



Anton Paar

С 1967 ГОДА

**DENSITY
MEASUREMENT**

TM

ДЛЯ УСПЕШНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ НЕОБХОДИМО АККУРАТНО И ВНИМАТЕЛЬНО ВЫПОЛНЯТЬ ПЯТЬ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕДУР:

ПРОВЕРКУ ПО ВОДЕ, НАСТРОЙКУ, ПРОБОПОДГОТОВКУ, ЗАПОЛНЕНИЕ ОБРАЗЦА И ОЧИСТКУ.

С 1967 года компания Anton Paar специализируется на производстве высокоточных надежных плотномеров для различных отраслей производства и научных исследований.

Данная брошюра резюмирует наш многолетний опыт и знания в измерении плотности и помогает реализовать их на практике.

Следуйте инструкциям данного руководства, и результаты измерений плотности всегда будут точными и воспроизводимыми.

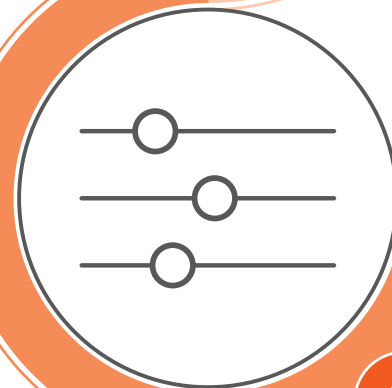
ПРОВЕРКА ПО ВОДЕ

Проводите проверку по воде каждый день перед началом измерений.

1



2



НАСТРОЙКА

Если прибор не проходит проверку по воде и очистка ячейки не помогает, то проведите настройку по воздуху/воде.

3



ПРОБОПОДГОТОВКА

Чтобы получать воспроизводимые результаты, проводите пробоподготовку аккуратно и единообразно из раза в раз.

5



ОЧИСТКА

Удаляйте образец из измерительной ячейки сразу после измерения, а также регулярно промывайте её.

4



ЗАПОЛНЕНИЕ ОБРАЗЦА

Заполняйте измерительную ячейку аккуратно, избегая пузырьков.

Проводите проверку по воде каждый день перед проведением измерений



Регулярно проводите проверку плотности и обеспечьте высокую и стабильную точность измерений плотности и концентрации.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

- Заполните измерительную ячейку ультрачистой (например, бидистиллированной или деионизированной) недавно дегазированной водой.
- Начните измерение.
- Сравните полученное значение плотности с референсным значением:

$$\rho_{\text{воды}} = 0.998203 \text{ г/см}^3 \mid \text{при } T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

ПРИМЕР

Общий допустимый предел для безалкогольных напитков составляет $\pm 1 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^3$. Это означает, что проверка по воде пройдена, если измеренное значение плотности находится между 0.9981 г/см^3 и 0.9983 г/см^3 .

Проверка не пройдена, если измеренное значение плотности не попадает в допустимый диапазон значений. Допустимый диапазон зависит от приложения. Например, в фармацевтической промышленности требования более строгие, чем на производстве безалкогольных напитков.

ЕСЛИ ПРОВЕРКА ПО ВОДЕ НЕ ПРОЙДЕНА, ПОПРОБУЙТЕ СЛЕДУЮЩИЕ ШАГИ:

- Используйте свежую ультрачистую воду.
- Повторите проверку по воде.

ЕСЛИ ПРОВЕРКА ПО ВОДЕ СНОВА НЕ ПРОЙДЕНА:

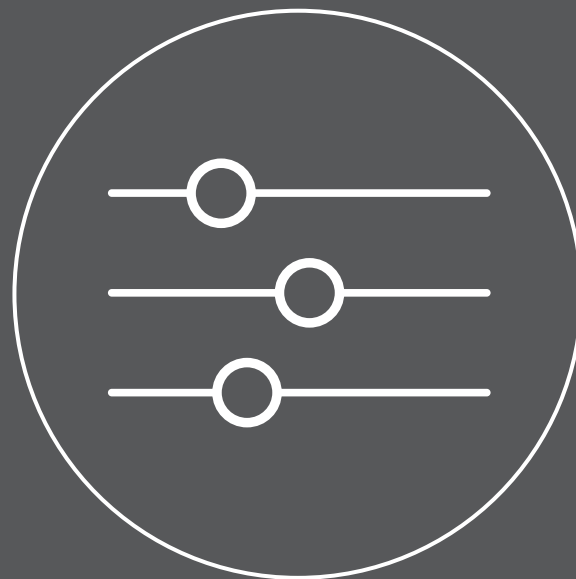
- Промойте измерительную ячейку тщательнее.
- Повторите проверку по воде, используя свежую ультрачистую воду.

ЕСЛИ ПРОВЕРКА ПО ВОДЕ СНОВА НЕ ПРОЙДЕНА:

- Выполните настройку по воздуху/воде.

МОИ ОБРАЗЦЫ ДЛЯ НАСТРОЙКИ

Если проверка по воде не пройдена, и очистка ячейки не помогает, сделайте **настройку** по воздуху/воде.



Настройка изменяет константы прибора. Для согласованности и сопоставимости результатов настройка должна выполняться только в том случае, если прибор не проходит проверку по воде при этом использование свежей воды и повторная очистка измерительной ячейки не помогают пройти проверку. В большинстве случаев недостаточная очистка измерительной ячейки является причиной ошибок измерения, поэтому настройку следует использовать лишь в крайнем случае.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

- Чаще всего для настройки прибора используют сухой воздух и ультрачистую (например, бидистиллированную), недавно дегазированную воду.
- Выполните процедуру автоматической настройки на Вашем приборе.
- Сделайте запись в лабораторном журнале настроек.

ПРИЧИНА	ЭФФЕКТ	ВЛИЯНИЕ НА ПЛОТНОСТЬ	ПРИЧИНЫ, ПО КОТОРЫМ ПОБОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ ОЧИСТКИ НЕОБХОДИМО КОМПЕНСИРОВАТЬ НАСТРОЙКОЙ
Очистка агрессивными средами	Увеличивается объем измерительной ячейки	Искусственное занижение плотности	
Неэффективная очистка	Уменьшается объем измерительной ячейки	Искусственное завышение плотности	



В ПРОШЛОМ РЕКОМЕНДОВАЛОСЬ ВЫПОЛНЯТЬ НАСТРОЙКУ РАЗ В НЕДЕЛЮ. ТЕПЕРЬ В ЭТОМ НЕТ НЕОБХОДИМОСТИ. НАСТРАИВАЙТЕ ПРИБОР ТОЛЬКО В ТОМ СЛУЧАЕ, ЕСЛИ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ НЕ ПОПАДАЮТ В ТРЕБУЕМЫЙ ДИАПАЗОН ПОСЛЕ ВСЕХ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ПРОЦЕДУР.

МОИ ОБРАЗЦЫ ДЛЯ НАСТРОЙКИ

Образец для настройки 1 _____

Плотность 1 _____

Образец для настройки 2 _____

Плотность 2 _____

Образец для настройки 3 _____

Плотность 3 _____

Для получения воспроизводимых результатов проводите пробоподготовку аккуратно и одинаково.

ЕСЛИ ВАШ ОБРАЗЕЦ СОДЕРЖИТ ГАЗЫ

Существует несколько методов дегазации жидких образцов. Выбор метода для Вашего случая зависит от типа образца, характера газа и количества газа, растворенного в образце. Учтите, что вы можете повлиять на состав многих образцов во время пробоподготовки из-за испарения летучих компонентов.



ПЕРЕМЕШИВАНИЕ

- Перемешивайте образец энергично от 2 до 15 минут до прекращения выделения пузырьков.
- Для более эффективной дегазации образца Вы также можете пропустить пробу через бумажный фильтр после перемешивания.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ВАННА

- Поместите образец в ультразвуковую ванну примерно на 5 - 10 минут до тех пор, пока не прекратится образование пузырьков.

КИПЯЧЕНИЕ

- Кипятите жидкость в течение 2-5 минут для удаления растворенного воздуха, затем перелейте жидкость в чистую колбу и закройте её.
- Подождите, пока жидкость не остынет примерно до температуры, при которой планируется измерение.

ЕСЛИ У ВАС АГРЕССИВНЫЙ ОБРАЗЕЦ

- Соблюдайте все правила техники безопасности, касающиеся обращения с образцами, проведения процедур очистки и промывки (используйте защитные очки, перчатки, респираторы и т.д.).
- Проверьте химическую стойкость всех материалов, которые вступают в контакт с образцом, прежде чем начать измерение.

ЕСЛИ У ВАС ВЯЗКИЙ ОБРАЗЕЦ

- Нагрейте образец, чтобы он стал менее вязким.
- Для высоковязких образцов используйте подогрев входа для избежания застывания на входе и выходе.
- При использовании автоподатчика предварительно проверьте, соответствует ли вязкость образца допустимым пределам вязкости автоподатчика.

ЕСЛИ У ВАС ЛЕТУЧИЙ ОБРАЗЕЦ

- Используйте виалы с крышками.
- Аккуратно встряхните виалу, чтобы собрать конденсат со стенок обратно в объем жидкости.
- Для летучих образцов используйте автоподатчик, способный проводить заполнение под давлением.



НЕ КИПЯТИТЕ ЛЕГКО-ВОСПЛАМЕНЯЮЩИЕСЯ ЖИДКОСТИ ИЗ-ЗА ВЫСОКОГО РИСКА ВОЗГОРАНИЯ.

ЕСЛИ ВАШ ОБРАЗЕЦ СОДЕРЖИТ ЛЕТУЧИЕ ТОКСИЧНЫЕ КОМПОНЕНТЫ, ТО ВСЕГДА РАБОТАЙТЕ С НИМИ В ПРЕДНАЗНАЧЕННОМ ДЛЯ ЭТОГО МЕСТЕ, НАПРИМЕР, В ВЫТЯЖНОМ ШКАФУ.

Чтобы выяснить как лучше провести пробоподготовку Вашего образца, свяжитесь с местным представительством Anton Paar.

Заполняйте измерительную ячейку аккуратно, избегая пузырьков.



АВТОМАТИЧЕСКОЕ ЗАПОЛНЕНИЕ ПРИ ПОМОЩИ АУТОПОДАТЧИКА

Единственная возможность устранить ошибки оператора - использовать автоподатчик. Автоподатчик повторяет измерения единообразно, поэтому это самый лучший способ получить воспроизводимые результаты.

Даже сложные высоковязкие или летучие образцы заполняются без ошибок. Некоторые автоподатчики дополнительно оснащены автоматической промывкой растворителями.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

- Заполните виалы образцами и подготовьте карусель автоподатчика.
- Если Ваш автоподатчик снабжен автоматической системой промывки, убедитесь, что растворителя достаточно для работы.
- Слейте контейнер для отходов перед началом серии измерений.
- Проверьте настройки прибора.
- Внесите данные в список образцов в приборе.
- Начните измерение.

ВВОД ОБРАЗЦА ВРУЧНУЮ ШПРИЦОМ

Заполнение измерительной ячейки плотномера при помощи шприца является традиционным способом. Необходима определенная сноровка для получения воспроизводимых результатов и заполнения измерительной ячейки без пузырьков.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

- Нажимайте на поршень плавно и медленно, без остановки.
- Убедитесь, что ячейка заполнена без пузырьков.
- Проверьте настройки прибора.
- Начните измерение.

Для измерения пастообразных образцов всегда используйте шприц. Если образцы имеют очень высокую вязкость, то заполнить шприц можно при помощи шпателя, предварительно полностью вынув поршень из шприца, а затем снова установив его.



ПЕРЕД ЗАПОЛНЕНИЕМ ОБРАЗЦА В ПЛОТНОМЕР УБЕДИТЕСЬ, ЧТО ВСЕ СМАЧИВАЕМЫЕ ЧАСТИ ПЛОТНОМЕРА УСТОЙЧИВЫ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ОБРАЗЦА.

МОИ ОБРАЗЦЫ ДЛЯ НАСТРОЙКИ

Удаляйте образец из ячейки сразу после измерения и регулярно промывайте её.



ОЧИЩАЙТЕ И СУШИТЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНУЮ ЯЧЕЙКУ ХОТЯ БЫ ОДИН РАЗ В РАБОЧИЙ ДЕНЬ ИЛИ СМЕНУ.

БОЛЕЕ ТЩАТЕЛЬНАЯ ОЧИСТКА ТРЕБУЕТСЯ, ЕСЛИ...

- Вы проводите настройку,
- Вы измеряете образец, который не смешивается с предыдущим (например, измеряете воду после нефтехимического образца),
- Вы хотите затратить минимальное количество образца,
- Вы измеряете образец, который может вступать в химическую реакцию с предыдущим образцом.

Лучший способ очистить прибор - это использовать автоподатчик с автоматической функцией промывки растворителем. В этом случае убедитесь, что растворители подходят для Ваших образцов.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

- Очистите измерительную ячейку используя два растворителя:
 - Растворитель 1: Первый растворитель удаляет остатки образца из измерительной ячейки. Он должен хорошо растворять все компоненты пробы.
 - Растворитель 2: Второй растворитель должен смывать первый и легко испаряться под напором сухого воздуха, который используется для ускорения сушки ячейки. Второй растворитель должен хорошо растворять первый.
- Высушите измерительную ячейку, включив встроенный воздушный насос.
- Проверьте, успешно ли прошла очистка и сушка ячейки, проведя измерение плотности воздуха (= проверка по воздуху).
- Сравните полученное значение плотности с референсным значением: $\rho_{\text{воздух}} = 0.001199 \text{ г/см}^3$ | при $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $p = 1013 \text{ мбар}$



ПЕРЕД ВВОДОМ ОБРАЗЦОВ И РАСТВОРИТЕЛЕЙ В ПЛОТНОМЕР УБЕДИТЕСЬ, ЧТО ВСЕ СМАЧИВАЕМЫЕ ЧАСТИ УСТОЙЧИВЫ К ИХ ВОЗДЕЙСТВИЮ (СВЕРЬТЕСЬ С ИНСТРУКЦИЕЙ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ).

МОИ РАСТВОРИТЕЛИ

Образец _____

Растворитель 1: _____

Растворитель 2: _____

Образец _____

Растворитель 1: _____

Растворитель 2: _____

Список рекомендованных растворителей для очистки

СРЕДСТВА ПОСЛЕ БРИТЬЯ, ПАРФЮМ	Спирт	-
ПИВО	Вода, ферментный лабораторный очиститель*	Спирт
ПИВНОЕ СУСЛО	Вода, ферментный лабораторный очиститель*	Спирт
ТОПЛИВО	Бензино-лигроиновая фракция	Ацетон, спирт
ЖИДКОЕ МЫЛО И ДЕТЕРГЕНТЫ	Вода	Спирт
СМАЗОЧНОЕ МАСЛО	Бензино-лигроиновая фракция	Ацетон, спирт
МОЛОКО, СЛИВКИ	Вода, ферментный лабораторный очиститель*	Спирт
МОТОРНОЕ МАСЛО	Петролейный эфир	Ацетон, спирт
АПЕЛЬСИНОВЫЙ СОК	Вода	Спирт
ШНАПС	Спирт	-
БЕЗАЛКОГОЛЬНЫЕ НАПИТКИ	Вода	Спирт
СОУСЫ ДЛЯ САЛАТОВ, МАЙОНЕЗЫ	Петролейный эфир	Спирт
ШАМПУНЬ	Вода	Спирт
ЛОСЬОН ДЛЯ ЗАГАРА	Петролейный эфир	Спирт
СРЕДСТВА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ, ОСНОВАННЫЕ НА УАЙТ-СПИРИТЕ/ВОДЕ	Петролейный эфир/вода	Спирт
	РЕКОМЕНДУЕМАЯ ОЧИЩАЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ 1	РЕКОМЕНДУЕМАЯ ОЧИЩАЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ 2

* Использование ферментного лабораторного очистителя рекомендовано для специальной очистки. После использования такого очистителя измерительную ячейку необходимо промыть водой.

ПЛОТНОСТЬ ("РЕАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ")

Плотность ρ определяется как отношение массы к объему:

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

ρ _____ плотность
 m _____ масса
 V _____ объем

Единицы измерения плотности: кг/м³ или г/см³.

1 г/см³ = 1000 кг/м³.

Масса не зависит от внешних условий, таких как плавучесть в воздухе или сила тяжести. Она соответствует весу в вакууме.

Реальная плотность жидкостей и газов измеряется при помощи метода U-образной осциллирующей трубки.

Реальная плотность жидкостей и газов сильно зависит от температуры. Поэтому измерение плотности всегда требует точного измерения температуры или её контроля во время измерения. Обычно плотность уменьшается с ростом температуры, так как отдельные молекулы занимают больше места из-за их теплового движения.

Заметка: Вода - это уникальная жидкость.

Максимальная плотность достигается при температуре 3.98 °C и составляет $\rho = 972$ г/см³.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ПЛОТНОСТЬ

Теоретическая плотность $\rho_{\text{теор}}$ образца определяется как отношение веса к объему:

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

$\rho_{\text{теор}}$ _____ теоретическая плотность
 W _____ вес
 V _____ объем

Обычно для теоретической плотности используются такие единицы измерения, как кг/м³ или г/см³.

Пожалуйста, обратите внимание, что значения реальной и теоретической плотности отличаются.

Теоретическая плотность меньше, чем реальная плотность.

Теоретическая плотность может быть вычислена из реальной плотности с учетом плавучести образца в воздухе, веса и плотности референсной гири. В настоящее время эталонные веса изготавливают из стали. Раньше использовались латунные.

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

$\rho_{\text{теор}}$ _____ теоретическая плотность
 $\rho_{\text{реальная, образца}}$ _____ реальная плотность образца
 $\rho_{\text{воздух}}$ _____ реальная плотность воздуха
 $\rho_{\text{сталь или латунь}}$ _____ реальная плотность латуни или стали
 При: $\rho_{\text{латунь}} = 8.4$ г/см³ и $\rho_{\text{сталь}} = 8.0$ г/см³

УДЕЛЬНЫЙ ВЕС

Удельный вес SG (иногда называется относительная плотность D) рассчитывается путем деления плотности образца $\rho_{\text{образца}}$ на плотность чистой воды $\rho_{\text{воды}}$ при заданных температурах:

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

$D^{20/4} = SG^{20/4}$ - удельный вес связан с заданными температурами
 $\rho_{\text{образца}}$ _____ плотность образца
 $\rho_{\text{воды}}$ _____ плотность чистой воды
 При 4 °C: $\rho_{\text{воды}} = 0.999972$ г/см³
 При 20 °C: $\rho_{\text{воды}} = 0.998203$ г/см³

Теоретический удельный вес - безразмерная величина без единиц измерения.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ УДЕЛЬНЫЙ ВЕС

Теоретический удельный вес $SG_{\text{теор}}$ (иногда называется теоретическая относительная плотность $D_{\text{теор}}$) рассчитывается путем деления теоретической плотности образца $\rho_{\text{теор, образца}}$ на теоретическую плотность воды $\rho_{\text{теор, вода}}$ при заданной температуре

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

$D_{\text{теор}}^{20/20} = SG_{\text{теор}}^{20/20}$ удельный вес связан с заданными температурами
 $\rho_{\text{теор, образца}}$ _____ теоретическая плотность образца
 $\rho_{\text{теор, воды}}$ _____ теоретическая плотность чистой воды

Теоретический удельный вес - безразмерная величина без единиц измерения. При измерении с помощью пикнометра теоретический удельный вес может быть определен следующим образом:

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

ИСТИННАЯ ПЛОТНОСТЬ ρ	0,00120	0,99820
УДЕЛЬНЫЙ ВЕС $SG^{20/20}$	0,00120	1
УДЕЛЬНЫЙ ВЕС $SG^{20/4}$	0,00120	0,99823
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ УДЕЛЬНЫЙ ВЕС $SG_{\text{теор}}^{20/20}$	0	1
	ВОЗДУХ ПРИ T = 20 °C: P = 1013 МБАР	ВОДА ПРИ T = 20 °C:

МЕТОД U-ОБРАЗНОЙ ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ ТРУБКИ

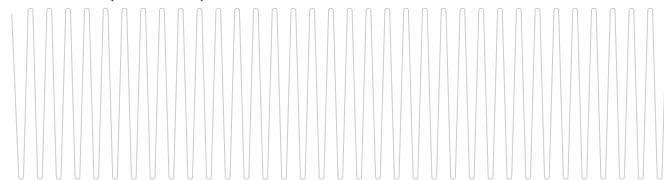
Метод U-образной осциллирующей трубки используется для измерения реальной плотности жидкостей.

Образец вводится в U-образную трубку, в которой электронными устройствами возбуждаются колебания на ее характеристической частоте. Характеристическая частота меняется в зависимости от плотности образца. Плотность образца измеряется посредством точного определения характеристической частоты и соответствующей настройки. Измерительная ячейка должна термостатироваться с высокой точностью, так как плотность сильно зависит от температуры.

Колебания U-образной трубки, заполненной воздухом, водой	
Современные высокоточные плотномеры имеют следующие преимущества:	<p>Коррекция по вязкости: точные результаты в широком диапазоне вязкости</p> <p>Осциллятор сравнения: настройка при одной температуре для точных результатов в широком диапазоне температур.</p>

МЕТОД ПОСТОЯННОЙ ОСЦИЛЛЯЦИИ

На заре производства цифровых плотномеров режим постоянных колебаний был новаторским и современным. Однако, данная технология уже достигла своего предела развития.



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

Pulsed Excitation Method

Метод Пульсирующего Возбуждения Pulsed Excitation Method (PEM) заключается в том, что колебания U-образной трубки возбуждаются пульсациями. После достижения стабильной осцилляции возбуждение трубки прекращается. Колебания U-образной трубки измеряются в тот момент, когда они свободно затухают и не подвергаются влияниям из вне. Последовательность из таких периодов возбуждения и затухания непрерывно повторяется.

Преимущества:	<ul style="list-style-type: none">- Пользователь получает больше информации по сравнению с классическим методом.- Улучшенная коррекция вязкости- Улучшенная воспроизводимость и повторяемость
----------------------	---



ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ

Концентрация двухкомпонентной смеси (бинарной смеси) может быть рассчитана из значения её плотности. После смешивания двух образцов с известными плотностями А и В получается образец со значением плотности между А и В. Точное значение зависит от пропорций и, следовательно, от концентрации.

Измерение концентрации также возможно для так называемых квазибинарных смесей:

- Смесей, содержащие два основных компонента. Дополнительные компоненты, присутствующие в малых концентрациях, могут быть проигнорированы из-за небольшого влияния на значение объемной плотности.

Пример: Вода и сахар являются основными компонентами привычных безалкогольных напитков. Все остальные ингредиенты могут быть проигнорированы при измерении концентрации сахара (°Brix).

- Многокомпонентные смеси, в которых изменяется содержание только одного компонента. Остальные компоненты содержатся в постоянном количестве.

Пример: Для производства инфузионных растворов несколько основных ингредиентов точно взвешиваются в соответствии с рецептом. На втором этапе смесь разбавляется водой. Концентрация рассчитывается по результатам измерения плотности.

КАЛИБРОВКА

Калибровка - это сравнение полученных результатов измерений при помощи стандарта с известным эталонным значением. Калибровка выполняется для проверки качества измерений и настроек. Эталонное значение плотности стандарта подтверждается сертификатом.

Совет: Калибровку необходимо проводить 1-2 раза в год с использованием сертифицированных стандартов.

ЗАВОДСКАЯ КАЛИБРОВКА

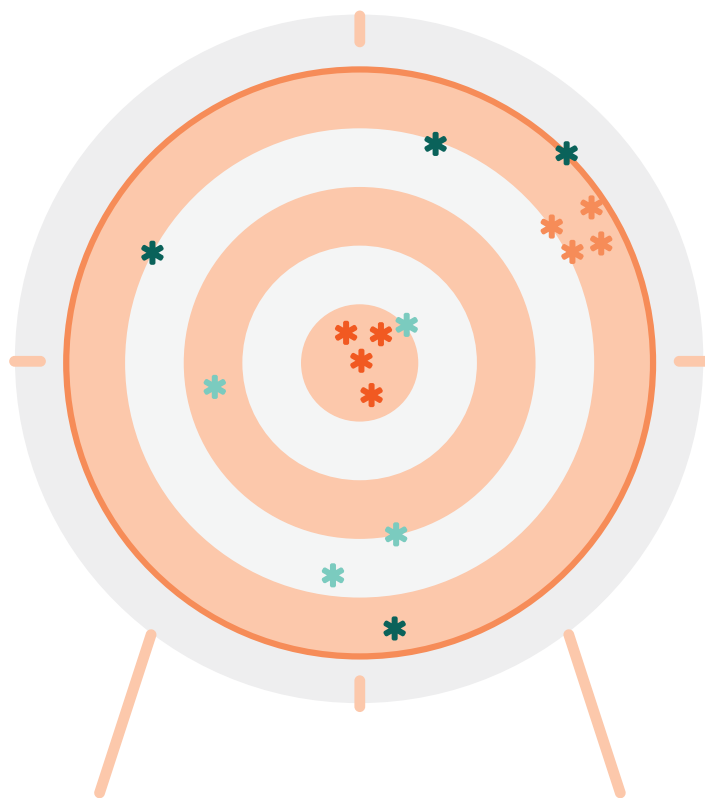
Каждый прибор проходит заводскую калибровку на заводе Anton Paar. Готовность к точному измерению плотности подтверждается сертификатом производителя.

ТОЧНОСТЬ

Точность качественно выражает, насколько результат измерения приближен к истинному значению измеряемой величины.

В противоположность этому, количественной мерой точности является погрешность измерения.

Точность и прецизионность	
	✱ Нет точности, нет прецизионности
	✱ Точно, нет прецизионности
	✱ Нет точности, есть прецизионность
	✱ Точно, есть прецизионность



ISO 17025-2

Калибровка в соответствии с ISO 17025 отслеживается международными единицами СИ и служит надежным и международно признанным эталоном во время аудитов.

НАСТРОЙКА

Настройка - это изменение констант прибора, включающая корректные измерения и исключая систематические погрешности измерения.

Настройка проводится после проверки, если отклонение выходит за пределы допустимого установленного диапазона.

Для настройки плотномера используются значения плотности эталонов и измеренные периоды колебаний для расчета констант прибора. Для настройки обычно требуется два стандарта, такие как сухой воздух и чистая (например бидистиллированная) недавно дегазированная вода.

ПРЕЦИЗИОННОСТЬ

Прецизионность выражает насколько результаты близки друг к другу при проведении измерений при одних и тех же условиях. Прецизионность может быть установлена в условиях повторяемости или воспроизводимости.

ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ

Погрешность измерения определяет интервал, в котором ожидается истинное значение измеряемой величины.

Погрешность измерения включает в себя погрешность средства измерения (полученная на приборе), погрешность калибровочных стандартов и погрешность, связанная с процессом измерения (пробоподготовка, заполнение образца, ...).

Стандартная погрешность может быть определена в соответствии с «Руководством по выражению неопределенности в измерении» (GUM), JCGM 100: 2008.

ПОВТОРЯЕМОСТЬ

Повторяемость - это близость совпадения между результатами последовательных измерений одной и той же измеряемой величины, проводимых при одинаковых условиях измерения.

Такие идеальные условия приводят к минимальной дисперсии результатов измерений.

Условия повторяемости:	
	- Одинаковая процедура измерения
	- Один и тот же оператор
	- Один и тот же измерительный прибор, используемый в одинаковых условиях
	- Одно и то же месторасположение
	- Повторение в течение короткого периода времени

Повторяемость может быть выражена в повторяемости стандартного отклонения. Это стандартное отклонение вычисляется на основе измерений, проведенных в одинаковых условиях.

ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ

Воспроизводимость - это близость совпадения между результатами измерений одной и той же измеряемой величины, проводимых при разных условиях измерения.

Такие условия приводят к максимальной дисперсии результатов измерений.

Условия воспроизводимости могут включать:	
	- Принцип измерения
	- Метод измерения
	- Оператора
	- Эталонный стандарт измерительного прибора
	- Расположение
	- Условия измерения
	- Время

Условия измерения, которые были изменены, должны указываться.

Воспроизводимость может быть выражена в воспроизводимости стандартного отклонения. Это стандартное отклонение вычисляется на основе измерений, проведенных при определенных условиях воспроизводимости.

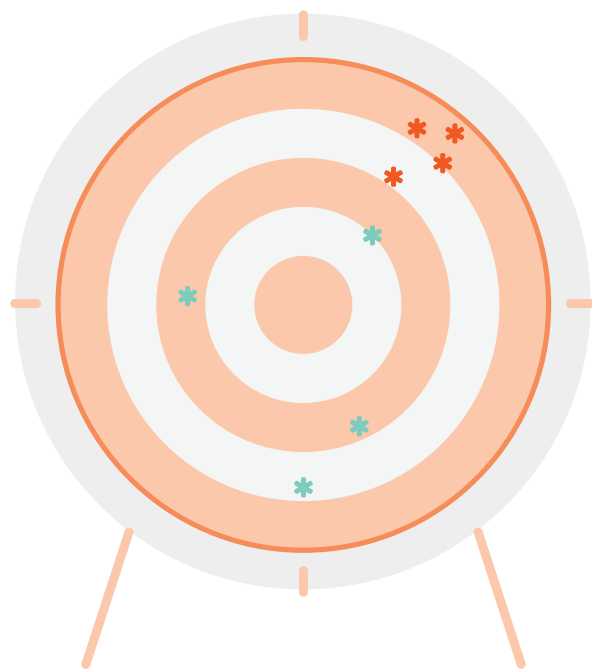
СИСТЕМАТИЧЕСКАЯ ОШИБКА ИЗМЕРЕНИЯ

Систематическая ошибка измерения представляет собой среднее значение, полученное в результате очень большого числа измерений одного параметра, проводимых в условиях повторяемости, минус истинное значение измеряемой величины.

Систематические ошибки измерения и их причины, либо известны, либо неизвестны. Для компенсации известной систематической ошибки измерения может быть применена коррекция.

Ошибка измерения:

- * Случайная ошибка измерения
- * Систематическая ошибка измерения



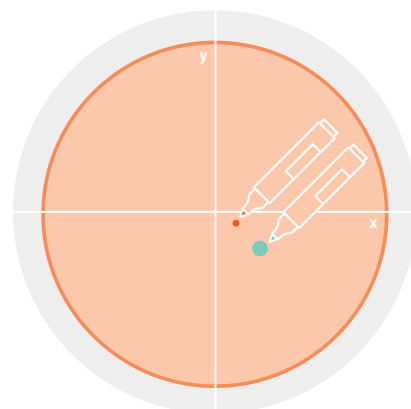
РАЗРЕШЕНИЕ

Разрешение дает возможность выявить различия между двумя вещами. Высокое разрешение означает возможность обнаружить небольшие различия. В цифровой системе термин «разрешение» означает наименьшее приращение или шаг, который можно применить или увидеть. В аналоговой системе термин «разрешение» означает наименьший шаг или различие, которое может быть достоверно распознано.

Самой распространенной ошибкой является предположение, что приборы с высокой разрешающей способностью дают более точные результаты. Высокое разрешение не обязательно означает высокую точность.

Точность системы никогда не может превышать ее разрешение!

- **Наглядное представление высокого разрешения**
Тонким маркером можно рисовать маленькие точки.
- **Наглядное представление низкого разрешения**
Толстым маркером можно рисовать жирные точки.



СРЕДНЕЕ АРИФМЕТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Среднее арифметическое значение x_0 - это сумма измеренных величин, деленная на количество измерений n :

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

x_0 _____ среднее значение
 x_i _____ значение i ого измерения
 n _____ количество измерений

Среднее значение не дает никакой информации о разбросе результатов измерений.

Результаты серии измерений плотности:

Среднее арифметическое значение (при $n = 6$):
 $x_0 = 0.9982037 \text{ г/см}^3$

$x_1 = 0.998203 \text{ г/см}^3$
 $x_2 = 0.998203 \text{ г/см}^3$
 $x_3 = 0.998204 \text{ г/см}^3$
 $x_4 = 0.998203 \text{ г/см}^3$
 $x_5 = 0.998204 \text{ г/см}^3$
 $x_6 = 0.998205 \text{ г/см}^3$

Совет: В Microsoft Excel Вы можете использовать функцию СРЗНАЧ (число1, число2, ...)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ (S.D.)

Для серии из n измерений одной и той же измеряемой величины экспериментальное стандартное отклонение s характеризует дисперсию результатов. Оно выражено формулой:

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

s _____ эмпирическое стандартное отклонение
 n _____ количество измерений
 x_i _____ значение i ого измерения
 x_0 _____ экспериментальное стандартное отклонение

Среднее значение часто дается наряду со стандартным отклонением. Среднее значение описывает центральное расположение данных, стандартное отклонение описывает рассеяние.

Пример:

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - 0.9982037)^2 + (x_2 - 0.9982037)^2 + \dots + (x_6 - 0.9982037)^2}{5}}$$

$s = 0.000001 \text{ г/см}^3$
 $x_0 = 0.9982037 \text{ г/см}^3$
 $n = 6$

Совет: В Microsoft Excel Вы можете использовать функцию СТАНДОТКЛОН(число1, число2, ...)

Итак, что же Вам даёт Good Density Measurement?

ПОНИМАНИЕ ВСЕГО ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ОТ НАЧАЛА ДО КОНЦА: С МОМЕНТА, КАК ВЫ НАЧАЛИ РАБОТАТЬ В ВАШЕЙ ЛАБОРАТОРИИ, ДО МОМЕНТА, КОГДА ВЫ ПРОВОДИТЕ ОЧИСТКУ СВОЕГО ОБОРУДОВАНИЯ. ПРОСТО БУДЬТЕ ВНИМАТЕЛЬНЫ НА КАЖДОМ ЭТАПЕ РАБОТЫ С ПРИБОРОМ И У ВАС ВСЕ ПОЛУЧИТСЯ ...

