



Anton Paar

1967년 이후

밀도
측기

TM

성공적인 밀도 측정을 위해서는 다섯 가지 기초 요소인

물 체크, 보정, 시료 전처리, 시료 주입 및 세척에 주의를 기울여야 합니다.

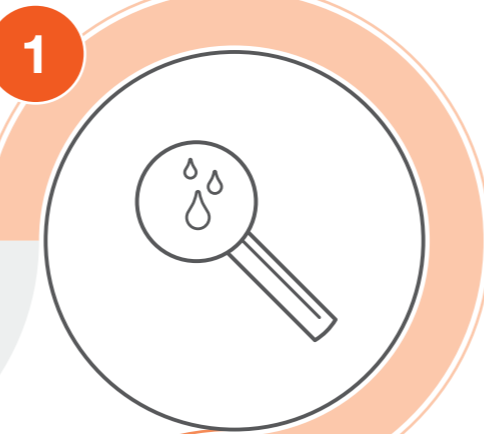
Anton Paar GmbH는 1967년부터 매우 정확하고 신뢰성이 높은 연구 및 산업용 밀도계를 전문적으로 제공해 왔습니다.

이 브로셔에는 Anton Paar가 40년 넘게 쌓아온 측정 방법에 관한 경험과 통찰력이 집약되어 있습니다.

이 가이드라인을 따르면 정확하고 재현 가능한 밀도 측정 결과를 얻는 데 많은 도움이 될 것입니다.

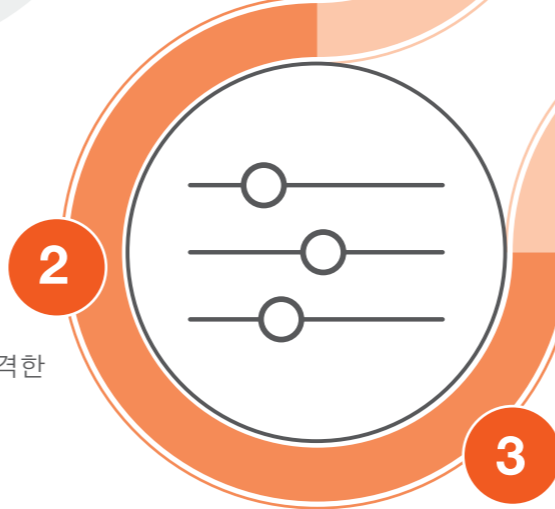
물 체크

매일 측정 전에 물 체크를 수행하십시오.



보정

물 체크에 불합격한 후에 세척해도 효과가 없으면 공기/물 보정을 수행하십시오.



시료 전처리

재현 가능한 결과를 얻으려면 주의를 기울여 시료를 매번 같은 방법으로 준비해야 합니다.



세척

측정 직후 측정 셀에서 시료를 제거한 후, 기기를 정기적으로 세척하십시오.



시료 주입

측정 셀을 주입할 때는 주의를 기울이고 거품이 일지 않도록 하십시오.

물 체크는 측정 전 매일 수행합니다.



밀도 체크를 주기적으로 실시하면 밀도 및 농도 측정값의 높고 안정적인 정확도를 보장할 수 있습니다.

측정된 밀도 값이 요구되는 허용 오차 범위를 벗어나면 물 체크에서 불합격됩니다. 허용 오차 범위는 응용 분야에 따라 다르며, 예를 들어 청량 음료 산업 같은 분야보다 제약 산업에서 더 엄격합니다.

워크플로

- 최근에 가스를 제거한 초순수(예: 2차 증류수 또는 탈이온수)를 측정 셀에 주입합니다.
- 측정을 시작합니다.
- 측정된 밀도를 기준 값과 비교합니다. $\rho_{\text{Water}} = 0.998203\text{g/cm}^3$ | $T = 20^\circ\text{C}$ 인 경우

예

청량 음료의 경우, 일반적인 허용 오차 한도는 $\pm 1 \times 10^{-4}\text{g/cm}^3$ 입니다. 이는 측정된 밀도가 0.9981g/cm^3 와 0.9983g/cm^3 사이일 경우 물 체크에 합격함을 의미합니다.

물 체크에 불합격할 경우
다음을 시도하십시오.

- 새로운 초순수를 사용합니다.
- 물 체크를 반복합니다.

그래도 물 체크에 불합격할 경우

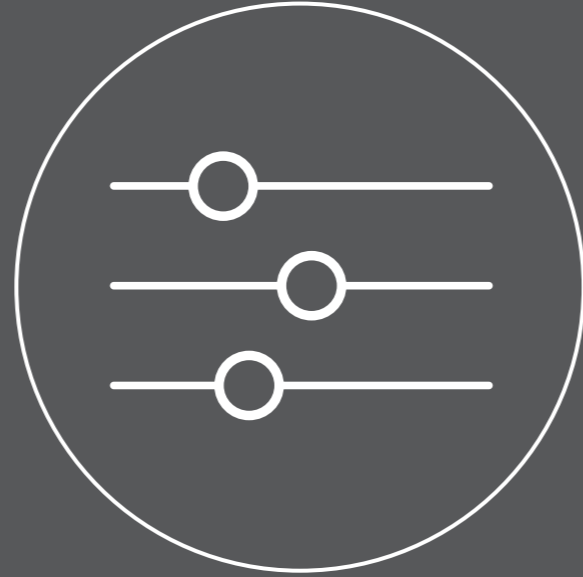
- 측정 셀을 꼼꼼히 세척합니다.
- 새로운 초순수를 사용해 물 체크를 반복합니다.

그래도 물 체크에 불합격할 경우

- 공기/물 보정을 수행합니다.

물 체크
물 체크를 위한 한계치는

물 체크에 불합격한 후에 세척해도 효과가 없으면 공기/물 보정을 수행하십시오.



보정 작업을 수행하면 기기 상수가 변경됩니다. 일관성이 있고 비교 가능한 결과를 얻기 위해서는 물 체크 결과가 불합격이고, 새로 받은 물을 사용하고 측정 셀을 세척해도 효과가 없는 경우에만 보정을 수행해야 합니다. 측정 오류의 원인은 대부분 잘못된 세척이며, 보정은 최후의 수단으로서 수행해야 합니다.

워크플로

- 일반적인 보정 매개체는 건조 공기와 최근에 가스를 제거한 초순수(예: 2차 증류수)입니다.
- 해당 기기의 자동 보정 절차를 따르십시오.
- 보정 기록 일지에 보정 내역을 기록하십시오.

| 원인 | 결과 | 밀도에 미치는 영향 |
|-------------|--------------|------------|
| 과도한 세척 | 측정 셀의 양이 증가함 | 인위적인 밀도 저하 |
| 효과적이지 않은 세척 | 측정 셀의 양이 감소함 | 인위적인 밀도 상승 |

세척의 부작용을 보정으로 보완해야 하는 이유



과거에는 보정을 일주일에 한 번씩 수행할 것을 권장했지만, 이제는 그렇지 않습니다. 범위를 이탈한 경우에만 기기를 보정하십시오.

내 보정 매개체는

보정 매개체 1 _____

밀도 1 _____

보정 매개체 2 _____

밀도 2 _____

보정 매개체 3 _____

밀도 3 _____

재현 가능한 결과를 얻으려면 주의를 기울여 시료를 매번 같은 방법으로 준비해야 합니다.

시료에 가스가 함유되어 있는 경우

액체 시료에서 가스를 제거하는 여러 가지 방법이 있습니다. 용도에 가장 적합한 방법은 시료의 종류, 가스의 종류, 그리고 시료에 용해된 가스의 양에 따라 다릅니다. 시료 전처리 중에는 휘발성 성분이 증발하기 때문에 여러 시료의 구성이 약간 변할 수 있다는 사실에 주의하십시오.

교반

- 시료를 2 ~ 15분(교반 장비에 따라 다름) 동안 거품이 발생하지 않을 때까지 세게 섞습니다.
- 시료 교반 후에 종이 필터를 통해 부어서 더욱 효율적인 탈기 효과를 얻을 수도 있습니다.

초음파향온조

- 거품 형성이 멈출 때까지 시료를 초음파 향온조에 약 5 ~ 10 분 동안 담급니다.

끓이기

- 액체를 몇 분 동안 끓여서 용존 공기를 제거합니다.
- 깨끗한 유리 플라스크에 끓인 액체를 채운 후에 덮습니다.
- 액체가 대략적인 측정 온도로 식을 때까지 기다립니다.



위험도가 높은 시료인 경우

- 시료와 세척액, 세정액 및 폐액의 취급에 관한 안전 수칙을 모두 준수하십시오(예: 보안경, 장갑, 호흡기 보호 장치 등 사용).
- 측정을 시작하기 전에 시료와 접촉하는 모든 물질의 내화학성을 확인합니다.

시료에 점성이 있는 경우

- 시료를 가열하여 점도를 낮추십시오.
- 시료의 점도가 높은 경우 가열 장치를 사용해 시료 주입구 및 배출구에서 시료가 얼지 않도록 하십시오.
- 시료 주입 시스템을 사용하는 경우 점도가 주어진 사양에 적합한지 확인하십시오.

시료에 휘발성이 있는 경우

- 시료 바이알을 마개로 닫으십시오.
- 바이알을 가볍게 돌려서 액체가 잘 섞이도록 합니다.
- 시료의 휘발성이 강한 경우 가압 환경에서 시료를 주입하는 기능을 지원하는 시료 주입 장치를 사용하십시오.



화재 발생 위험이 높으므로 가연성 액체를 끓이지 마십시오.

시료에 독성이 있는 휘발성 성분이 함유된 경우, 항상 가스 배출 후드 같은 적절한 환경에서 시료를 취급하십시오.

최고의 시료 전처리 방법을 알아보려면 지역 Anton Paar 담당자에게 문의하십시오.

측정 셀을 주입할 때는 주의를 기울이고 거품이 일지 않도록 하십시오.



시료 주입 장치를 사용한 자동 주입

시료 주입 장치 사용은 작업자로 인한 주입 오류를 제거하는 유일한 방법입니다. 시료 주입 장치는 매번 같은 방법으로 측정을 반복하므로 반복 가능한 결과를 얻는 가장 좋은 방법입니다.

점도가 높은 시료 또는 휘발성 성분이 포함된 시료와 같은 까다로운 시료도 원활하게 주입됩니다. 자동 세척을 추가로 지원하는 시료 주입 장치도 몇 가지 있습니다.

워크플로

- 시료를 해당 시료 바이알에 주입하고 매거진을 준비합니다.
- 시료 장치가 자동 세척을 지원하는 경우 충분한 세척액이 사용 가능한지 확인합니다.
- 일련의 측정을 시작하기 전에 폐기물 용기를 비웁니다.
- 기기 설정을 확인합니다.
- 기기로 측정할 시료 목록을 작성합니다.
- 측정을 시작합니다.

주사기를 사용한 수동 주입

주사기 사용은 시료를 밀도계에 주입하는 기존 방식입니다. 반복 가능한 결과를 얻고 측정 셀에 거품이 생기지 않도록 하려면 훈련이 어느 정도 필요합니다.

워크플로

- 멈추지 않고 플런저를 천천히 부드럽게 누릅니다.
- 거품이 일지 않고 측정 셀이 채워지는지 확인합니다.
- 기기 설정을 확인합니다.
- 측정을 시작합니다.

페이스트 같은 물질에는 항상 주사기를 사용하십시오. 시료의 점도가 매우 높으면 주사기에서 플런저를 완전히 빼내고 스푼을 사용해 시료를 주사기의 뒷부분으로 주입한 후 플런저를 다시 삽입하여 시료를 주입할 수 있습니다.



밀도계에 시료를 주입하기 전에, 모든 침수 부품에 시료에 대한 저항성이 있는지 확인하십시오.

시료 주입

측정 후 측정 셀에서 시료를 제거한 후, 기기를 정기적으로 세척하십시오.



밀도계에 세척액을
주입하기 전에
모든 침수 부품에
세척액에 대한
저항성이 있는지
확인하십시오(설명서
참조).

측정 셀을 적어도 하루 업무 또는 근무조가 끝날
때마다 한 번씩 세척하고 건조시키십시오.

다음과 같은 경우에는 더 자주 세척해야 할 수
있습니다.

- 보정을 수행하는 경우
- 이전 시료와 혼합되기 쉽지 않은 시료를 측정하는
경우(예: 석유화학 시료 측정 후 물을 측정하는 경우)
- 측정에 최소 시료량을 사용하려는 경우
- 이전 시료와 화학 반응을 일으킬 수
있는 시료를 측정하는 경우

기기를 세척하는 가장 효과적인 방법은 자동 세척을
지원하는 시료 주입 장치를 사용하는 것입니다. 이 경우
사용하는 세척액이 시료에 적합한지 확인하십시오.

워크플로

- 두가지 세척액을 사용하여 측정셀을 세척합니다.
 - 세척액 1: 세척액 1은 측정 셀에 남아 있는
시료 잔여물을 녹이고 제거합니다. 이 액체는
모든 시료 성분을 잘 녹이는 용제여야 합니다.
 - 세척액 2: 세척액 2는 세척액 1을 제거하며,
셀 건조 속도를 높이기 위해 건조 공기
흐름에 의해 쉽게 증발됩니다. 세척액 2는
세척액 1을 잘 녹이는 용제여야 합니다.
- 내부 공기 펌프를 작동시켜서
측정 셀을 건조시킵니다.
- 공기 밀도를 측정하여(=공기 체크) 세척과
건조가 성공적이었는지 확인합니다.
- 측정된 밀도를 기준 값과 비교합니다.
 $\rho_{\text{Air}} = 0.001199\text{g/cm}^3$ | $T = 20^\circ\text{C}$,
 $p = 1013\text{mbar}$ 인 경우

내 세척액은

시료 _____

세척액 1 _____

세척액 2 _____

시료 _____

세척액 1 _____

세척액 2 _____

일반적인 시료와 권장 세척액 목록

| 시료 | 권장 세척액 1 | 권장 세척액 2 |
|---------------------------|--------------------|----------|
| 애프터셰이브 로션, 향수 | 알코올 | - |
| 맥주 | 물, 실험실용 효소 함유 클리너* | 알코올 |
| 맥주 맥아즙 | 물, 실험실용 효소 함유 클리너* | 알코올 |
| 연료 | 나프타 | 아세톤, 알코올 |
| 액체 비누 및 세제 | 물 | 알코올 |
| 운활유 | 나프타 | 아세톤, 알코올 |
| 우유, 크림 | 물, 실험실용 효소 함유 클리너* | 알코올 |
| 모터 오일 | 나프타 | 아세톤, 알코올 |
| 오렌지주스 | 물 | 알코올 |
| 독주 | 알코올 | - |
| 청량 음료 | 물 | 알코올 |
| 샐러드 드레싱, 마요네즈 | 나프타 | 알코올 |
| 샴푸 | 물 | 알코올 |
| 선택 로션 | 나프타 | 알코올 |
| 목재 보호/ 투명 증류주 기반(물 기반) | 나프타(물) | 알코올 |

* 특수 세척용으로 실험실용 효소 세정제를 권장합니다.
실험실용 세정제를 사용한 후에는 측정 셀을 물로 헹궈야 합니다.

밀도("실제 밀도")

밀도 ρ는 질량을 부피로 나눈 값으로 정의됩니다.

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

ρ _____ 밀도
 m _____ 질량
 V _____ 부피

밀도 단위는 kg/m³ 또는 g/cm³입니다.

$$1\text{g/cm}^3 = 1000\text{kg/m}^3$$

질량에는 중력이나 공기 중 부력 같은 외부 조건이 적용되지 않습니다. 즉, 무중력 상태의 무게인 셈입니다.

액체 및 가스의 실제 밀도는 진동 U-튜브 방법으로 측정됩니다.

액체 및 가스의 밀도는 온도에 따라 크게 좌우됩니다. 그러므로 밀도 측정 시 항상 정확한 온도 측정 또는 제어가 요구됩니다. 일반적으로 온도가 증가함에 따라 밀도는 감소합니다. 각 분자마다 열 운동으로 인해 더 많은 공간이 필요하기 때문입니다.

참고: 물은 독특한 액체입니다. 온도 3.98°C, ρ = 0.999972 g/cm³일 때 최대 밀도에 도달합니다.

겉보기 밀도

시료의 겉보기 밀도 ρ_{app}는 공기 중 무게를 부피로 나눈 값으로 정의됩니다.

$$\rho_{app} = \frac{W}{V}$$

ρ_{app} _____ 겉보기 밀도
 W _____ 무게
 V _____ 부피

겉보기 밀도에 적용되는 단위는 일반적으로 kg/m³ 또는 g/cm³입니다. (실제) 밀도와 겉보기 밀도 값이 다르다는 점에 유의하십시오. 겉보기 밀도는 실제 밀도보다 작습니다.

시료의 공기 중 부력과 기준 무게의 무게 및 밀도를 고려하여 실제 밀도에서 겉보기 밀도를 계산할 수 있습니다. 최근에는 스틸이 중량용 소재로 정의되고 있습니다. 예전에는 황동이 사용되었습니다.

$$\rho_{app} = \frac{\rho_{true, sample} - \rho_{air}}{1 - \frac{\rho_{air}}{\rho_{steel or brass}}}$$

ρ_{app} _____ 겉보기 밀도
 ρ_{true, sample} _____ 시료의 실제 밀도
 ρ_{air} _____ 공기의 실제 밀도
 ρ_{steel or brass} _____ 황동 또는 스틸의 실제 밀도
 조건: ρ_{brass} = 8.4g/cm³ 및 ρ_{steel} = 8.0g/cm³

비중

비중 SG(상대 밀도 D라고도 함)는 정의된 온도에서 시료의 밀도 ρ_{sample}을 순수의 밀도 ρ_{water}로 나눠서 계산합니다.

$$D^{20/4} = SG^{20/4} = \frac{\rho_{sample} \text{ at } 20^\circ\text{C}}{\rho_{water} \text{ at } 4^\circ\text{C}}$$

D^{T₁/T₂} = SG^{T₁/T₂} 지정된 온도와 관련된 비중
 ρ_{sample} _____ 시료의 밀도
 ρ_{water} _____ 순수의 밀도
 4°C에서: ρ_{water} = 0.999972g/cm³
 20°C에서: ρ_{water} = 0.998203 g/cm³

비중은 크기가 없으므로 단위도 없습니다.

겉보기 비중

겉보기 비중 SG_{app}(상대 밀도 D_{app}라고도 함)는 정의된 온도에서 시료의 겉보기 밀도 ρ_{app, sample}을 순수의 겉보기 밀도 ρ_{app, water}로 나눠서 계산합니다.

$$D_{app}^{20/20} = SG_{app}^{20/20} = \frac{\rho_{app, sample} \text{ at } 20^\circ\text{C}}{\rho_{app, water} \text{ at } 20^\circ\text{C}}$$

D_{app}^{T₁/T₂} = SG_{app}^{T₁/T₂} 지정된 온도와 관련된 비중
 ρ_{app, sample} _____ 시료의 겉보기 밀도
 ρ_{app, water} _____ 순수의 겉보기 밀도

겉보기 비중은 크기가 없으므로 단위도 없습니다.

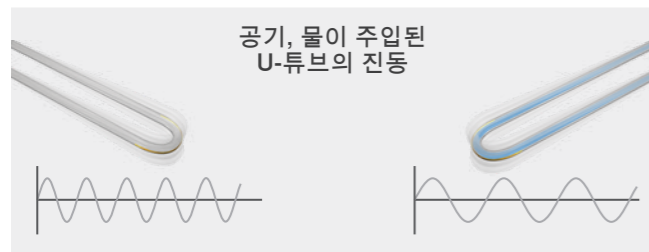
비중병을 사용한 측정의 경우 겉보기 비중은 다음과 같은 방법으로 측정할 수 있습니다.

$$D_{app}^{20/20} = \frac{\text{weight}_{sample+bottle} - \text{weight}_{bottle}}{\text{weight}_{water+bottle} - \text{weight}_{bottle}}$$

| | 공기(T = 20°C), P = 1013MBAR | 물 (T = 20°C) |
|---|-------------------------------|-----------------|
| 실제 밀도 ρ | 0.00120 | 0.99820 |
| 비중 SG ^{20/20} | 0.00120 | 1 |
| 비중 SG ^{20/4} | 0.00120 | 0.99823 |
| 겉보기 비중 SG _{app} ^{20/20} | 0 | 1 |

진동 U-튜브 방법

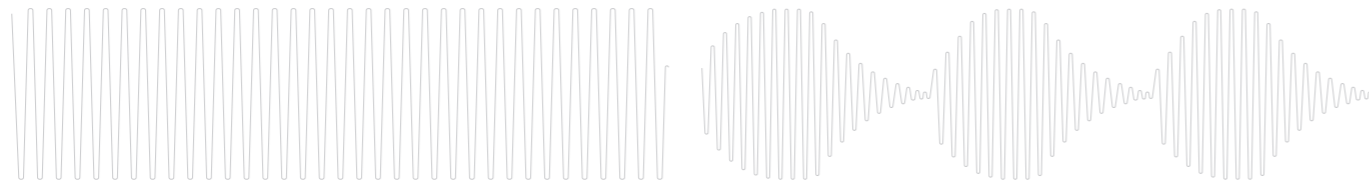
진동 U-튜브 방법은 유체의 실제 밀도를 측정하는 데 사용됩니다. 시료가 U 모양의 튜브로 삽입되면 전자적으로 자극이 가해져 시료의 특성 주파수로 진동합니다. 특성 주파수는 시료의 밀도에 따라 변경됩니다. 특성 주파수의 정확한 측정 및 적절한 보정을 통해 시료의 밀도가 측정됩니다. 밀도의 고온 종속성으로 인해 측정 셀의 온도를 정확히 조절해야 합니다.



| | |
|-----------------------------------|---|
| 현대식 고정밀 밀도계는 다음과 같은 추가 기능을 제공합니다. | 점도 보정 넓은 점도 범위에 대한 정확한 결과 지원 |
| | 표준 오실레이터 단 한 번의 보정으로 넓은 온도 범위에 대한 정확한 결과 지원 |

강제 진동 방법

디지털 밀도계의 출시 이후 일정한 진동은 최첨단이었습니다. 이 기술은 이제 한계에 도달했습니다.



Pulsed Excitation Method

Patented technology exclusively by Anton Paar (Patent AT 516420 B1)

"Pulsed Excitation Method"은 U-튜브가 펄스로 여기되어 진동한다는 사실을 설명합니다. 일정한 진폭을 달성하면 펄스 시퀀스가 중지됩니다. U-튜브의 진동은 자유롭게 페이드아웃되고 어떠한 요인에도 영향을 받지 않는 동안 측정됩니다. 여기 및 페이드아웃이 주기적으로 교대됩니다.

| | |
|-----|---|
| 이점: | <ul style="list-style-type: none"> - 사용자는 기존 방법에 비해 더 많은 정보를 얻습니다. - 점도 보정이 개선됩니다. - "Pulsed-Excitation Method"은 개선된 반복성 및 재현성을 제공합니다. |
|-----|---|

농도 측정

두 성분의 혼합물(이원 혼합물)에 대한 농도는 밀도 측정 방식으로 측정할 수 있습니다. 밀도 A와 B를 알고 있는 두 시료를 혼합하면 밀도가 값 A와 B 사이에 속하는 시료를 얻게 됩니다. 정확한 값은 혼합비와 그에 따른 농도에 따라 달라집니다.

준이원 혼합물, 즉

- 두 가지 주요 성분을 함유하는 혼합물에 대해서도 농도 측정이 가능합니다. 특정 추가 성분이 소량 농도로 존재하지만, 대량 농도에 대해 미치는 영향이 미미하므로 이러한 성분은 무시할 수 있습니다.
- 예: 일반 청량 음료의 주요 성분은 물과 당입니다. 그 밖의 모든 성분은 당도(°Brix) 측정 시 무시해도 됩니다.
- 혼합물에 여러 성분이 포함되지만, 한 성분의 양만 달라집니다. 그 밖의 모든 성분은 거의 정확히 유지됩니다.
- 예: 주입제 생산 시 몇몇 기본 성분은 레시피에 따라 무게가 정확히 계량됩니다. 두 번째 단계에서는 이 혼합물이 물과 희석됩니다. 농도는 밀도 측정을 통해 제어할 수 있습니다.

교정

교정은 획득한 측정 결과를 표준 기준값과 비교하는 것을 말합니다. 교정은 측정과 보정의 품질에 대한 유효성을 확인하기 위해 수행됩니다. 예를 들어, 표준 기준값은 밀도 표준 액체에 대한 인증에 의해 제공됩니다.

권장사항: 인증된 표준 물질을 사용하여 해마다 1 ~ 2회 교정을 실시해야 합니다.

출고 전 교정

Anton Paar의 생산 센터를 나가는 모든 기기는 출고 전에 교정됩니다. 기기는 공장 인증서와 함께 제공되고 배송 즉시 측정할 수 있으며 고도로 정밀하고 정확한 측정 결과를 제공합니다.

ISO 17025 교정

ISO 17025에 따른 교정은 국제 단위계(SI)로 추적 가능하며 감사 기간 동안 신뢰할 수 있고 국제적으로 인정되는 기준으로 사용됩니다.

보정

보정은 올바른 측정을 지원하고 계통적 측정 오류를 없애기 위해 기기 상수를 수정하는 것을 말합니다.

정해진 편차가 허용 오차 범위 이내에 드는 경우가 아니면 교정 후 보정을 실시해야 합니다.

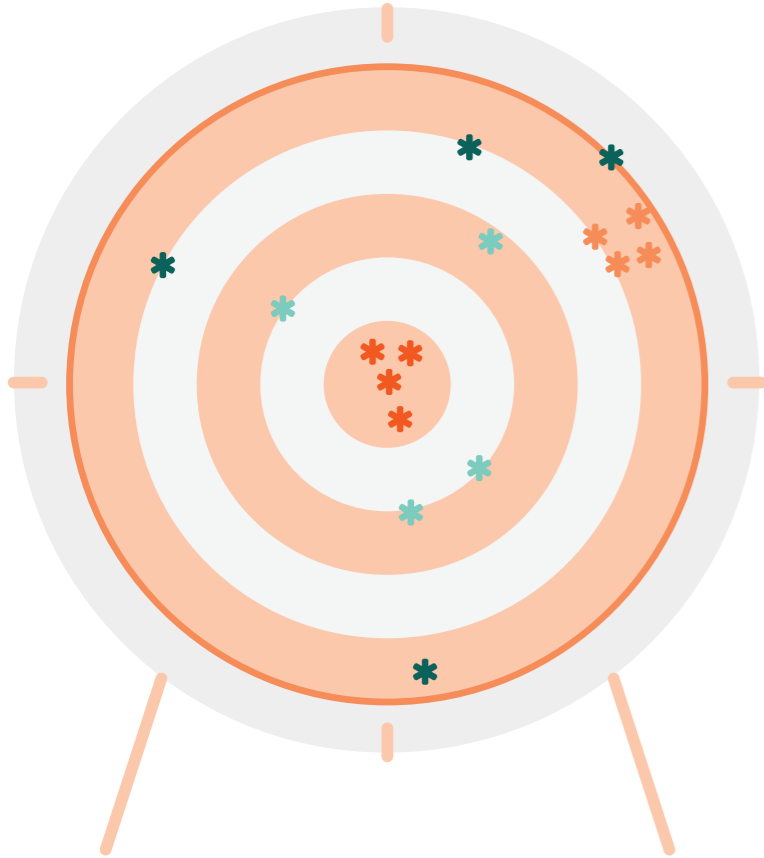
보정 시 밀도계는 표준 물질의 밀도 값과 측정된 진동 기간을 사용하여 기기 상수를 계산합니다. 일반적으로 보정에는 건조 공기와 최근에 가스를 제거한 순수(예: 2차 증류수) 같은 두 가지 표준 물질이 필요합니다.

정확도

정확한 측정 결과가 측정량의 실제 값과 얼마나 근접한지를 정성적으로 표현하는 것을 말합니다.

이와는 달리, 정확도의 정량적 측정을 측정 불확실성이라고 합니다.

| | |
|--------------------|---|
| 정확도 및 정밀도 상태 | ✱ 정확하지 않음, 정밀하지 않음 |
| | ✱ 정확함, 정밀하지 않음 |
| | ✱ 정확하지 않음, 정밀함 |
| | ✱ 정확함, 정밀함 |



정밀도

정밀도란 주어진 측정 조건에서 측정 결과가 서로 간에 얼마나 근접한지를 정성적으로 표현하는 것을 말합니다. 정밀도는 반복성 또는 재현성 조건에서 정해질 수 있습니다.

측정 불확실성

측정 불확실성은 측정량의 실제 값이 예상되는 구간을 지정합니다.

측정 불확실성에는 기기 측정 불확실성(계측 기기로 인해 발생), 교정 표준 물질의 불확실성 및 측정 프로세스(시료 전처리, 시료 주입, ...)로 인한 불확실성이 포함됩니다.

표준 불확실성은 “GUM(Guide to the expression of uncertainty in measurement; 측정 불확실성 표현 지침)”, JCGM 100:2008에 따라 측정할 수 있습니다.

재현성

반복성은 동일한 측정 조건에서 실시되는 동일한 측정량에 대한 연속 측정 결과 간의 일치 근접성을 말합니다. 이러한 이상적인 조건은 측정 결과의 분산도를 최소화합니다.

| | |
|-------------------|--|
| 반복성 조건은 다음과 같습니다. | <ul style="list-style-type: none"> - 동일한 측정 절차 - 동일한 작업자 - 동일한 조건에서 사용되는 동일한 측정 기기 - 동일한 위치 - 단기간 동안 반복 |
|-------------------|--|

반복성은 반복성 표준 편차로 표현할 수 있습니다. 이 표준 편차는 반복성 조건에서 실시되는 측정에서 계산됩니다.

재현성

재현성은 변경된 측정 조건에서 실시되는 동일한 측정량에 대한 측정 결과 간의 일치 근접성을 말합니다.

이러한 이상적인 조건은 측정 결과의 분산도를 최소화합니다.

| | |
|-------------------|---|
| 재현성 조건은 다음과 같습니다. | <ul style="list-style-type: none"> - 측정 원리 - 측정 방법 - 작업자 - 계측 기기 - 기준 표준 물질 - 위치 - 사용 조건 - 시간 |
|-------------------|---|

변경된 측정 조건을 지정해야 합니다.

재현성은 재현성 표준 편차로 표현할 수 있습니다. 이 표준 편차는 정의된 재현성 조건에서 실시되는 측정에서 계산됩니다.

측정 오류

측정 오류는 측량 값 - 기준량 값입니다. 임의 측정 오류와 계통적 측정 오류로 구분할 수 있습니다.

임의 측정 오류

임의 측정 오류는 중복 측정 시 예기치 않은 방식으로 변경되는 측정 오류의 요소입니다.

임의 측정 오류를 제거하려면 여러 번의 측정을 수행해야 합니다.

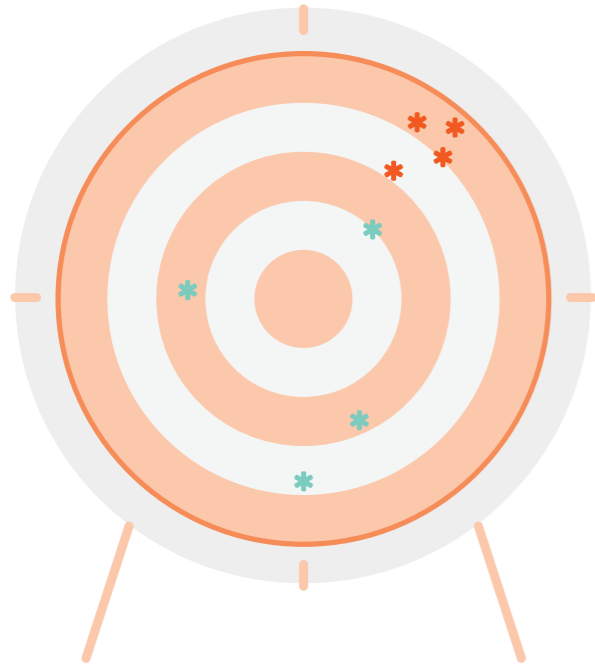
이러한 측정의 평균 값은 실제 값과 유사한 경향이 있습니다.

계통적 측정 오류

계통적 측정 오류는 반복성 조건에서 수행되는 동일한 측정량의 무한 횟수의 측정에서 획득될 평균 값에서 측정량의 실제 값을 뺀 것입니다.

계통적 측정 오류와 그 원인은 알려져 있기도 하고 그렇지 않기도 합니다. 알려진 계통적 측정 오류를 보정하기 위해 보정을 적용할 수 있습니다.

| | |
|---------------|---|
| 측정 오류: | <ul style="list-style-type: none"> ✱ 임의 측정 오류 ✱ 계통적 측정 오류 |
|---------------|---|



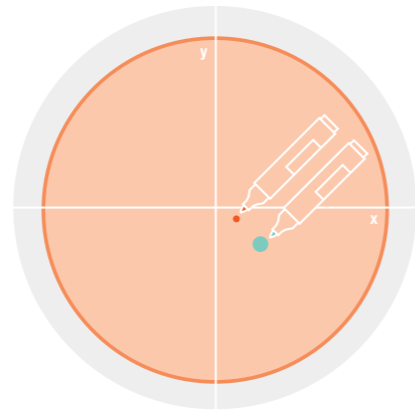
분해능

분해능은 차이를 구별하는(이를 테면 두 가지를 서로 구분하기 위해) 기능입니다. 분해능이 높다는 것은 작은 차이까지도 구별할 수 있다는 의미입니다. 디지털 시스템에서는 분해능이 획득하거나 볼 수 있는 최소 증가 또는 단계를 의미합니다. 아날로그 시스템에서는 안정적으로 관찰할 수 있는 최소 단계 또는 차이를 의미합니다.

대부분의 사람들이 분해능이 높은 기기가 더 정확한 결과를 제공한다고 잘못 생각하고 있습니다. 분해능이 높다고 반드시 정확도가 높지는 않습니다.

시스템의 정확도는 절대로 시스템의 분해능을 초과할 수 없습니다!

- 미세 분해능에 대한 비유
미세한 마커로는 작은 점을 그릴 수 있습니다.
- 거친 분해능에 대한 비유
두꺼운 마커로는 세밀한 그림을 그릴 수 없습니다.



산술 평균 값

산술 평균 값 x_0 는 측정값의 합계를 측정 횟수 n 으로 나눈 것입니다.

$$x_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

x_0 _____ 평균 값
 x_i _____ i번째 측정의 측정값
 n _____ 측정 횟수

평균 값은 측정 결과의 산란도에 대한 정보를 제공하지 않습니다.

예:

| | |
|---|--|
| 일련의 밀도 측정이 다음 결과를 제공합니다. 산술 평균 값($n = 6$): $x_0 = 0.9982037g/cm^3$ | $x_1 = 0.998203 g/cm^3$ $x_2 = 0.998203g/cm^3$ $x_3 = 0.998204g/cm^3$ $x_4 = 0.998203 g/cm^3$ $x_5 = 0.998204 g/cm^3$ $x_6 = 0.998205 g/cm^3$ |
|---|--|

팁: Microsoft Excel에서는 AVERAGE(number1, number2, ...) 함수를 사용할 수 있습니다.

실험 표준 편차(S.D.)

동일 측정량의 n 회 측정 시리즈의 경우, 실험 표준 편차 s 는 결과의 분산도를 나타냅니다. 다음 공식에 의해 제공됩니다.

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2}$$

s _____ 실험 표준 편차
 n _____ 측정 횟수
 x_i _____ i번째 측정의 측정값
 x_0 _____ 산술 평균 값

평균 값은 흔히 표준 편차와 함께 제시됩니다. 평균 값은 데이터의 중앙 위치를 의미하며, 표준 편차는 산란도를 의미합니다.

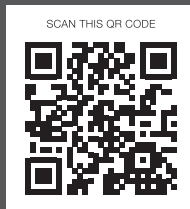
산술 평균 값의 예는 실험 표준 편차를 계산하는 데 사용됩니다.

| |
|---|
| $x_0 = 0.9982037g/cm^3$ $n = 6$ |
| $s = \sqrt{\frac{(x_1-0.9982037)^2 + (x_2-0.9982037)^2 + \dots + (x_6-0.9982037)^2}{5}}$ $s = 0.000001g/cm^3$ |

팁: Microsoft Excel에서는 STDEV.S(number1, number2, ...) 함수를 사용할 수 있습니다.

대체적으로, 성공적인 밀도 측정의 중요 요소는 무엇입니까?

실험실에서 작업을 시작하는 순간부터 장비를 세척하는 순간에 이르는 전체 측정 워크플로를 잘 파악하는 것입니다. 5가지 기본 영역을 주시하고 익숙해지도록 훈련하십시오. 그러면 문제 없이 작업하실 수 있습니다. ...



WWW.ANTON-PAAR.COM/DENSITY