

密度キット

固体と液体の定量



MS-DNY-54
MS-DNY-43
ML-DNY-43
JEW-DNY-43

METTLER TOLEDO

目次

1	はじめに	5
2	標準付属品	6
3	密度測定のための天びんの準備	8
4	密度測定の方法	10
5	固体の密度測定	11
	5.1 基本原理	11
	5.2 固体の密度測定	11
	5.3 結果の精度を向上するために	12
6	液体の密度測定	14
	6.1 基本原理	14
	6.2 液体の密度測定の実行	14
	6.3 結果の精度を向上するために	15
7	補足情報	16
	7.1 影響する要因	16
	7.2 蒸留水の比重表	17
	7.3 エタノールの比重表	17

1 はじめに

このたびはメトラー・トレド天びんの密度測定キットをご購入いただきありがとうございます。
このキットにより、天びんを使用して固体と液体の密度を測定することができます。

密度測定キットの使用法を以下に説明します。天びんの操作方法については、天びんに付属の取扱説明書をご覧ください。

Note :

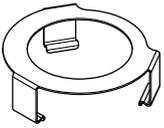
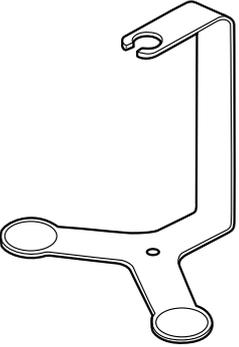
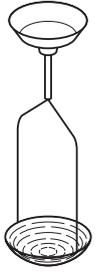
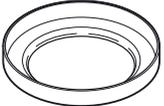
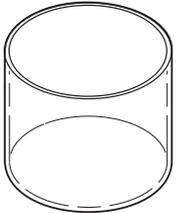
- 最初にインストールされているソフトウェアのバージョンがV1.30およびそれ以降の天びん:
密度アプリケーションが利用可能です。
- 最初にインストールされているソフトウェアのバージョンがV1.30より古い場合:
密度アプリケーションにはソフトウェアおよびTDNRのアップデートが必要です。メトラー・トレドのカスタマーサービスへご連絡ください。



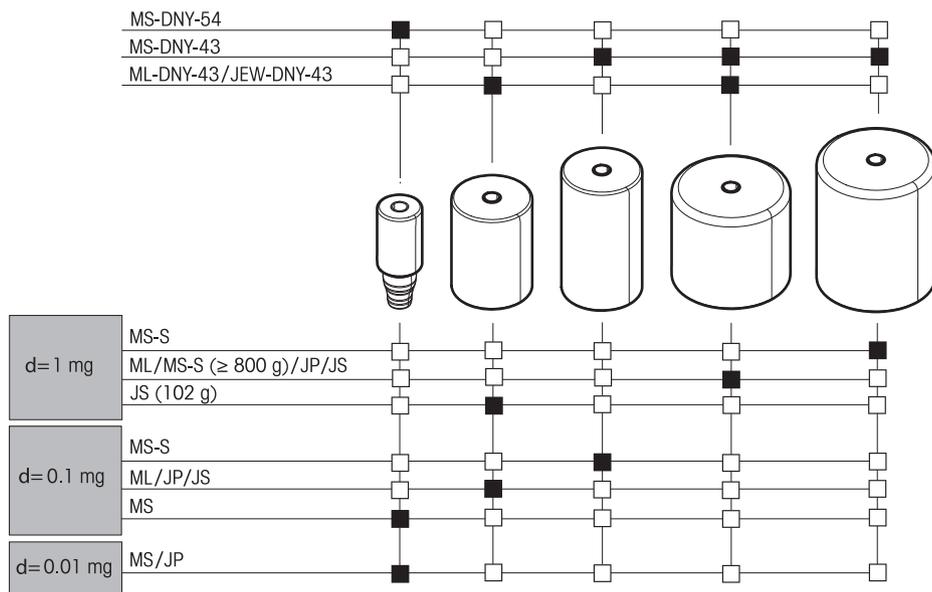
天びんの取扱説明書に記載されたすべての注意事項を順守してください。

2 標準付属品

固体用の密度測定キットには、以下の表にある個々の部品が含まれます。

<p>プラットフォーム</p> 	<p>ブラケット</p> 	<p>非浮遊固体と浮遊固体用のユニバーサルバスケット (30004211)</p> 
<p>皿</p> 		
<p>スクリュー</p> 		
<p>ガラス製ビーカー Ø 80 mm (11142289)</p> 	<p>ホルダー付き精密温度計 (00238767) (オプションの証明書付き校正済みバージョンは 11132685)</p> 	<p>湿潤剤 (0072409)</p> 
<p>風防リング (MS-DNY-54を除く)</p> 		<p>取扱説明書CD (11781524)</p> 

重量補償用ウェイトはキットによって異なります。



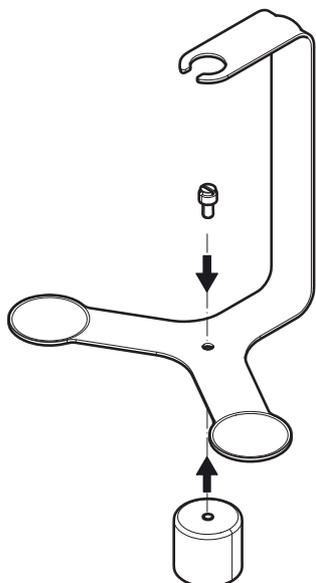
液体の密度測定では、キットとオプションの10 cm³ シンカーが必要です。(00210260)

証明書付き校正済みシンカー (00210672)

新規証明書 (再校正済みシンカー) (00210674)



3 密度測定のための天びんの準備



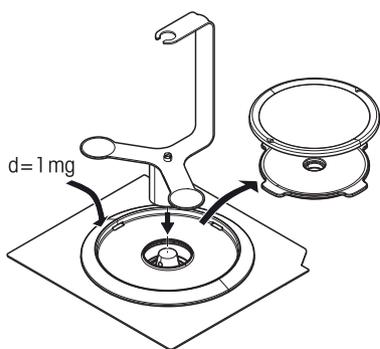
1

重量補償用ウェイトの設置

適切な補正重量を選択するには、「標準付属品」の章の表を参照してください。

適切な重量補償用ウェイトをスクリューでブラケットに固定します。

注意： 接地が適切となるように、スクリューを締めてください。

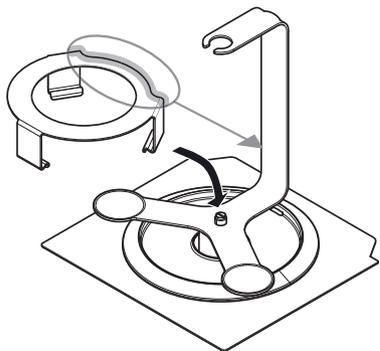


2

a) 天びんの計量皿、計量皿サポート(設置されている場合)をから取り外します。

b) シリーズdの場合 = 1 mg: 風防リングを配置します。

c) 設置された重量補償用ウェイトとともにブラケットを計量コーンにのせます。

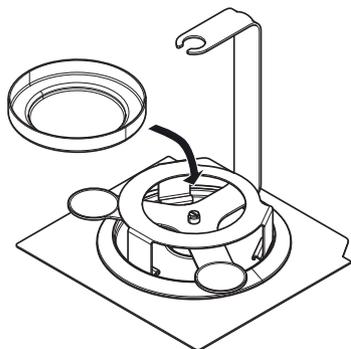


3

a) 風防リングの上にプラットフォームをのせます。

b) プラットフォームと合うようにブラケットを回します。

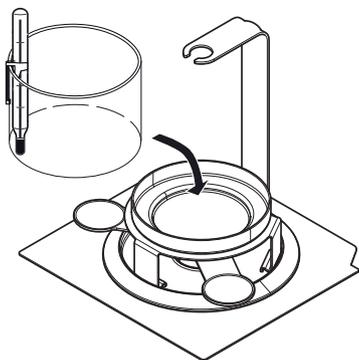
注意： どんな場合でもブラケットがプラットフォームの内側に触れないようにしてください。



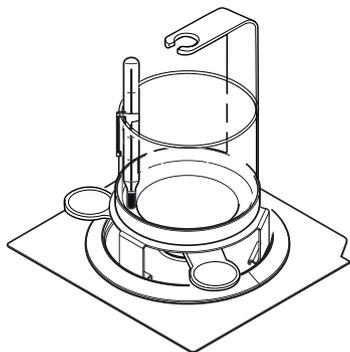
4

皿をプラットフォームにのせます。

- 5 a) 用意された温度計をビーカーの端に取り付けます。
b) ビーカーを皿にのせます。



- 6 **天びんによる密度測定の準備ができました。**
Note: 測定中に天びんがオフになった場合(停電など)、天びんを再起動する前にキットを図のように設定してください。



4 密度測定の方法

密度 ρ は、質量 m を体積 V で割った値です。

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

国際単位系では、密度の単位に kg/m^3 を指定しています。ただし、単位 g/cm^3 は実験室での目的により適しています。

天びんを利用する密度測定では、**アルキメデスの原理**が使われます。この原理は、流体の中にあるすべての物体には、物体が押しつけた部分の流体の重さに等しい浮力が働くというものです。

測定手順に違いはありますがアルキメデスの原理を使用して、**固体または液体の密度**を測定することが可能です。

5 固体の密度測定

5.1 基本原理

固体の密度は、密度 ρ_0 が既知の液体を使用して測定します (通常は水やエタノールが置換液として使用されます)。固体の重量を大気中で測定 (A) した後、置換液の中で測定 (B) します。密度 ρ は、この2つの重量から以下のようにして算出できます。

密度:

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

体積:

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

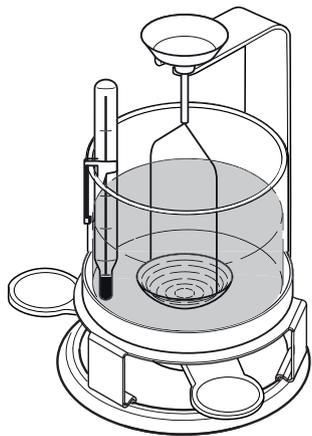
- ρ = サンプルの密度
 A = 大気中のサンプルの重量
 B = 置換液中のサンプルの重量
 V = サンプルの体積
 ρ_0 = 置換液の密度
 ρ_L = 大気の密度 (0.0012 g/cm³)
 α = 調整重量の大気の浮力を考慮に入れるための重量の補正ファクター (0.99985)

5.2 固体の密度測定

Note: この取扱説明書では密度測定キットの使用方法について説明しており、手作業で密度を測定する手順について、記載しています。

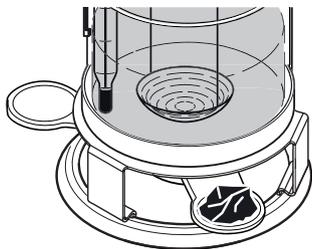
天びんの操作に関する情報は、天びんに付属の取扱説明書をご覧ください。取扱説明書には、天びんに内蔵された**密度測定アプリケーション**(天びんのソフトウェアバージョン1.30)の操作方法が含まれています。

固体の密度測定の場合、非浮遊固体と浮遊固体にはユニバーサルバスケットを使用します。



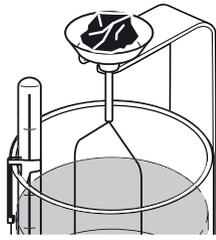
- ▶ 天びんの準備の項に記載されたとおりに、密度測定キットを天びんに設置します。
- a) ビーカーに置換液(既知の密度 ρ_0 を持つ蒸留水やエタノールなどの液体)を入れます。固体が1 cm以上浸かるように十分な量の置換液を追加します。
- b) 固体用のユニバーサルバスケットをブラケットに取り付けます(図は非浮遊固体を測定する場合のユニバーサルバスケットの取付方法を示します)。

バスケットの沈められた部分に**気泡が付着**しないようにしてください(バスケットを動かすか、目の細かいブラシで気泡を取り除きます)。



大気中での重量測定:

- a) 風防ドアを閉めて風袋引きをします。
- b) ブラケットの2つの計量皿のどちらかに固体をのせます。
- c) 天びんの重量表示が安定するまで待ちます(安定マークが消えます)。
- d) 表示された重量A(大気中でのサンプル重量)を記録します。

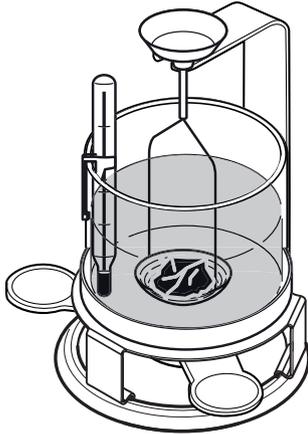


0.01 mgおよび0.1 mgモデルの注意事項:

大気中での重量が**20 gを超える固体の場合**、バスケット上部の計量皿にのせます(荷重が20 gを超えると、偏置誤差の影響が大きくなるためです)。

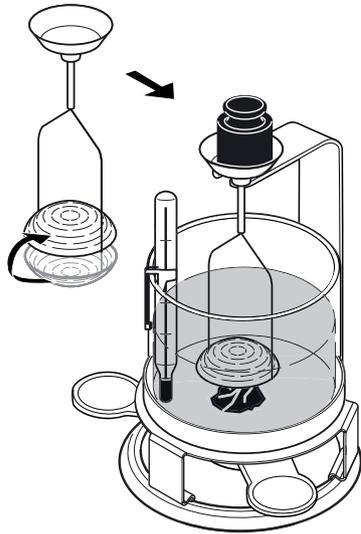
液体中での計量:

- 計量皿から固体を取り出し、風防ドアを閉めて風袋引きをします。
- 固体をユニバーサルバスケットに図のように載せます。固体に気泡が付着していないか確認してください(目の細かいブラシで気泡をすべて取り除きます)。
- 天びんが安定するまで待って、表示された重量B(置換液中でのサンプルの重量)を記録します。
- 前述の公式に基づいて、固体の密度 ρ を測定します。



密度が 1 g/cm^3 未満の固体に関する注意:

ユニバーサルバスケットを回転させて、浮遊固体のためにユニバーサルバスケットの準備をする必要があります。置換液表面より下に固体が維持されるようにします。固体の浮力がバスケットの重量を超える場合、ブラケットの計量皿上部に追加の重量を置くことが可能です。**追加の重量をのせた後に、天びんの風袋を計量してから、空気中での固体の重量(A)を測定し、続いて置換液中の重量(B)を測定することにより、密度測定の手順をやり直します。**



5.3 結果の精度を向上するために

以下のヒントを参考にすれば、固体の密度測定結果の精度の改善に役立ちます。

温度

固体密度は一般的に温度変化にあまり敏感ではないため、温度変化による影響はほとんどありません。ただし、固体の密度測定はアルキメデスの原理に従って、置換液を使用して作業を実行します。液体は温度の影響を非常に受けやすく、 1°C あたり0.1から1%の密度変化が発生するため温度を考慮する必要があります。液体の温度変化は固体密度測定の結果の小数点以下第3位まで影響があります。

正確な結果を得るには、すべての密度測定において、置換液の温度を常に考慮することをお勧めします。 蒸留水とエタノールの各温度における密度表は第6項にあります。

置換液の表面張力

バスケットを釣っているステンレスワイヤーに対して最大3 mgの表面張力が発生します。

密度測定における固体の両方の計量（大気中と置換液中）において、ユニバーサルバスケットが置換液に沈められ、各測定の前に天びんの風袋引きがなされる場合、この表面張力の影響は無視できます。

できるだけ高い精度が必要な場合は、付属の潤湿剤を数滴使用してください。

6 液体の密度測定

6.1 基本原理

液体の密度は、体積が分かっているシンカーを使用して測定します。空気中でシンカーの重量を測定してから、密度を測定する液体の中でシンカーを計量します。密度 ρ は、2回の計量から以下のようにして測定されます。

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

電子天びんを使用すると、動かされた液体の重量 P ($P = A - B$) および浮力を測定できます。このとき、前述の計算式は以下のように簡略化できます。

密度:

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

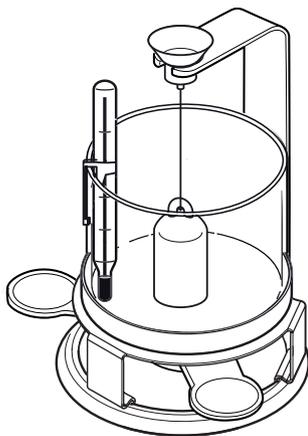
- ρ = 液体の比重
- A = 大気中でのシンカーの重量
- B = 液体中でのサンプルの重量
- V = シンカーの体積
- ρ_L = 大気の密度 (0.0012 g/cm³)
- α = 調整重量の大気の浮力を考慮に入れるための重量の補正ファクター (0.99985)
- P = 動かされた液体の重量 ($P = A - B$)

6.2 液体の密度測定の実行

Note: この取扱説明書では密度測定キットの使用方法について説明しており、手作業で密度を測定する手順について、記載しています。

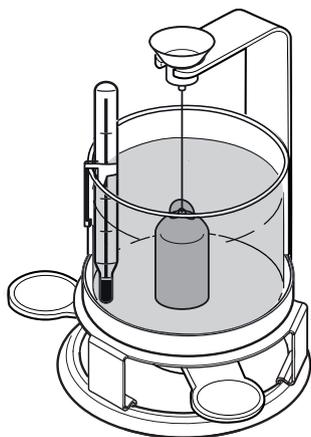
天びんの操作に関する情報は、天びんに付属の取扱説明書をご覧ください。取扱説明書には、天びんに内蔵された**密度測定アプリケーション**(天びんのソフトウェアバージョン1.30)の操作方法が含まれています。

液体の密度測定には、オプションのシンカーを使用します。



大気中でのシンカーの計量:

- ▶ 天びんの準備の項に記載されたとおりに、密度測定キットを天びんに設置します。
- a) シンカーをブラケットから吊り下げて、ビーカーやサーモメーターに触れないようにします。
- b) 天びんの風袋引きを行います。



液体中でのシンカーの計量:

- a) 密度を測定する液体をビーカーに追加します(シンカーを吊り下げる穴から約 1 cm 上まで)。シンカーに気泡が付着していないようにしてください(目の細かいブラシで気泡をすべて取り除きます)。
- b) 天びんの重量表示が安定する(安定マークが消える)まで待ち、表示された値 P (動かされた液体の重量)を記録します。
- c) 前述の計算式にしたがって、(温度計から読み取った温度で)液体の密度 ρ を測定します。

6.3 結果の精度を向上するために

以下のヒントは、液体の密度測定結果の精度を向上する上で役立ちます。

シンカーの体積の誤差

液体の密度測定に推奨されるオプションのシンカー210260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)の要件に対応しています。吊り下げ用ワイヤーの上半分を含むシンカー210260の体積は、温度20°Cの水の密度測定における最大誤差が $\pm 0.0005 \text{ g/cm}^3$ となるように調整されています。

7 補足情報

ここでは、実験結果の精度に悪い影響を与える可能性のある要因について説明します。また、この項には蒸留水とエタノールの密度表も記載されています。

7.1 影響する要因

液体の温度、空気の浮力、表面張力のほかに、以下の要素が実験結果に影響することがあります。

- バスケットまたはシンカーの沈められた深さ
- 気泡
- 固体の有孔性

バスケットまたはシンカーの沈められた深さ

液体の密度測定用シンカーは、直径0.2 mmのプラチナワイヤーから吊り下げられます。水中では、ワイヤーは**沈められた深さ10 mmにつき約0.3 mgの浮力**を受けます。

例：シンカーを吊り下げる穴から10 mm上まで液体が入っている場合、約40 mmのワイヤーが沈められています。これによって、密度1で1.2 mgの浮力が発生します。ただし、計算の際に、測定した浮力を10 cm³ (= シンカーの体積)で割ることにより、結果の誤差は問題にならないほど小さくなるため、修正の必要はありません。

固体の密度測定におけるユニバーサルバスケットの沈められた部分は、**直径0.6 mmの2本のワイヤー**からなります。液体の密度が1の場合、**浸かっている深さ1ミリについて約0.4 mgの浮力**が発生します。

大気中での固体の計量において予め、ユニバーサルバスケットを置換液に沈めた状態で測定するとバスケットにかかる浮力は一定となるため無視することができます。ただし、計量のたびに**液体レベルが変わらない**ことは重要です(固体が沈められることによる液体レベルの変化は、通常は重要ではありません)。

気泡

潤湿液の質が良くない場合(または、潤湿剤の含まれない水)、置換液に沈められた物質(固体、シンカー、バスケット)に気泡が付着し、浮力によって結果に影響を受ける可能性があります。直径1 mmの気泡は0.5 mgの浮力、直径2 mmの気泡は最高で4 mgの浮力をそれぞれ発生させます。気泡を回避するには、以下の**予防措置**をお勧めします。

付属している湿潤材または市販の潤湿剤または有機液体を使用します(潤湿剤を追加することによる蒸留水の密度変化は無視して問題ありません)。

- 耐溶剤性の固体を脱脂します。
- バスケットおよびシンカーを定期的に洗浄し、沈められた部分には決して手を触れないでください。
- 最初に沈める際にバスケットとシンカーを軽く振って、気泡を取り除きます。
- 頑固に付着する気泡は目の細かいブラシで落とします。
- 付属している湿潤材または市販の潤湿剤または有機液体を使用します(潤湿剤を追加することによる蒸留水の密度変化は無視して問題ありません)。

固体の有孔性

固体が液体に沈められる際、細孔内のすべての空気が出ていくわけではありません。これによって、浮力に誤差が発生し、多孔質体の密度は概算値しか測定できなくなります。

7.2 蒸留水の比重表

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

7.3 エタノールの比重表

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

"米国物理学会ハンドブック"に基づくC₂H₅OHの密度。

GWP® – Good Weighing Practice™

グローバルな計量ガイドライン Good Weighing Practice™ (GWP®) は、お客様の計量プロセスにおけるリスクを最小化し、同時に以下をサポートします。

- 最適な天びんの選択
- 検査手順の適正化によるコスト削減
- 主だった規制要求事項に対応

▶ www.mt.com/GWP

www.mt.com

詳細はこちらをご覧ください

Mettler-Toledo AG, Laboratory & Weighing Technologies
CH-8606 Greifensee, Switzerland
Tel. +41 (0)44 944 22 11
Fax +41 (0)44 944 30 60
Internet: www.mt.com

技術的な変更が加えられることがあります。
© Mettler-Toledo AG 06/2010
11781524 Japanese 2.16

