

밀도 키트

고체와 액체의 밀도 결정



METTLER TOLEDO

목차

1	소개		5
2	표준 장비		6
3	밀도 결정을 위한 저울 준비		8
4	밀도 결정 원칙		10
5	고체의 밀도 결정		11
	5.1	기본	11
	5.2	고체의 밀도 결정 수행	11
	5.3	결과의 정확성 개선	12
6	액체의 밀도 결정		14
	6.1	기본	14
	6.2	액체의 밀도 결정 수행	14
	6.3	결과의 정확성 개선	15
7	보충 정보		16
	7.1	영향 인자	16
	7.2	증류수를 위한 밀도 테이블	17
	7.3	에탄올을 위한 밀도 테이블	17

1 소개

METTLER TOLEDO 저울용 밀도 결정 키트를 구매해 주셔서 감사합니다. 본 키트를 통해 고체와 액체의 밀도를 결정하기 위해 저울을 사용할 수 있습니다.

이 매뉴얼은 밀도 결정 키트 사용 방법을 설명합니다. 저울과 함께 동봉된 저울 조작 방법에 대한 운영 지침을 확인하십시오.

Note:

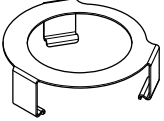
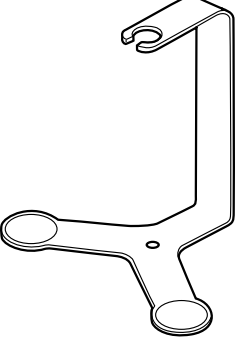
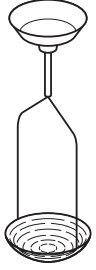




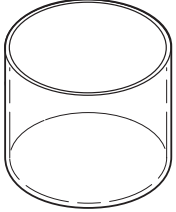

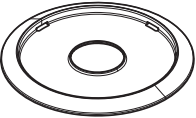
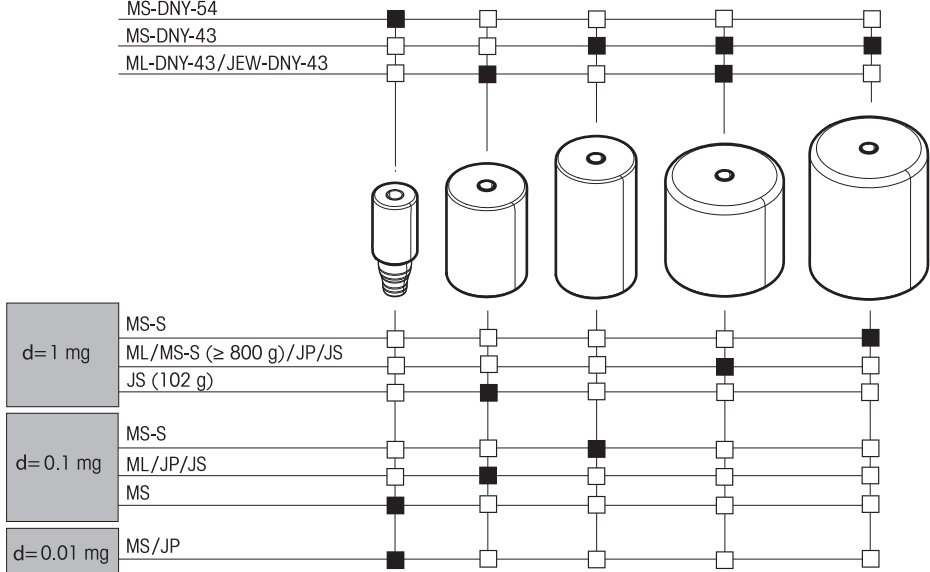
- 초기에 설치된 소프트웨어 버전 V1.30 이후의 저울:
밀도 어플리케이션을 이용할 수 있습니다.
- 초기 설치된 소프트웨어 버전 V1.30 이전의 저울
밀도 어플리케이션에 소프트웨어와 TDNR 업데이트 필요. METTLER TOLEDO 고객 서비스에 문의하십시오.



저울의 운영 지침에 수록된 모든 주의사항을 주의하고 준수하십시오.

2 표준 장비

고체의 밀도 결정을 위한 키트에는 아래 표에 수록된 개별 부품이 포함되어 있습니다.

<p>플랫폼</p> 	<p>브라켓</p> 	<p>비-부동식 및 부동식 고체용 범용 브라켓(30004211)</p> 
<p>팬</p> 		<p>습윤제(0072409)</p> 
<p>나사</p> 		<p>CD 운영 지침(11781524)</p> 
<p>유리 비이커 Ø 80 mm (11142289)</p> 	<p>홀더(00238767) 포함 정밀 온도계(인증서 있는 옵션 보정 버전, 11132685)</p> 	
<p>드래프트 실드 요소(MS-DNY-54 제외)</p> 		
<p>키트에 따른 보상 중량</p>  <p>MS-DNY-54 MS-DNY-43 ML-DNY-43/JEW-DNY-43</p> <p>d=1 mg MS-S ML/MS-S (≥ 800 g)/JP/JS JS (102 g)</p> <p>d=0.1 mg MS-S ML/JP/JS MS</p> <p>d=0.01 mg MS/JP</p>		

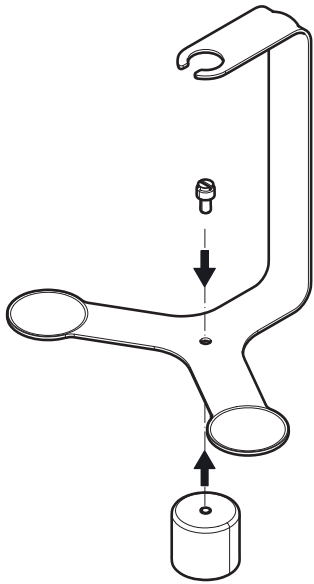
액체 밀도 결정을 위해 키트와 옵션인 10 cm³ sinker (00210260)가
필요합니다.

교정 sinker(인증)(00210672)

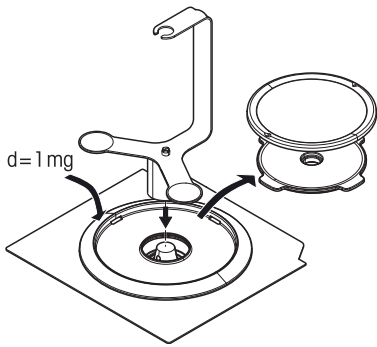
새 인증(재교정 sinker) (00210674)



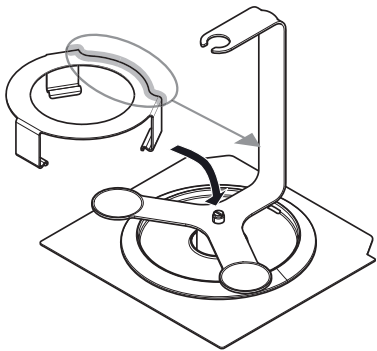
3 밀도 결정을 위한 저울 준비



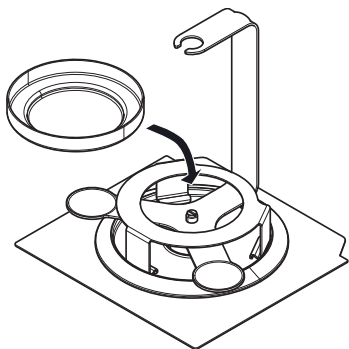
- 1** 보상 중량 설치
- 올바른 보상 중량을 선택하려면 "표준 장비" 장의 표를 참조하십시오.
- 각각의 보상 중량을 나사로 브라켓에 고정합니다.
- 주의: 양호한 접지 접촉을 보장하기에 충분하도록 나사를 살짝 고정하십시오.



- 2** a) 계량 체임버로부터 계량 팬과 계량 팬 지지부(존재하는 경우)를 제거하십시오.
- b) 모델 d = 1 mg: 드래프트 실드 요소를 배치합니다.
- c) 계량 콘에 설치된 보상 중량의 브라켓을 배치합니다.

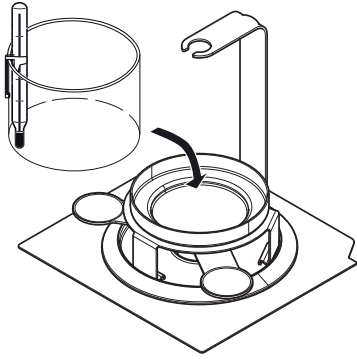


- 3** a) 드래프트 실드 요소에 플랫폼을 배치합니다.
- b) 플랫폼에 맞도록 브라켓을 회전합니다.
- 주의: 브라켓은 어떤 상황에서도 플랫폼에 접촉해서는 안 됩니다!



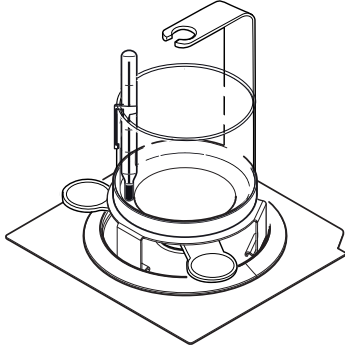
- 4** 팬을 플랫폼에 놓습니다.

- 5** a) 공급된 온도계를 비이커 모서리에 매달입니다.
b) 비이커를 팬에 놓습니다



- 6** 저울은 밀도 측정 준비가 되었습니다.

참고: 측정 시 저울이 꺼진 경우(전원 고장), 저울 전원을 켜기 전에 표시된 대로 키트를 설정합니다.



4 밀도 결정 원칙

밀도 ρ 는 질량 m 과 부피 V 의 지수입니다.

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

국제 단위계에서는 밀도 단위로 kg/m^3 를 지정합니다. 하지만 단위 g/cm^3 은 연구소 목적에 더 적합합니다.

밀도는 종종 아르키메데스의 원리에 따라 측정됩니다. 이 원칙에 따르면 액체에 담그어진 모든 고체는 대체하는 유체의 양과 동등하게 중량을 손실합니다.

아르키메데스의 원칙에 의한 밀도 결정 절차는 고체 또는 액체 밀도를 결정해야 하는 지의 여부에 달려 있습니다.

5 고체의 밀도 결정

5.1 기본

고체의 밀도는 밀도 ρ_0 가 알려진 액체의 도움으로 결정됩니다(물 또는 에탄올은 일반적으로 보조 액체로 사용됩니다). 고체는 공기(A)에서 중량 측정된 다음 보조 액체(B)에서 측정됩니다. 밀도 ρ 는 다음과 같이 2개의 중량으로부터 계산할 수 있습니다.

밀도:

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

부피:

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

ρ = 샘플의 밀도

A = 공기 중의 샘플 중량

B = 보조 액체에서의 샘플 중량

V = 샘플의 부피

ρ_0 = 보조 액체의 밀도

ρ_L = 공기의 밀도(0.0012 g/cm³)

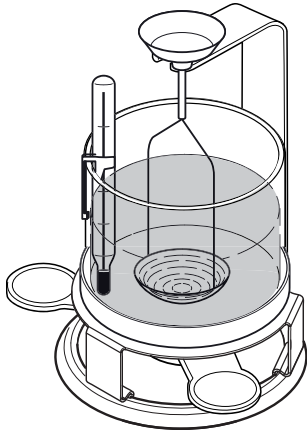
α = 조정된 무게의 대기 부력을 고려하기 위한 중량 보정 요소(0.99985)

5.2 고체의 밀도 결정 수행

참고: 이 지시사항은 밀도 결정 키트로 작업 하는 방법을 설명합니다. 밀도 결정을 수동으로 수행하기 위한 절차를 설명합니다.

저울 운영에 대한 정보가 필요한 경우 저울과 함께 받은 운영 지침을 참조하십시오. 운영 지침에는 저울에 구축된 밀도 결정 어플리케이션을 가지고 작업하기 위한 지침이 포함됩니다(저울 소프트웨어 버전 1.30).

고체의 밀도 결정을 위해서는 비-부동식 또는 부동식 고체용 범용 바스켓을 이용하십시오.



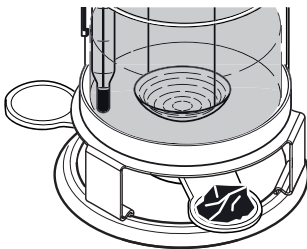
▶ 저울 준비를 위한 절에 설명된 대로 밀도 결정을 위해 저울을 준비하십시오.

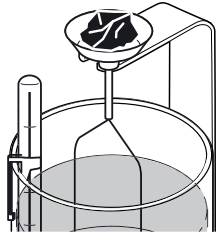
- 보조 액체(밀도가 알려진 액체 ρ_0 , 일반적으로 증류수 또는 에탄올)로 비이커를 채우십시오. 담금 후 고체가 최소한 1 cm 액체에 의해 커버되도록 보장할 수 있는 충분한 액체를 추가하십시오.
- 브라켓으로부터 고체용 범용 홀더를 매달아 두십시오(근접 이미지는 비-부동식 고체를 위해 준비한 범용 브라켓을 표시합니다).

공기 방울이 브라켓의 담겨진 부분에 부착되지 않는지 확인합니다(바스켓을 이동하거나 미세한 브러시로 공기 방울 제거).

공기 중 중량:

- 드래프트 실드 도어를 닫고 저울에 측정합니다.
- 브라켓의 2개의 중량 팬 중 하나에 고체를 배치합니다.
- 저울의 중량 디스플레이가 안정될 때까지 기다립니다(안정성 감지기 사라짐).
- 표시된 중량 A를 표시합니다(공기 중의 샘플 중량)

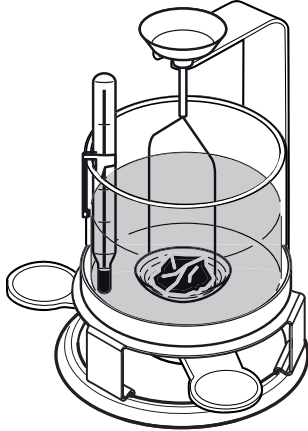




0.01 mg 및 0.1 mg 모델용 참조:

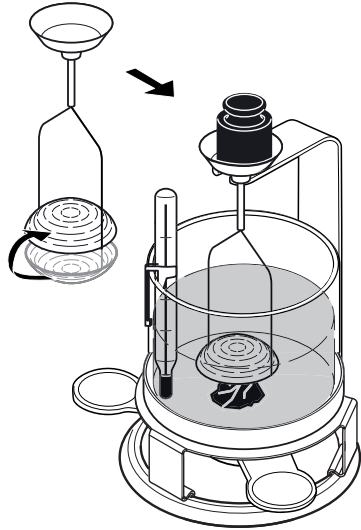
중량 20g 이상의 고체가 공기 중에 계량되는 경우, 브라켓 상단에 팬을 배치합니다(계량시 한 쪽 팔에 20 g 이상의 편심오차(cornerload) 오류가 나타날 수 있습니다).

액체에서 계량:



- 팬에서 고체를 제거하고 드래프트 실드 도어를 닫고 저울로 측정합니다.
- 바스켓에 고체를 배치합니다. 고체에 공기 방울이 붙어 있지 않은지 확인하십시오(미세한 브러시로 공기 방울 제거).
- 저울이 안정될 때까지 기다리고 표시된 중량 B (보조 액체의 샘플 중량)을 참조하십시오.
- 이제 이전 공식에 따라 고체의 밀도 ρ 를 판단합니다.

밀도 1 g/cm^3 이하의 고체에 대한 참조:



바스켓을 회전하여 부동식 고체용 범용 바스켓을 준비해야 합니다. 보조 액체의 표면 아래 고체 본체를 두십시오. 고체의 부력이 바스켓의 중량 이상인 경우 브라켓 상단 계량팬에 추가 중량을 배치하여 바스켓의 중량을 측정해야 합니다. 추가 중량 로드 후, 저울의 중량을 재고 먼저 공기(A) 중의 고체를 잰 다음 보조 액체(B)의 고체를 측정하여 밀도 결정 절차를 다시 시작합니다.

5.3 결과의 정확성 개선

다음 팁은 고체의 밀도 결정에서 결과 정확성을 개선하는 데 도움을 줄 것입니다.

온도

고체는 일반적으로 온도 변동에 둔감하여 해당 밀도 변화에는 어떤 영향도 미치지 않습니다. 하지만 작업은 아르키메데스의 원칙에 따라 고체의 밀도 결정에서 보조 액체로 수행됨에 따라 온도가 액체에 더 큰 영향을 미치고 $^{\circ}\text{C}$ 당 0.1 ~ 1‰의 강도로 밀도 변화를 초래하므로 온도를 고려해야 합니다. 이 효과는 결과의 소수점 3자리에 이미 나타납니다.

정확한 결과를 얻기 위해 모든 밀도 결정에서 보조 액체의 온도를 고려할 것을 권장합니다. 테이블 책에서 적절한 값을 취할 수도 있습니다. 6절에는 증류수와 에탄올에 대한 테이블도 있습니다.

보조 액체의 표면 장력

보조 액체를 바스켓의 부유 전선에 첨가하면 최고 3mg의 중량 증가를 초래합니다.

바스켓은 고체 중량 측정 시(공기와 보조 액체)에 보조 액체에 담그어지고 매 측정 전 저울이 측정되므로 확실한 중량 증가의 영향은 무시할 수 있습니다.

가능한 최고의 정확성이 필요한 경우 공급된 습윤제 몇 방울을 사용합니다.

6 액체의 밀도 결정

6.1 기본

액체의 밀도는 알려진 부피의 sinker를 이용하여 결정됩니다. sinker는 공기 중에서 계량된 다음 밀도가 결정된 액체에서 계량됩니다. 밀도 ρ 는 다음과 같이 두 개의 계량으로부터 결정할 수 있습니다.

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

전자 저울로 변위된 액체의 중량 P ($P = A-B$)과 부력을 결정하여 이전 절차를 다음으로 단순화할 수 있습니다.

밀도:

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

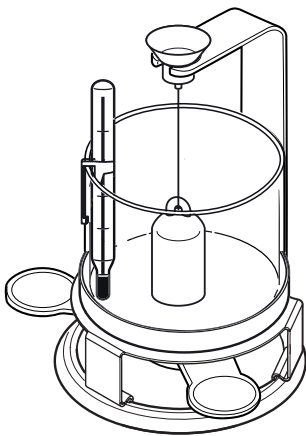
- ρ = 액체의 밀도
- A = 공기 중의 sinker의 중량
- B = 액체에서의 샘플 중량
- V = sinker의 부피
- ρ_L = 공기의 밀도(0.0012 g/cm³)
- α = 조정된 무게의 대기 부력을 고려하기 위한 중량 보정 요소(0.99985)
- P = 변위된 액체의 중량($P = A-B$)

6.2 액체의 밀도 결정 수행

참고: 이 지시사항은 밀도 결정 키트로 작업 하는 방법을 설명합니다. 밀도 결정을 수동으로 수행하기 위한 절차를 설명합니다.

저울 운영에 대한 정보가 필요한 경우 저울과 함께 받은 운영 지침을 참조하십시오. 운영 지침에는 저울에 구축된 밀도 결정 어플리케이션을 가지고 작업하기 위한 지침이 포함됩니다(저울 소프트웨어 버전 1.30).

액체의 밀도 결정을 위해 옵션 sinker를 이용합니다.

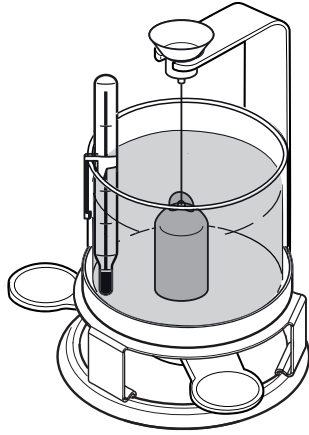


공기 중의 sinker의 중량을 잽니다.

▶ 저울 준비를 위한 절에 설명된 대로 밀도 결정을 위해 저울을 준비하십시오.

a) 바스켓으로부터 sinker를 매달고 온도계나 비이커에 접촉하지 않는지 확인합니다.

b) 저울의 중량을 잽니다.



액체 중의 sinker를 쥅니다.

- a) 밀도를 결정할 액체를 비이커에 추가합니다(sinker의 서스펜션 아이 위 최고 약 1 cm). 공기 방울이 sinker에 부착되지 않는지 확인합니다(미세한 브러시로 공기 방울을 제거합니다).
- b) 저울의 중량 표시가 안정될 때까지 기다리고(안정 감지기 사라짐) 표시된 값 P (변위된 액체의 중량)을 주목합니다.
- c) 이제 이전 공식에 따라 액체의 밀도 ρ 를(온도계의 온도값에서) 결정합니다.

6.3 결과의 정확성 개선

다음 팁은 액체의 밀도 결정에서 결과의 정확성을 개선하는 데 도움을 줍니다.

sinker의 부피 허용치

액체의 밀도 결정을 위해 권장된 옵션 sinker 210260는 독일 계량 및 측정 규정(EO 13-4, 제 9.21항)의 요건을 따릅니다. 서스펜션 전선의 상위 절반을 포함한 sinker 210260의 부피는 온도 20°C에서의 물의 밀도 결정에서 최대 오류가 $\pm 0.0005 \text{ g/cm}^3$ 가 되도록 조정됩니다.

7 보충 정보

이 절에서는 실험 결과의 정확성에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 영향 인자에 대한 정보를 제공합니다. 또한 이 절에는 증류수와 에탄올을 위한 밀도 테이블이 있습니다.

7.1 영향 인자

온도, 공기 부력과 액체의 표면 장력에 더해 다음 요소는 실험 결과에 영향을 미칠 수 있습니다.

- sinker의 바스켓의 담금 깊이
- 공기 거품
- 고체 본체의 다공성

바스켓 또는 sinker의 담금 깊이

액체의 밀도 결정을 위한 sinker는 직경 0.2 mm의 백금 전선에서 매달아 둡니다. 물에서 전선은 10 mm 담금 깊이 당 약 0.3 mg의 부력을 경험합니다.

예: 액체가 sinker의 서스펜션 아이 위 10mm 이상인 경우 약 40mm 전선이 담그어집니다. 이로 인해 밀도 약 1에서 1.2mg의 부력이 발생합니다. 10 cm³ (= sinker 부피)에 의한 부력 분할로 인해 결과의 오류는 무시할 수 있을만큼 작고 교정하지 않아도 됩니다.

고체의 밀도 결정을 위한 바스켓의 담금 부분은 직경 0.6 mm의 전선 2개로 구성됩니다. 액체 밀도 1의 경우 결과적으로 밀리미터 담금 깊이 당 약 0.4 mg의 부력이 발생합니다.

공기 중에 고체의 중량 측정 시 바스켓의 담금 깊이는 그대로 유지됩니다. 그러므로 바스켓의 부력 힘은 일정하고 그러므로 무시할 수 있습니다. 하지만 액체 수준은 중량 측정 간에 변경되지 않는지 확인해야 합니다(고체의 담금 별 액체 레벨의 변화는 대개 무의미합니다).

공기 거품

잘못된 습윤 액체의 경우(예를 들어, 습윤제 없는 물), 공기 거품은 담그어진 부분(고체, sinker, 바스켓)에 그대로 붙어 있고 부력으로 인한 결과에 영향을 미칠 수 있습니다. 직경 1mm의 거품은 0.5mg의 부력을 초래하는 반면 직경 2mm의 거품은 최고 4mg의 부력으로 이어집니다. 공기 거품을 피하려면 다음의 예방 조치를 따르십시오.

동봉된 또는 상업용 습윤제 또는 유기제(습윤제 추가시 증류수의 밀도 변화는 무시할 수 있음)를 사용합니다.

- 내-용제성 고체 그리스 제거
- 정기적인 간격으로 바스켓과 sinker를 세척하고 손으로 담그어진 부분을 절대 만지지 마십시오.
- 처음 담금 시 공기 방울을 없애기 위해 바스켓과 sinker를 부드럽게 흔드십시오.
- 딱 달라 붙은 공기 방울을 미세한 브러시로 제거하십시오.
- 동봉된 또는 상업용 습윤제 또는 유기제(습윤제 추가시 증류수의 밀도 변화는 무시할 수 있음)를 사용합니다.

고체의 다공성

고체 본체가 액체에 담그어질 때 일반적으로 구멍의 모든 공기가 변위되는 것은 아닙니다. 이는 부력 오류로 이어지고 다공성 본체의 밀도도 그에 따라 결정할 수 있습니다.

7.2 증류수를 위한 밀도 테이블

증류수를 위한 밀도 테이블

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 에탄올을 위한 밀도 테이블

에탄올을 위한 밀도 테이블

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

"미국 물리학 협회 핸드북"에 따른 밀도 C₂H₅OH

GWP® – Good Weighing Practice™

세계적인 우수계량관리지침 Good Weighing Practice™ (GWP®)는 귀사의 계량 공정과 관련된 위험을 줄여주고 아래와 같은 잇점을 지원합니다.

- 적합한 저울의 선택
- 테스트 절차를 최적화하여 비용 감소
- 일반적인 규정의 요구사항 만족

▶ www.mt.com/GWP

www.mt.com

더 많은 정보를 보려면

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

기술적 무단 변경을 금지합니다.
© Mettler-Toledo AG 06/2010
11781524 Korean 2.30

