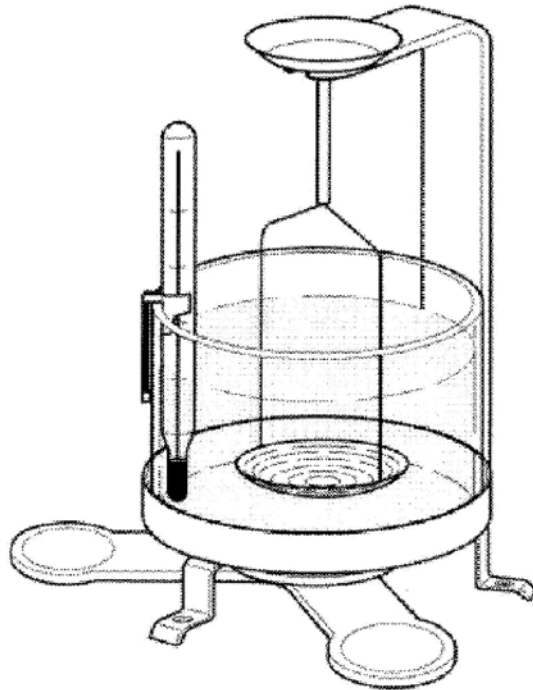




# 密度測定キット 取扱説明書



このキットは、OHAUS® Adventurer™、Adventurer™ Pro (AV53x を除く)、Adventurer™ SL (AS153x を除く)、Pioneer、Explorer® Pro、Voyager®、および Voyager® Pro モジュール (610g までのひょう量、正確度 0.1mg および 1mg)、Explorer® モジュール (1100g までのひょう量、正確度 0.1mg および 1mg) と互換性があります。このアクセサリを使用する前に、本書の取扱説明をよくお読みください。



# 目次

1	はじめに .....	4
1.1	ご使用前に .....	4
1.2	標準付属品 .....	4
2	密度測定のための天びんの準備 .....	6
3	密度測定の原理 .....	6
4	固体の密度測定 .....	7
4.1	基本原理 .....	7
4.2	固体の密度測定の実行 .....	7
4.3	測定精度の改善 .....	9
5	液体の密度測定 .....	9
5.1	基本原理 .....	9
5.2	液体の密度測定の実行 .....	10
5.3	測定精度の改善 .....	11
6	補足情報 .....	11
6.1	影響因子 .....	11
6.2	蒸留水の比重表 .....	13
6.3	エタノールの比重表 .....	14

## 1 はじめに

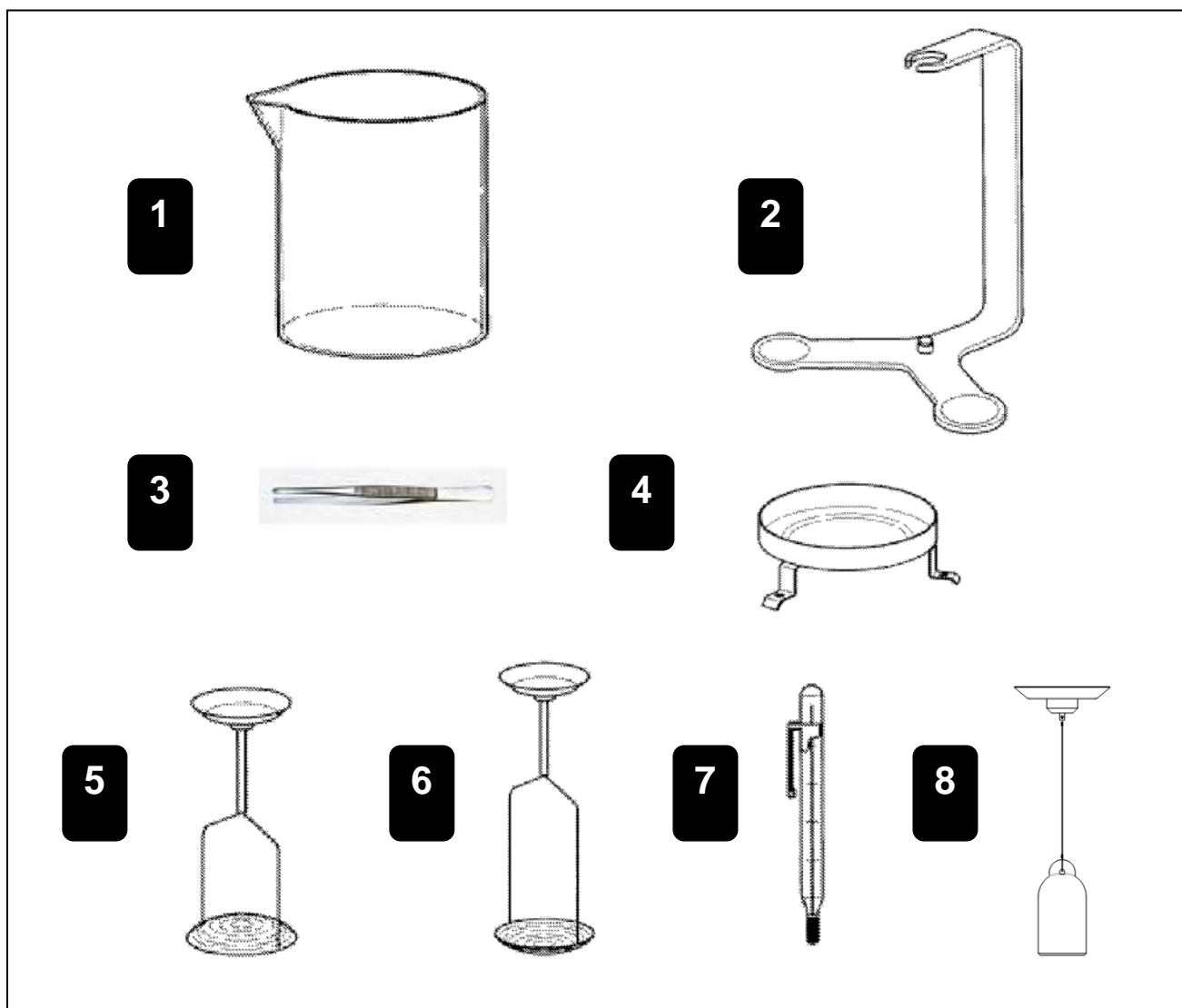
### 1.1 ご使用前に

OHAUS 天びん用の密度測定キットをご購入いただきまして、ありがとうございます。このキットをご使用頂くことで、天びんを固体と液体の密度測定に使用できます。

### 1.2 標準付属品

このキットには、次の図の部品が含まれています。

液体の密度を測定するには、このキットとオプションの 10ml シンカーが必要です。



**1** ガラスビーカー

**3** ピンセット

**5** 浮遊固体測定用ホルダー

**7** ホルダー付き温度計

**2** ブラケット

**4** 計量台

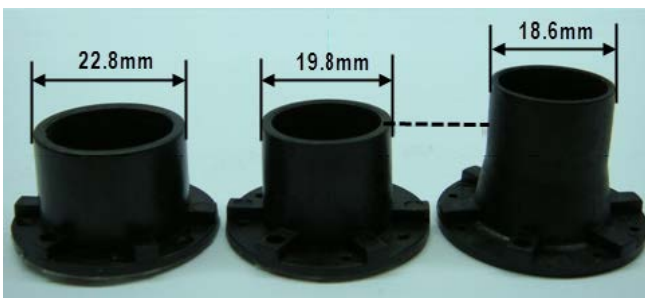
**6** 非浮遊固体測定用ホルダー

**8** 10ml シンカー (オプション)



**9** 皿受け (高さ = 38.1mm)  
AR 0.1mg/EP/VP 用

**10** 皿受け (高さ = 23.5mm)  
PA 0.1mg/CP 0.1mg 用



**11** 皿受け (直径 = 22.8mm)  
PA1mg/CP1mg/AR1mg/EX 1mg 用

**12** 皿受け (直径 = 19.8mm)  
AV/CAV 用

**13** 皿受け (直径 = 18.6mm)  
EX 0.1mg 用



**14** バランスウェイト A

**15** バランスウェイト B

天びん	ウェイト番号	数量
EX 1mg	A	1
AV 1mg	A	1
EP/VP 1mg	A	3
PA/CP 1mg	B	1

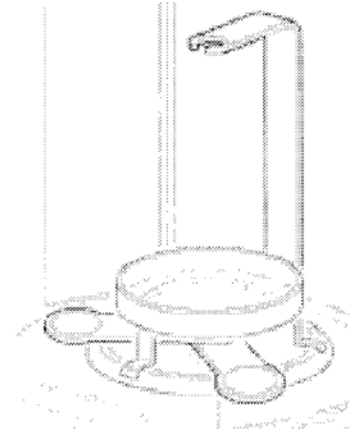
## 2 密度測定のための天びんの準備

このセクションでは、天びんを密度測定用に使用する方法について説明します。次の手順に従ってください。

お使いの天びんに応じて、皿受けを選択してください (セクション 1.2 を参照)。皿受けのテープカバーを外し、ブラケット (2) 底部の中心に取り付けます。

1. 風防ドアを開いて、計量皿を外します。
2. ブラケットを皿受けとともに天びんコーンの上に置きます。
3. 計量台 (4) をブラケットの上に置きます。3 本の支持脚をブラケットの天びんアームの間に置き、風防の底板の上で安定して立つようにします。

注: いかなる場合も、ブラケットが計量台に触れないようにしてください。



## 3 密度測定の実理

密度  $\rho$  は、質量  $m$  と体積  $V$  の商です。

$$\rho = \frac{m}{V}$$

国際単位系では、 $\text{Kg/m}^3$  を密度の単位として規定しています。しかし、 $\text{g/cm}^3$  の単位のほうがラボの用途には適しています。

密度測定はアルキメデスの原理に基づく場合が多く、この原理は天びん用密度測定キットにも利用されています。この原理では、液体中の物体は、その物体が押しつけた液体の重さに等しい浮力を受けます。

アルキメデスの原理による密度測定の手順は、固体または液体のいずれの密度を測定するかに応じて決まります。

## 4 固体の密度測定

### 4.1 基本原理

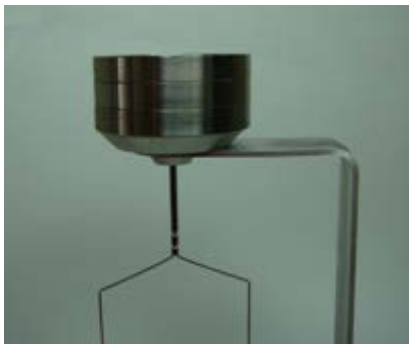
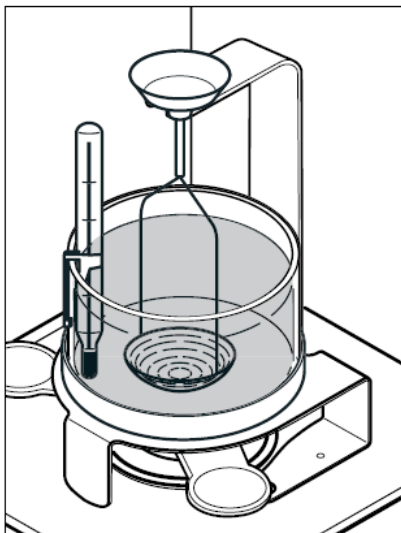
固体の密度は、密度  $\rho_0$  が既知の液体によって測定されます (通常は水またはエタノールを補助液として使用します)。密度  $\rho$  は、空気中で測定した固体重量 (A) と液中での固体重量 (B) の 2 つの計量値から、次のように計算できます。

$$\text{Density: } \rho = \frac{A}{A-B} (\rho_0 - \rho_L) + \rho_L$$

$$\text{Volume: } V = \alpha \frac{A-B}{\rho_0 - \rho_L}$$

$\rho$  = サンプルの密度  
 A = 空気中でのサンプル重量  
 B = 補助液中でのサンプル重量  
 $\rho_0$  = 補助液の密度  
 $\rho_L$  = 空気密度 (0.0012 g/cm<sup>3</sup>)  
 $\alpha$  = 天びんの補正係数 (0.99985)、調整重りの空気浮力を考慮に入れます。

### 4.2 固体の密度測定の実行



注: ここでは、密度測定を手動で実施する手順について説明します。

お使いの天びんの詳しい操作方法については、天びんに付属の取扱説明書を参照してください。

固体の密度測定では、ガラスビーカー (1) と、浮遊固体測定用ホルダー (5) 非浮遊固体測定用ホルダー (6) のいずれかを使用します。特定の OHAUS 1mg 天びんでは、天びんに応じたバランスウェイトを使用します (セクション 1.2 を参照)。

セクション 2 の手順に従い、密度測定に使用する天びんを準備 (計量台とブラケットを設置) します。

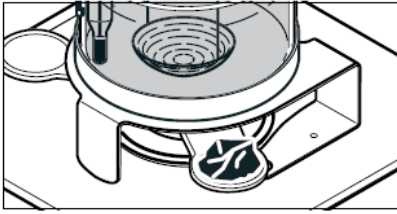
付属の温度計 (7) をビーカー (1) の縁に設置します。ビーカーを計量台の上に置き、補助液を入れます (密度  $\rho_0$  が既知の液体、通常は蒸留水またはエタノール)。固体を液に浸したとき少なくとも 1 cm の液体によって固体が覆われるように、十分な液体を加えます。

固体をブラケットから空中に吊るすか液中に入れるかによって適切なホルダー (5) または (6) を吊るします (横の図は固体を沈める場合のホルダーを示します)。

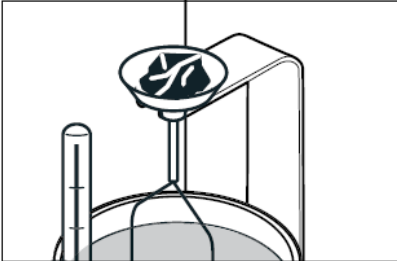
ホルダーの浸水部分に気泡が付着していないことを確かめます (気泡がある場合はホルダーを動かすか細いブラシを使用して取り除きます)。

特定の OHAUS 1mg 天びんでは、バランスウェイトをホルダー上に置きます (横の図は EP/VP 1mg 天びん用のウェイトを示しています)。

風防ドアを閉め、天びんで風袋引きを行います。



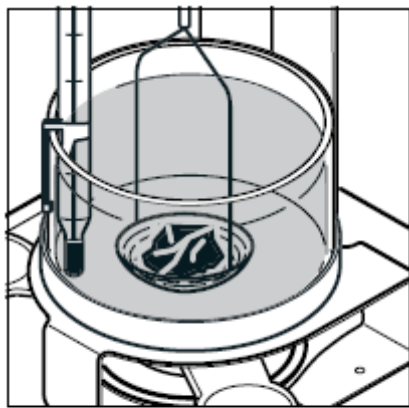
固体を、ブラケット (2) の 2 つのひょう量皿のいずれかに置きます。天びんの表示部の計量値が安定するのを待ち、表示された重量 A を記録します (空気中のサンプル重量)。



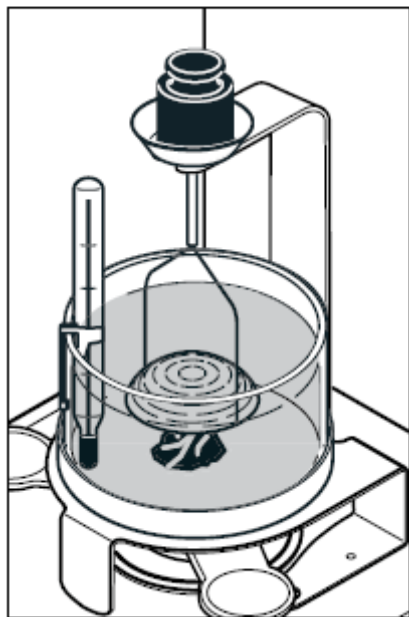
#### 0.1mg モデルの注

空気中で重量が 20g を超える固体を計量するときは、固体をホルダーの最上部にある受皿の中に置きます (20g を超える固体を 1 本のアームで計量すると偏置誤差の原因になります)。

受皿から固体を取り除き、風防ドアを閉じて天びんで風袋引きを行います。



次に固体をホルダー (6) に置きます。固体に気泡が付着していないことを確認してください (気泡がある場合は細いブラシで取り除きます)。



#### 注

密度が  $1\text{g/cm}^3$  未満の固体を使用する場合、固体を空中に吊るすホルダー (5) を使用して、固体を補助液面の下に保持する必要があります。固体の浮力がホルダーの重量より大きい場合、ブラケットの天びん皿上部に追加の重りを置いてホルダーの重さを測る必要があります。追加の重りの荷重を加えた後、天びんで風袋引きをし、密度測定手順を再開します。最初に固体の重さを空気中で測定し (A)、次に補助液の中で測定します (B)。

天びんが安定するのを待ち、表示された重量 B を記録します (補助液中でのサンプル重量)。

ここで、前述の式 (セクション 4.1) に基づいて、固体の密度  $\rho$  を判定します。



### 4.3 測定精度の改善

固体の密度測定の精度を改善するため、以下の点に留意して下さい。

#### 温度

固体は一般的に温度の変動にほとんど影響されないため、それによる密度の変化を考慮する必要はありません。ただし、アルキメデスの原理を基にした、固体密度測定に使用する液体の密度は温度変化に著しく影響し、°Cあたり0.1～1%の密度の変動があります。この影響は結果の小数第3位に現れます。

精度の高い結果を得るために、すべての密度測定で補助液の温度を必ず考慮することをお勧めします。適切な値については、本書末尾の表を参照してください。蒸留水とエタノールの表はセクション6にあります。

#### 補助液の表面張力

ホルダーの吊り下げワイヤに補助液が付着すると、最大で約3mgの表面張力が加わります。

固体の両方（空気中と補助液中）の計量でホルダーは補助液の中に置かれ、天びんはどの計量の前にも風袋引きが行われるので、表面張力の影響は無視できます。

正確な精度を要求する場合は、湿潤剤を数滴液中に滴下して下さい。

## 5 液体の密度測定

### 5.1 基本原理

液体の密度は、既知のシンカーを使用して測定します。シンカーを空気中で計量してから、密度を測定する液体の中で計量します。密度  $\rho$  はこの2つの計量値から、次のように測定できます。

電子天びんでは、浮力に相当する押しのけられる液体  $P$  ( $P=A-B$ ) の重量を測定できるので、前述の式は次のように簡略化できます。

$$\text{Density: } \rho = \alpha \frac{A-B}{V} + \rho_L$$

$$\rho = \alpha \frac{P}{V} + \rho_L$$

$\rho$  = 液体の密度

A = 空気中でのシンカーの重量

B = 液体中でのシンカーの重量

V = シンカーの体積

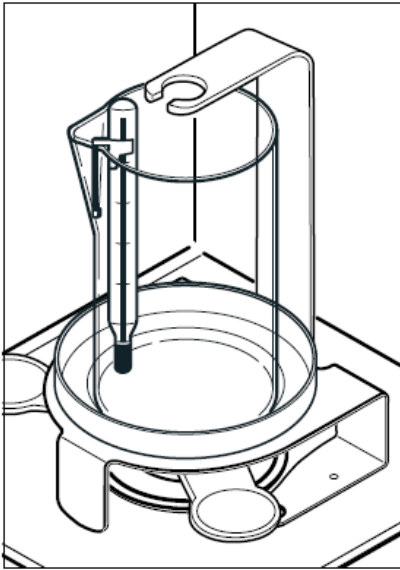
$\rho_L$  = 空気密度 (0.0012 g/cm<sup>3</sup>)

$\alpha$  = 天びんの補正係数 (0.99985)、バランスウェイトの空気浮力を考慮に入れます

P = 押しのけられる液体の重量 ( $P = A - B$ )

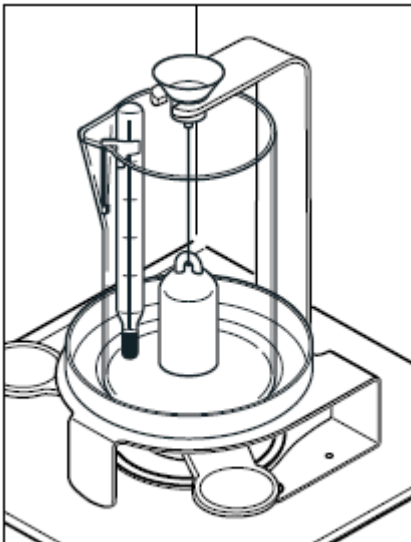
## 5.2 液体の密度測定の実行

注: ここでは、密度測定を手動で実施する手順について説明します。  
お使いの天びんの詳しい操作方法については、天びんに付属の取扱説明書を参照してください。  
液体の密度測定では、ガラスビーカー (1) とオプションのシンカー (8) を使用します。



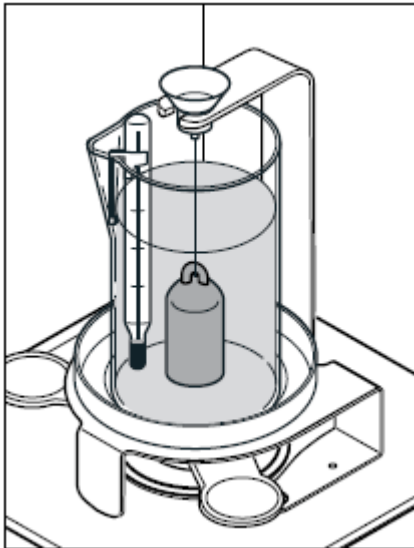
セクション 2 の手順に従い、密度測定用に天びんを準備 (計量台とブラケットを設置) します。

空のビーカー (1) を計量台の上に置き、付属の温度計 (7) をビーカーの縁に設置します。



シンカー (8) をブラケットから吊り下げ、ビーカーにも温度計にも触れないようにします。

天びんの風袋引きを行います。



密度を測定する液体をビーカーに入れます (シンカーのつり穴の約 1 cm 上まで)。重りに気泡が付着していないことを確認してください (気泡がある場合は細いブラシで取り除きます)。

天びんの計量値が安定するのを待ち、表示された値 P を記録します (押しつけられた液体の重さ)。

ここで、液体の密度  $\rho$  (温度計が示す温度での密度) を、前述の式 (セクション 5.1) に基づいて判定します。

### 5.3 測定精度の改善

液体の密度測定の精度を改善するため、以下の点に留意して下さい。

重りの体積許容誤差

液体の密度測定に推奨されるオプションのシンカーは、ドイツの重量および測定に関する法令 (EO 13-4、パラグラフ 9.21) の要件に対応します。吊り下げワイヤの上半分を含むシンカーの体積は、温度 20°C における水の密度測定での最大誤差が  $\pm 0.0005 \text{ g/cm}^3$  の範囲内になるように調整されています。

## 6 補足情報

ここでは、測定結果の精度に悪影響を及ぼす要因について説明します。またこのセクションには、蒸留水とエタノールの密度表も含まれています。

### 6.1 影響因子

温度、空気浮力、液体の表面張力の他に、以下の要素が測定結果に影響する場合があります。

- ホルダーまたはシンカーの沈められた深さ
- 気泡
- 固体の有孔性

ホルダーまたはシンカーの沈められた深さ

液体の密度測定に使用するシンカーを吊り下げるプラチナワイヤーは直径 0.2 mm です。水の中では、このワイヤーは沈められた深さ 10mm につき約 0.3 mg の浮力を受けます。

例:液体がシンカーの吊り下げ穴から 10mm 上にある場合、約 40mm のワイヤーが沈められています。これにより、密度 1 前後で 1.2mg の浮力が生じます。浮力を  $10\text{cm}^3$  (=シンカーの体積) で割るので、測定結果の誤差は無視できるほど小さくなり補正は必要ありません。

固体の密度測定用のホルダーで水と混ざらない部分は 2 本のワイヤーで構成されており、それぞれ直径 0.7mm です。液体の密度 1 では、これにより液に浸す深さ 1mm につき約 0.4mg の浮力が生じます。

固体を空気中で計量する場合、ホルダーを液に浸す深さは変わりません。このためホルダーにかかる浮力は一定で、無視できます。ただし、計量ごとに液面が変わらないようにすることが重要です（固体を液に浸したときの液面の変化は通常はごく僅かです）。

#### 気泡

湿潤液が十分でないと（湿潤剤を使用しない水など）、液に浸される部分（固体、シンカー、ホルダー）に気泡が付着したままになり、その浮力によって測定結果に影響する場合があります。直径 1 mm の気泡は 0.5 mg の浮力を生じ、直径 2 mm の気泡は場合によって 4 mg の浮力を生じます。このような気泡を避けるためにお勧めするのが、次のような予防策です。

- 耐溶剤の固体を脱脂します。
- ホルダーおよびシンカーの汚れを定期的に落とし、液に浸す部分を手で触れないようにします。
- ホルダーとシンカーを最初に液に浸すとき、それらをゆっくりと振り気泡を取り除きます。
- 付着して取りにくい気泡は、細いブラシで取り除きます。
- 付属または市販の湿潤剤または有機液体を使用します（蒸留水に湿潤剤を加えた際の密度の変化は無視できます）。

#### 固体の有孔性

固体を液体の中に入れる際、細孔内のすべての空気が出ていくわけではありません。このため浮力による誤差が生じ、多孔質の固体で測定される密度は概算値となります。

## 6.2 蒸留水の比重表

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

## 6.3 エタノールの比重表

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

C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH の密度値は、米国物理学会ハンドブック (American Institute of Physics Handbook) に依ります。



オーハウス コーポレーション

〒110-0008

東京都台東区池之端 2-9-7

池之端日殖ビル 6 F (メトラー・トレド (株) 内)

Tel: 03-5815-5515

Fax: 03-5815-5525

[www.ohaus.com](http://www.ohaus.com)

世界各国に事業所があります

□ **\*83021512\***

P/N 83021512 D

[www.ohaus.com](http://www.ohaus.com)

© 2010 Ohaus Corporation, all rights reserved

Printed in China