

密度套件

测定固体和液体



MS-DNY-54

MS-DNY-43

ML-DNY-43

JEW-DNY-43

METTLER TOLEDO

目录

1	概况	5
2	标准配置	6
3	密度测定前的天平准备	8
4	密度测定的原理	10
5	固体密度测定	11
	5.1 基本原理	11
	5.2 执行固体密度测定	11
	5.3 提高结果的准确性	12
6	液体密度测定	14
	6.1 基本原理	14
	6.2 液体密度测定的操作步骤	14
	6.3 提高结果的准确性	15
7	附录	16
	7.1 影响因素	16
	7.2 蒸馏水密度表	17
	7.3 酒精密度表	17

1 概况

感谢您为您的梅特勒-托利多天平选购密度测定组件。借助该组件，您可以利用您的天平来测定固体和液体的密度。

这些说明描述了密度测定组件的操作事项。请参阅天平随附的操作说明，了解如何操作此天平。

注意：

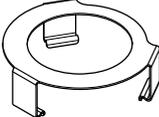
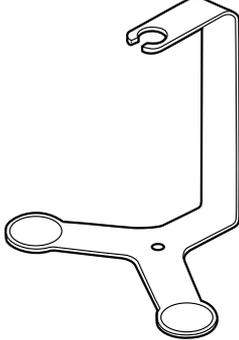
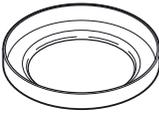
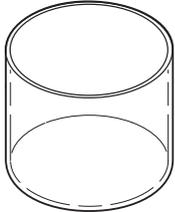
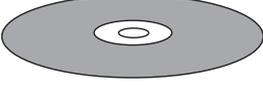
- 若初始安装的是 V1.30 或更高版本软件的天平：
密度应用程序可供使用。
- 若初始安装的是低于 V1.30 版本软件的天平：
密度应用程序需要进行软件和 TDNR 更新。请联系梅特勒-托利多客户服务部。



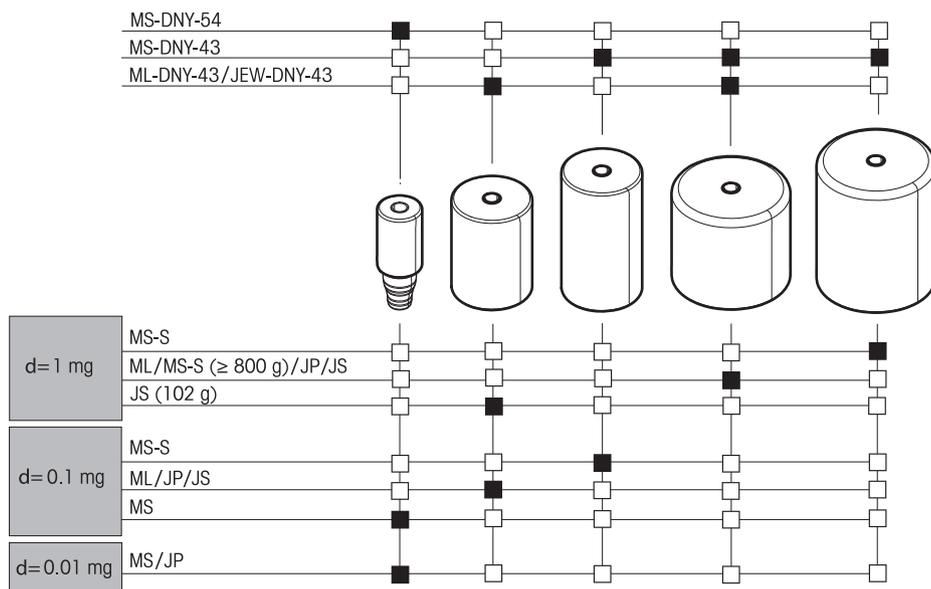
请注意并遵守天平操作说明书上列出的所有注意事项。

2 标准配置

固体密度测定组件包含下表中所示的各个部件。

<p>秤台</p> 	<p>固定支架</p> 	<p>非浮动和浮动固体的通用挂篮 (30004211)</p> 
<p>秤盘 (衡量盘)</p> 		
<p>螺丝</p> 		
<p>直径为 80 mm 的玻璃烧杯 (11142289)</p> 	<p>带有夹具的精密温度计 (00238767) (附有证书的校准版本选件, 11132685)</p> 	<p>增湿剂 (0072409)</p> 
<p>防风圈 (不含 MS-DNY-54)</p> 		<p>光盘里的操作说明书 (11781524)</p> 

根据测定组件来选择的**补偿砝码**



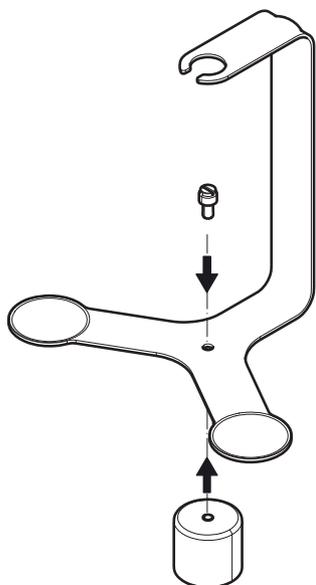
对于液体密度的测定，您需要本测定组件以及 **10 cm³ 的液体密度测量块**选件 (00210260)

附有证书的校准液体密度测量块 (00210672)

新证书 (重新校准的液体密度测量块) (00210674)



3 密度测定前的天平准备

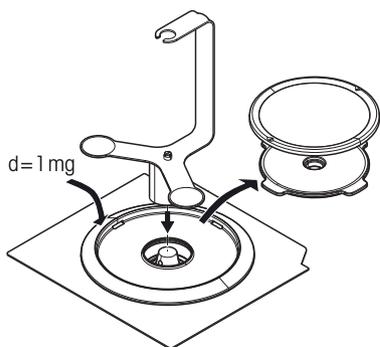


1 安装补偿砝码

要选择合适的补偿砝码，请参见“标准配置”一章中的表格。

利用螺丝将各个补偿砝码固定到支架上。

注意： 务必轻轻地拧紧螺丝，以确保接地良好。

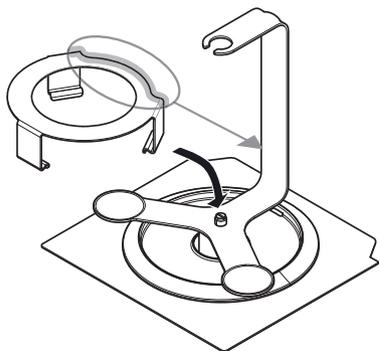


2

a) 从称量室中取下秤盘和秤盘支架（若有）。

b) **对于 $d = 1 \text{ mg}$ 的型号天平：** 放置防风圈。

c) 将固定支架与安装的补偿砝码放在称量圆锥体上。

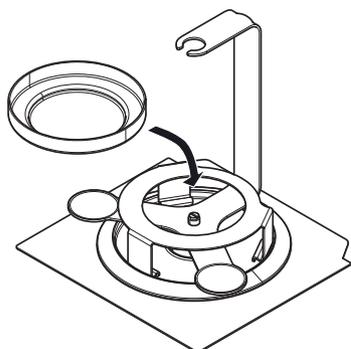


3

a) 将秤台放在防风圈上。

b) 旋转固定支架，使其与秤台对齐。

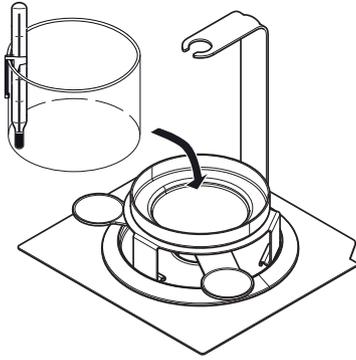
注意： 在任何情况下，固定支架都不得与秤台接触！



4

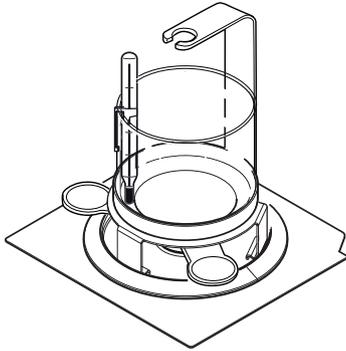
将秤盘放在秤台上。

- 5** a) 将所提供的温度计悬挂在烧杯边缘。
b) 将烧杯放在秤盘上



- 6** 现在您的天平可用于密度测量。

注意： 如果在测量期间关闭天平（例如断电），则在重新启动天平之前，请按上述所示设置测定组件。



4 密度测定的原理

密度 ρ 是质量 (m) 除以体积 (V) 所得的商。

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

国际单位制规定 kg/m^3 作为密度的单位。然而，单位 g/cm^3 更适合用于实验室过程。

通常采用**阿基米德定律**来进行密度测定，这过程也会用到天平的密度测定组件。该定律指出，浸在液体中的任何物体都会由于受到浮力而变轻，减轻的质量等于它排开液体的质量。

根据所测定的是**固体或液体密度**来决定是否采用阿基米德定律测定密度的过程。

5 固体密度测定

5.1 基本原理

借助一种已知密度 ρ_0 的液体（通常使用水和酒精作为辅助液体）来测定固体的密度。首先在空气 (A) 中称量固体，然后在辅助液体中称量 (B)。可以通过这两个质量来计算密度 ρ ，如下所示：

密度：

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

体积：

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

ρ = 样品的密度

A = 样品在空气中的质量

B = 样品在辅助液体中的质量

V = 样品的体积

ρ_0 = 辅助液体的密度

ρ_L = 空气的密度 (0.0012 g/cm³)

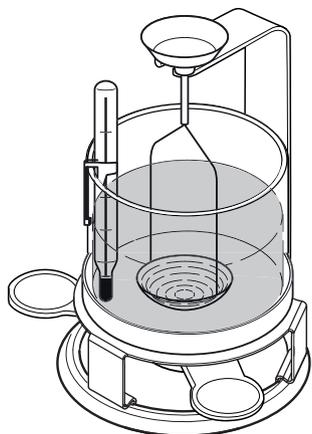
α = 质量校准系数 (0.99985)，将校正砝码的空气浮力考虑在内

5.2 执行固体密度测定

注意： 这些说明解释如何使用密度测定组件。它们描述了手动执行密度测定的过程。

如果您需要了解有关天平操作的信息，请参见天平随附的操作说明书。操作说明书中包含关于如何使用天平内置的**密度测定应用程序**（适用于 1.30 或更高的天平软件版本）的说明。

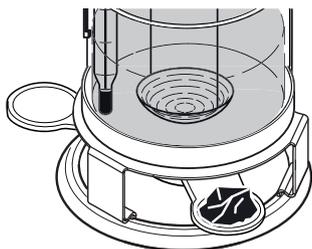
对于固体密度测定，请在测定非浮动或浮动固体过程中使用通用挂篮。



► 准备好用于测定密度的天平，如“天平准备”一节所描述。

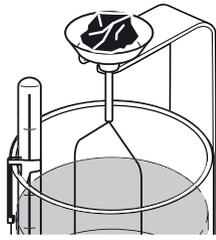
- 在烧杯内倒入辅助液体（一种已知密度 ρ_0 的液体，通常为蒸馏水或酒精）。倒入足够的液体，以确保固体浸入液体表面下至少 1 厘米深。
- 将固体的通用支架悬挂在固定支架上（旁边的示意图显示了为非悬浮固体所准备的挂篮）。

确保挂篮的浸入部分没有粘附**气泡**（通过移动挂篮或借助细刷刷来除去所有气泡）。



在空气中称量：

- 关上防风罩门并扣除天平皮重。
- 将固体放在固定支架的两个秤盘中的一个内。
- 等待直到天平的质量显示值稳定（稳定性探测器消失）。
- 记下所显示的质量 A（样品在空气中的质量）。

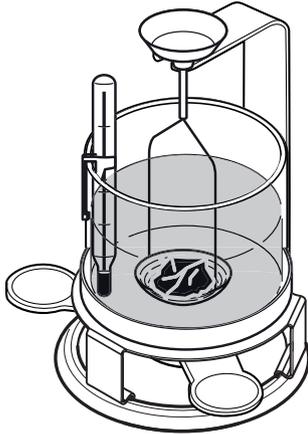


0.01 mg 和 0.1 mg 型号天平的说明:

在空气中称量质量大于 20 克的固体时，放置固体在支架上方的秤盘上（20 克以上的固体在称量时，一支臂上可能会出现四角误差）。

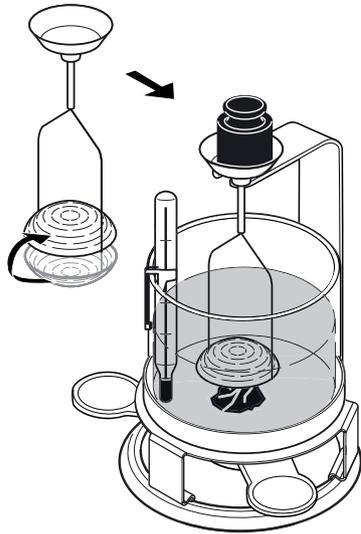
在液体中称量:

- 从秤盘上取下固体，然后关闭防风罩门和扣除天平的皮重。
- 将固体放在挂篮内。确保固体表面没有粘附气泡（使用细刷来除去所有的气泡）。
- 等待直到天平达到稳定并记下所显示的质量 B（样品在辅助液体内的质量）。
- 此时根据上述公式来测定固体的 ρ 密度。



密度小于 1 g/cm^3 的固体说明:

对于浮动固体，必须准备一个通用挂篮，并且将挂篮翻转过来。这样它才能将固体压在辅助液体表面下。如果固体的浮力大于挂篮的质量，则必须在固定支架的秤盘上方放置另一个砝码，以便给挂篮加重。在装载一个额外砝码之后，应扣除天平皮重并重新开始执行密度测定程序，即先称量固体在空气中的质量 (A)，然后称量固体在辅助液体中的质量 (B)。



5.3 提高结果的准确性

下面的提示可以帮助您提高测定固体密度结果的精确性。

温度

固体对温度变化一般不敏感，对应的密度变化也无足轻重。然而，当根据“阿基米德”原理用辅助液体来进行固体密度测定时，由于温度对液体有很大的影响，温度每改变 1°C ，都会使液体密度的大小发生改变（0.1 到 1%），因此测定时必须考虑到液体的温度。这明显影响到称量结果小数点后第三位的准确性。

为了获得精确的称量结果，我们建议在所有密度测定中始终要考虑辅助液体的温度。您可以从密度表中获取相应的数值。您可以在第 6 节中找到蒸馏水和酒精的密度表。

辅助液体的表面张力

辅助液体对挂篮吊线的附着力会使得称量质量结果增加最大 3mg 左右。

由于在称量固体过程中（在空气和辅助液体内称量），挂篮始终浸没在辅助液体内，并且每次测量前已经扣除天平的皮重，因此可以忽略张力所造成的质量增加的影响。

如果需要更为精确的称量结果，可以滴入几滴所提供的增湿剂。

6 液体密度测定

6.1 基本原理

使用一个已知体积的液体密度测量块来测定液体的密度。分别在空气中和待测密度液体中称量液体密度测量块的质量。利用这两个质量可以测得 ρ 密度，如下所示：

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

利用电子天平便可以测得所排出的液体的质量 P ($P = A - B$)，从而得出浮力，可以将上述的公式简化为：

密度：

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

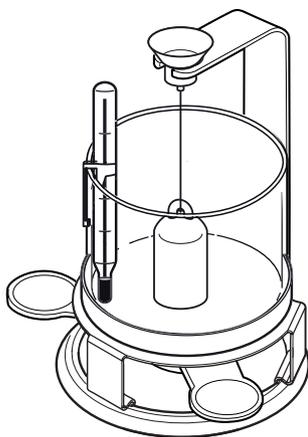
- ρ = 液体密度
- A = 液体密度测量块在空气中的质量
- B = 样品在液体中的质量
- V = 液体密度测量块的体积
- ρ_L = 空气的密度 (0.0012 g/cm³)
- α = 质量校准系数 (0.99985)，将校正砝码的空气浮力考虑在内
- P = 排开的液体的质量 ($P = A - B$)

6.2 液体密度测定的操作步骤

注意： 这些说明解释如何使用密度测定组件。它们描述了手动执行密度测定的过程。

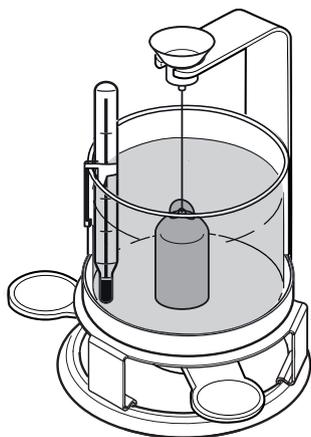
如果您需要了解有关天平操作的信息，请参见天平随附的操作说明书。操作说明书中包含关于如何使用天平内置的**密度测定应用程序**（适用于 1.30 或更高的天平软件版本）的说明。

对于液体密度测定，请使用液体密度测量块选件。



在空气中称量液体密度测量块：

- ▶ 准备好用于测定密度的天平，如“天平准备”一节所描述。
- a) 将液体密度测量块悬挂在固定支架上，并确保其不碰到烧杯或温度计。
- b) 扣除天平的皮重。



在液体中称量液体密度测量块：

- a) 将待测的液体倒入烧杯内（浸过液体密度测量块悬架孔上方大约 1 厘米。）确保液体密度测量块表面没有附着气泡（使用细刷来除去所有气泡）。
- b) 等待直到天平的质量显示稳定（不稳定探测符消失），并记下显示值 P （所排出的液体的质量）。
- c) 此时根据上述公式来测定液体的 ρ 密度（在此温度下，读取温度计）。

6.3 提高结果的准确性

下面的提示可以帮助您提高测定液体密度结果的精确性。

液体密度测量块的体积公差容限

在液体密度测定中推荐的液体密度测量块选件 210260 符合德国砝码和称量规程（E0 13 - 4，第 9.21 段）。校准包括悬挂金属丝上半部在内的液体密度测量块 210260 的体积，使得在 20°C 下测定蒸馏水密度的最大误差为 $\pm 0.0005 \text{ g/cm}^3$ 。

7 附录

本节将介绍一些可能会对实验结果的准确性产生不利影响的因素。除此之外，您将在本节内找到蒸馏水和酒精的密度表。

7.1 影响因素

除了温度、浮力和液体的表面张力以外，下列因素也可能影响实验结果：

- 挂篮和液体密度测量块的浸没深度
- 气泡
- 固体的多孔性

挂篮或液体密度测量块的浸没深度

测定液体密度中所用到的液体密度测量块是使用直径为 **0.2mm** 的铂丝悬挂在液体中。该金属丝在水中受到的浮力约为 **0.3mg/10mm 浸没深度**。

示例：如果液体密度测量块的悬挂孔浸没在液体 10 mm 以下，则大约有 40mm 的铂丝被浸没。这使得铂丝在密度大约为 1 的蒸馏水中受到的浮力约为 1.2mg。由于此浮力被 10 cm³ (= 液体密度测量块的体积) 进行细分后，结果的误差小到可以忽略不计，并且无需进行校正。

测定固体密度中所用到的挂篮的浸没部位由**两根直径为 0.6mm** 的铂丝组成。在密度为 1g/cm³ 的液体中受到的浮力约为 **0.4mg/mm 浸没深度**。

当在空气中称量固体质量时，挂篮在液体中的浸没深度是基本不变的，所以挂篮受到的浮力是恒定的，可以忽略不计。然而，重要的是确保两次称量之间的**液面没有发生改变**（固体浸没液面的改变通常可忽略不计）

气泡

对于润湿性较差的液体（例如没有添加任何增湿剂的液体），气泡可能会附着在浸没的部件上（如固体、液体密度测量块、挂篮），从而因气泡浮力而影响到称量结果。直径为 1mm 气泡产生的浮力约为 0.5mg，而直径为 2mm 气泡产生的浮力却高达 4mg。为了避免空气气泡，我们建议采用以下**预防措施**：

使用随附或市面上销售的增湿剂或有机液体（忽略滴加增湿剂对液体密度的影响）。

- 去除固体表面抗溶剂的污质
- 定期清洁挂篮和液体密度测量块，避免用手接触浸没在液体中的部件
- 在第一次浸没时轻轻抖动挂篮和液体密度测量块以去除表面气泡
- 用细刷清除粘着气泡
- 使用随附或市面上销售的增湿剂或有机液体（忽略滴加增湿剂对液体密度的影响）。

固体的多孔性

当固体浸没在液体中时，并不是孔中所有的气体均被液体替代，这就会引起浮力的误差，因此多孔性固体物质的密度只能近似测定。

7.2 蒸馏水密度表

蒸馏水密度表

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 酒精密度表

酒精密度表

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

C2H5OH 的密度符合“美国物理学会手册”。

GWP® – Good Weighing Practice™

全球称量指南—良好的称量管理规范(GWP®)

可减少您称量流程的风险，并帮助您

- 选择正确的天平
- 通过最优化测试流程以减少支出
- 依从绝大部分法规的要求

► www.mt.com/GWP

www.mt.com

更多信息

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

保留技术修改权。

© Mettler-Toledo AG 06/2010

11781524 Chinese 2.26



* 1 1 7 8 1 5 2 4 *