} \rho_2 & = \text{densità del corpo solido} \\ A & = \text{peso del solido in aria} \\ B & = \text{peso del solido immerso nel liquido ausiliario} \\ \rho_o & = \text{densità del liquido ausiliario ad una data} \\ & \text{temperatura } T \\ P & = \text{spinta del liquido ausiliario sul solido} \\ & (\text{in luogo di } A - B): \text{leggibile direttamente} \\ & \text{sulle bilance elettroniche METTLER TOLEDO,} \\ & \text{vedere 4.2} \end{array}$$

oppure più semplicemente

$$\rho_2 = \frac{A}{P} \cdot \rho_o$$

La spinta dell'aria non viene generalmente presa in considerazione per i corpi solidi. Se necessario, come nel primo caso, si può apportare al risultato  $\rho_2$  la correzione di circa  $+ 0,001 \text{ g/cm}^3$ ; vedere anche 3.2, Spinta dell'aria.

### **3. Precisione della determinazione della densità**

I fattori suscettibili di influire sul risultato vengono presi in considerazione a seconda della precisione richiesta per il risultato. I punti che seguono hanno lo scopo di consentire in dettaglio una valutazione quantitativa di detti fattori.

### 3.1 Temperatura

Per i corpi solidi, la variazione della densità dovuta a variazioni della temperatura è in generale così minima che la loro temperatura non ha importanza ai fini della determinazione della densità (ciò vale anche per il corpo da immergere).

Per i liquidi invece, la variazione della densità ha un ordine di grandezza di 0,1 ... 1 %° **ogni °C**, per cui può già apparire nella terza cifra dopo la virgola.

Esempi: Acqua distillata: variazione della densità circa 1 % ogni 5 °C  
Idrocarburi ed alcoli: variazione della densità circa 1 % ogni 1 °C

Si deve tenere presente che questa variazione della densità dei liquidi si ripercuote direttamente sul risultato delle determinazioni della densità di **corpi solidi**, in quanto il volume del corpo solido viene determinato per mezzo di un liquido ausiliario, nel quale il corpo viene immerso. Se nelle determinazioni della densità si desidera una precisione maggiore dell' 1 %, si deve sempre tener conto della temperatura del liquido!

### **Tabella delle densità dell'acqua distillata:**

Tratto da: "Handbook of Chemistry and Physics" 66th Ed. 1985-1986, F4-F5)

Temperatura (°C)	Densità (g/ ml)
15,0	0,9991
15,5	0,9990
16,0	0,9990
16,5	0,9989
17,0	0,9988
17,5	0,9987
18,0	0,9986
18,5	0,9985
19,0	0,9984
19,5	0,9983
20,0	0,9982
20,5	0,9981
21,0	0,9980
21,5	0,9979
22,0	0,9978
22,5	0,9977
23,0	0,9975
23,5	0,9974

Temperatura (°C)	Densità (g/ ml)
24,0	0,9973
24,5	0,9972
25,0	0,9970
25,5	0,9969
26,0	0,9968
26,5	0,9966
27,0	0,9965
27,5	0,9964
28,0	0,9962
28,5	0,9961
29,0	0,9959
29,5	0,9958
30,0	0,9956
30,5	0,9955
31,0	0,9953
31,5	0,9952
32,0	0,9950

Per altri liquidi, la densità alla temperatura T dovrà essere tratta da un tabellario.

### **3.2 Spinta dell'aria**

1 cm<sup>3</sup> di aria pesa – a seconda della sua condizione – circa 1 ... 1,2 mg. Pertanto, un corpo pesato in aria subisce una spinta di questa grandezza per ogni cm<sup>3</sup> del suo volume. Ciò significa che, data una densità attorno ad 1 (1 g/ cm<sup>3</sup>), si verifica, non tenendo conto della spinta dell'aria, un errore di circa 1 %. Se è richiesto un risultato con 3 (oppure 4) cifre dopo la virgola, sarà quindi necessario correggere il risultato in base alla spinta dell'aria:

La vera densità è di circa 0,001 g/ cm<sup>3</sup> maggiore di quella calcolata.

Il metodo di calcolo della densità di liquidi (divisione per 10 ml, conformemente al volume del corpo immerso) fa sì che già per un peso indicato con tre decimali si ottiene un risultato con quattro decimali. E' pertanto opportuno in questo caso eseguire sistematicamente la correzione dovuta alla spinta dell'aria.

### **3.3 Tolleranza sul volume del corpo immerso**

Legislazione tedesca di metrologia EO 13-4, paragrafo 9.21

Il volume del corpo immerso, comprensivo della metà inferiore del filo di sospensione, deve essere regolato in modo tale che la determinazione della densità dell'acqua a 20 °C sia affetta da un errore massimo di ± 0,0005 g/ cm<sup>3</sup> con un corpo immerso del peso di 30 g.

### **3.4 Profondità d'immersione del corpo da immergere o del portapietra**

**Il corpo da immergere** è appeso ad un filo di platino di 0,2 mm di diametro. Quindi il filo subisce nell'acqua una spinta di circa 0,3 mg ogni 10 mm di lunghezza immersa.

Se il liquido si trova 10 mm al disopra dell'occhiello del corpo, sono immersi circa 20 mm di filo. Per densità prossime ad 1 ne risulta una spinta di 0,6 mg. Dato però che si divide ancora per 10 ml, questa fonte d'errore diventa del tutto trascurabile.

**Il portapietra** è costituito, nella sua parte da immergere, da un filo di 0,8 mm di diametro, il che, data una densità del liquido attorno ad 1, comporta una spinta di circa 5 mg ogni 10 mm di lunghezza immersa. Dato però che il portapietra nella pesata del corpo solido in aria è analogamente immerso nel liquido e dato inoltre che la profondità d'immersione, nonostante la differenza di peso, non varia sulle bilance elettroniche, la spinta del liquido sul portapietra rimane costante e non viene quindi di considerata. Condizione: non variare il livello del liquido (La variazione del livello del liquido a seguito dell'immersione del corpo solido è per lo più trascurabile: un volume del solido di 1 cm<sup>3</sup> fa salire il livello del liquido di 0,5 mm, il che provoca una spinta di circa 0,15 mg, cioè un errore nella determinazione della densità di circa 0,15 mg/ cm<sup>3</sup>).

### **3.5 Tensione superficiale del liquido**

A seguito dell'adesione del liquido al filo di sospensione si verifica un aumento fittizio del peso. Nel caso del corpo immerso (diametro del filo 0,2 mm) ed in acqua, questa forza ammonta a circa 1 mg; essa può essere ridotta a circa 0,3 mg con l'impiego di agenti tensioattivi o di liquidi organici. Però anche in questo caso si deve poi dividere per 10 ml, per cui l'errore di densità risultante ammonta al massimo a 0,0001 g/ml.

Poiché il diametro del filo è più grande, sul portapietra immerso in acqua agisce una forza che può arrivare fino a 3 mg. Anche in questo caso, analogamente a quanto detto nel punto 3.4, una ripercussione sul risultato viene eliminata praticamente dal fatto che il portapietra è immerso durante **entrambe** le pesate (A e B). Se è richiesta la massima precisione, sarà nondimeno preferibile, per precauzione, ridurre la tensione superficiale (vedere anche 3.6).

### **3.6 Bollicine d'aria**

Particolarmente nel caso di liquidi scarsamente bagnanti, come è p.es. il caso dell'acqua priva di prodotti tensioattivi, sussiste la possibilità che sul corpo solido, sul corpo immerso o sul portapietra rimangano attaccate delle bollicine d'aria che alterano il risultato per effetto della spinta verso l'alto da esse esercitata. Una bollicina di 1 mm Ø genera una spinta verso l'alto di 0,5 mg, una bollicina di 2 mm Ø però già una spinta di 4 mg.

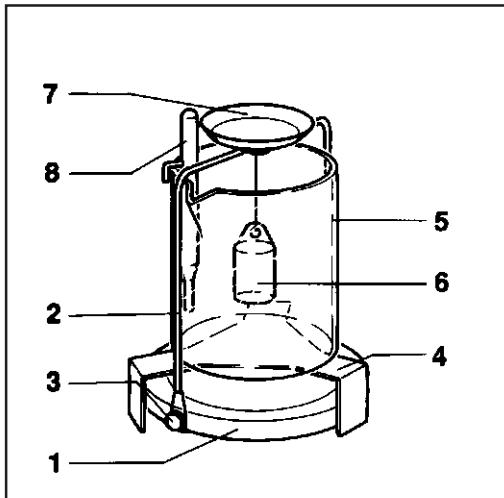
#### **Accorgimenti precauzionali:**

- Sgrassare con solventi il corpo solido ad essi resistente.
- Pulire a regolari intervalli di tempo il portapietra ed il corpo da immergere e non toccare con le mani la parte che va immersa.
- Scuotere alquanto il portapietra nella sua prima immersione (bagnatura) nel liquido, prima ancora di agganciarlo alla staffa, affinchè si distacchino le eventuali bollicine d'aria.
- Impiegare quale liquido ausiliario agenti tensioattivi oppure solventi organici (p.es. Foto-Flo della Kodak, Pervitro 75% 72409). La variazione della densità dell'acqua distillata dovuta all'apporto del prodotto tensioattivo è irrilevante; se, p.es., si immette in 250 ml d'acqua 0,1 ml di prodotto tensioattivo avente la densità di 1,2, la densità globale varia di 0,0001 g/ ml.

### **3.7 Corpi porosi**

Dato che immergendo corpi porosi, di regola, non tutta l'aria contenuta nei pori viene espulsa dal liquido, si verificano degli errori. La densità del corpo può essere determinata soltanto approssimativamente.

## 4. Esecuzione delle determinazioni della densità



### Kit montato

- 1 Piatto di pesata della bilancia METTLER TOLEDO
- 2 Staffa, sistemata sul piatto di pesata
- 3 Viti fissaggio staffa sul piatto di pesata
- 4 Ponte, disposto trasversalmente al disopra del piatto di pesata e poggiante sullo chassis della bilancia.  
Attenzione: il piatto 1 e la staffa 2 non devono strisciare contro il ponte!
- 5 Bicchiere da 250 ml, posato sul ponte;
- 6 Corpo da immergere o portapietra
- 7 Piattello di sospensione sulla staffa 2.
- 8 Termometro

I singoli componenti sono nuovamente elencati a pag. 33 (distinta delle parti di ricambio).

### Avvertenze:

- Si raccomanda di verificare la calibrazione.
- Consultare, unitamente al testo che segue, le brevi istruzioni pratiche illustrate illustrate allelate alla presente descrizione.

### 4.1 Determinazione della densità di liquidi

- Utilizzare il corpo da immergere 210260 + il kit di determinazione della densità 33360.
  - Porre sul ponte 4 il bicchiere vuoto, centrando al disotto della sospensione 7; sistemare il termometro entro il bicchiere.
  - Sospendere il corpo da immergere 6. Esso non deve toccare né il bicchiere né il termometro.
  - Tarare la bilancia. Indicazione: esattamente zero.
  - Introdurre nel bicchiere il liquido da esaminare, fino a circa 10 mm al disopra dell'occhiello di sospensione del corpo immerso. Sul corpo non deve aderire alcuna bollicina d'aria; staccare eventualmente le bollicine con un pennellino o simili.
  - Sull'indicazione della bilancia compare (con segno negativo) la spinta  $P_s$  sul corpo immerso. Dividere per 10 questa indicazione  $P_s$  della bilancia, aggiungere poi 0,001 g/ ml.
- Il risultato rappresenta la densità cercata del liquido  $\rho_1$  [g/ ml] alla temperatura T (da leggere).

$$\rho_1 = \frac{P_s}{V_s} + L_s = \frac{P_s \text{ [g]}}{10 \text{ ml}} + 0,001 \text{ g/ ml a } T \text{ }^\circ\text{C} \quad (P_s = A_s - B_s)$$

Se si deve rinunciare all'indicazione diretta della spinta, si determinerà  $P_s$  mediante due distinte pesate:  $A_s$  = corpo da immergere in aria;  $B_s$  = corpo immerso nel liquido. Procedura: come sopra, però si tara **prima** della sospensione del corpo da immergere. A corpo agganciato la bilancia indica poi  $A_s$ , e dopo l'introduzione del liquido (senza ripetere la taratura!) invece  $B_s$ .

**Esempio con indicazione della spinta:** Determinazione della densità di acetone.

Valori misurati: $P_s = 7,898 \text{ g}$	$7,898 \text{ g}$		$+ 0,001 \text{ g/ ml} = 0,7908 \text{ g/ ml a } 20 \text{ }^\circ\text{C}$
$T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$\rho_1$	$\frac{}{10 \text{ ml}}$	

La densità dell'acetone impiegato nella prova è di 0,7908 g/ ml a 20 °C.

## 4.2 Determinazione della densità di corpi solidi

- Utilizzare il kit di determinazione della densità di solidi 33360 (= portapietra **6**).
- Versare nel bicchiere una quantità di liquido ausiliario tale che il corpo solido, quando verrà successivamente introdotto nel cestello in filo metallico del portapietra, risulti ricoperto dal liquido per almeno 1 cm. Inserire il termometro. Posare il bicchiere sul ponte **4**, centrandolo al disotto della sospensione **7**.
- Agganciare il portapietra (attenzione alle bollicine d'aria, specialmente sul cestello).
- Tarare la bilancia. Indicazione: esattamente zero.
- Porre il corpo solido asciutto nel piattello superiore del portapietra, prendere nota del peso indicato (in grammi o carati). Si tratta del peso A del corpo solido in aria.
- Tarare nuovamente la bilancia (con il corpo solido nel piattello). Indicazione: esattamente zero.
- Prelevare il corpo solido dal piattello e porlo nel cestello (immerso nel liquido). Nell'indicazione della bilancia compare (con segno negativo) la spinta P sul corpo solido.

Dividere la prima indicazione A per la seconda indicazione P poi moltiplicare questo risultato parziale per la densità  $\rho_o$  del liquido ausiliario (alla temperatura T).

Questo risultato finale rappresenta le densità cercata  $\rho_2$  del corpo solido. L'unità corrisponde a quella adottata per la densità  $\rho_o$  del liquido ausiliario, p.es. g/ cm<sup>3</sup> (il che corrisponde g/ ml).

$$\rho_2 = \frac{A}{P} \cdot \rho_o = \frac{A \text{ [g]}}{P \text{ [g]}} \cdot \rho_o \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

Pioché le unità di A e P si elidono, le pesate possono essere eseguite tanto in carati quanto in grammi: il risultato  $\rho_2$  ha sempre l'unità di  $\rho_o$ .

Se si deve rinunciare all'indicazione diretta della spinta, P sarà determinato con A - B: B comparirà nell'indicazione della bilancia in luogo di P se dopo l'indicazione del peso A non si esegue per nulla la tara, oppure se si tara **dopo aver tolto** il corpo solido.

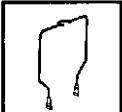
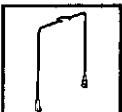
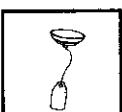
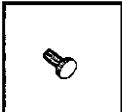
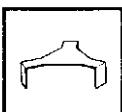
**Esempio con indicazione della spinta:** Determinazione della densità di una moneta con l'ausilio di acqua distillata.

Valori misurati:	A = 3,011 g	$\rho_2 = \frac{3,011}{0,336} \cdot 0,997 \text{ g/cm}^3 = 8,93 \text{ g/cm}^3$
	P = 0,336 g	
	T = 25,5 °C → $\rho_o = 0,997 \text{ g/cm}^3$	

La moneta ha una densità di 8,93 g/ cm<sup>3</sup>.

**Spare parts**  
**Ersatzteile**  
**Pièces de rechange**  
**Repuestos**  
**Parti di ricambio**

Order No.  
 Bestell-Nr.  
 No de commande  
 No de pedido  
 N. ordinazione

	Glass beaker 250 ml Becherglas Bécher Vaso Bicchiere	71578
	Bracket 80 mm Bügel Etrier Estribo Staffa	33341
	Bracket 130 mm Bügel Etrier Estribo Staffa	33342
	Float packaged Senkkörper verpackt Plongeur sous emballage Cuerpo sumergible embalado Corpo da immergere imballato	210260
	Gem holder Steinträger Porte-pierre Portapiedras Portapietra	33343
	Thermometer Thermometer Thermomètre Termómetro Termometro	238767
	Clamping screw Klemmschraube Vis de fixation Tornillo de apriete Vite di fissaggio	40288
	Bridge Brücke Pont Puente Ponte	33347
	Pervitro 75%	72409

For fast, reliable and efficient determination of density of solid, porous or fluid substances we also recommend the METTLER TOLEDO LabWare "Density".

Für schnelle, einfache und zuverlässige Dichtebestimmung von festen, porösen und flüssigen Stoffen verwenden Sie auch die METTLER TOLEDO LabWare "Dichte".

Pour une détermination rapide, simple et fiable de la masse volumique de solides poreux ou de liquides, utilisez également le METTLER TOLEDO LabWare "Masse volumique".

Para una determinación rápida, sencilla y fiable de densidades de sustancias sólidas, porosas y líquidas, utilice también el LabWare METTLER TOLEDO "Densidad".

Per una determinazione rapida, semplice ed affidabile della densità di sostanze solide, porose e di liquidi impiegate anche il METTLER TOLEDO LabWare "Densità".



To protect your METTLER TOLEDO product's future:

METTLER TOLEDO Service assures the quality, measuring accuracy and preservation of value of all METTLER TOLEDO products for years to come.

Please send for full details about our attractive terms of service.

Thank you.

Für eine gute Zukunft Ihres METTLER TOLEDO Produktes:

METTLER TOLEDO Service sichert Ihnen auf Jahre Qualität, Messgenauigkeit und Werterhaltung der METTLER TOLEDO Produkte.

Verlangen Sie bitte genaue Unterlagen über unser attraktives Service-Angebot.

Vielen Dank.

Pour assurer l'avenir de vos produits METTLER TOLEDO:

Le service après-vente METTLER TOLEDO vous garantit pendant des années leur qualité, leur précision de mesure et le maintien de leur valeur.

Demandez-nous notre documentation sur les excellentes prestations proposées par le service après-vente METTLER TOLEDO.

Merci.

Para un mejor futuro de sus productos METTLER TOLEDO:

El servicio postventa de METTLER TOLEDO garantiza durante años su calidad, su precisión metrológica y la conservación de su valor.

Pida nuestra documentación sobre las excelentes prestaciones que le ofrece el servicio postventa de METTLER TOLEDO.

Gracias.

Per un buon futuro dei Vostri prodotti METTLER TOLEDO:

Il servizio assistenza tecnica METTLER TOLEDO Vi garantisce nel corso degli anni la loro qualità, la loro precisione di misura e la conservazione del loro valore.

Richiedeteci subito la documentazione illustrativa del servizio altamente professionale che Vi offriamo.

Grazie.



\*P702578\*

Subject to technical changes and to the availability of the accessories supplied with the instruments.

Technische Änderungen und Änderungen im Lieferumfang des Zubehörs vorbehalten.

Sous réserve de modifications techniques

et de disponibilité des accessoires.

Reservadas las modificaciones técnicas

y la disponibilidad de los accesorios.

Con riserva di apportare modifiche tecniche

e di disponibilità degli accessori.