



Посвящая себя будущему

Практическое руководство

Измерительные технологии рН

pH

pH

pH

pH

°C



2-ое издание



Предисловие

Настоящее практическое руководство "Измерительные технологии рН" было создано в ответ на запросы наших постоянных клиентов.

Компания Testo опубликовала данное руководство для того, чтобы предоставить новым пользователям продукции краткий обзор информации о принципах и методах измерения рН фактора. Для опытных специалистов данная работа станет ценным справочником, полной полезных советов, подсказок и рекомендаций.

Мы с радостью рассмотрим все ваши идеи и пожелания. Просто напишите нам по электронной почте на адрес info@testo.ru или посетите наш Интернет-сайт www.testo.ru. Новые идеи и предложения найдут свое достойное место в следующем издании.

Совет Директоров

Testo AG

Буркарт Кноспе

Лотар Валлесер

Мартин Винкле



Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
СОДЕРЖАНИЕ	4
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	6
1.1 Что такое pH-фактор?	6
1.1.1 Введение	6
1.1.2 Определение значения pH	7
1.2. Методы определения значения pH	8
1.2.1 Расчет pH	8
1.2.2 Потенциометрическое измерение (pH электроды)	9
2. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗМЕРЕНИЯ PH В ДЕТАЛЯХ	10
2.1 Конфигурация измерительной системы	10
2.2 pH электрод	11
2.2.1 Измерительный электрод	13
2.2.2 Эталонный электрод	14
2.2.3 Комбинированный электрод	16
2.2.4 pH электроды Testo с полимерным электролитом	18
2.3 Подготовка и исходные данные измерения	19
2.3.1 Калибровка	19
2.3.2 Буферные растворы	22
2.3.3 Влияние температуры	25
2.3.4 Буферные растворы Testo с калибровочным контейнером	26
2.4 Измерение	27
3. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ PH ИЗМЕРЕНИЯ	28
3.1 Уход и обслуживание pH электрода	28
3.1.1 Условия хранения	28
3.1.2 Чистка электрода	29
3.1.3 Проверка инструмента	29
3.2 Источники ошибок	30
3.2.1 Химические факторы	30
3.2.2 Физические факторы	30
3.2.3 Износ электрода и ошибки измерения	31
3.2.4 Кислотные и щелочные ошибки	35
3.2.5 Слабоионная среда	36
3.2.6 Комплексная система	36



Содержание

4.	ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЙ И КРИТЕРИИ ВЫБОРА	39
4.1	Примеры применений	39
4.1.1	Хлебобулочное производство	39
4.1.2	Мясное производство	39
4.1.3	Измерения pH в секторе окружающей среды	41
4.1.4	Фотография	42
4.1.5	pH измерение в промышленности	42
4.1.6	Другие примеры применений	43
4.2	Правильный выбор электрода и инструмента	44
<hr/>		
5.	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	46
6.	ПРЕЗЕНТАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ TESTO	47



1. Общие положения

1.1 Что такое pH значение?

1.1.1 Введение

Наряду со значением температуры, pH фактор является одним из самых важных параметров в химической и фармацевтической промышленности, а также в секторе охраны окружающей среды. Значение pH является важнейшим индикатором во многих химических и биохимических реакциях. Благодаря усовершенствованию измерительных технологий, новому инженерному решению для pH зонда и более компактному дизайну, измерение значения pH превратилось из сложной процедуры, доступной только специалистам, в легкое и удобное измерение для всех и каждого.

– *Пример: Пища*

Значение pH сырья и пищевых продуктов является наиважнейшим фактором в обеспечении качества конечного продукта. Измерение pH применяется в секторах транспортировки и поставки мяса, созревания мяса и колбас, маринадов и солений, фруктовых соков и готовых продуктов.

– *Пример: Гальванопластика/Закалка*

Создание корректного значения pH в гальванических ваннах является ключевым условием при окончательном гальваническом покрытии металла. Измерение pH применяется также при очистке загрязненных гальванических и закалочных установок, оптимальная эффективность которых достигается при очень узком диапазоне pH.

– *Пример: Защита окружающей среды (питьевая вода и сточные воды)*

Значение pH на протяжении долгого времени является обязательным параметром при мониторинге условий окружающей среды. При проверке качества поверхностных, грунтовых, сточных, а также дождевых вод фактор pH указывает на агрессивность среды и, следовательно, на биологическое соответствие воды норме.

– *Пример: Пресная вода (для рыбы)*

Фактор pH определяет, например, насколько вода в том или ином водоеме пригодна для обитания рыбы. Данное определение может быть представлено в балансе аммоний/аммиак, который находится в большой зависимости от значения pH.

Аммиак (NH_3) - вещество высокотоксичное для рыбы, в отличие от аммония (NH_4^+), который сравнительно безвреден. При факторе pH 6, практически присутствует только аммоний без содержания опасного аммиака, в то время как при pH 9 концентрация аммиака достигает уже 25%.



1.1.2 Определение значения pH

pH - это аббревиатура происходит от выражения на латинском языке, означающем "pondus hydrogenii" (pondus = давление, hydrogenium = водород). Измерение pH - это измерение концентрации ионов водорода в какой-либо среде. Данная концентрация напрямую связана с характером среды, в которой она измеряется: кислотной, нейтральной или щелочной.

Таблица (1) отображает то, что с увеличением концентрации ионов водорода (подъем шкалы), значение pH уменьшается, а среда измерения становится более кислотной.

Диапазон	pH	H ⁺ концентрация (моль/л)	
кислотный	0	10 ⁰	1
	1	10 ⁻¹	0.1
	2	10 ⁻²	0.01
	3	10 ⁻³	0.001
	4	10 ⁻⁴	0.0001
	5	10 ⁻⁵	0.00001
нейтральный	6	10 ⁻⁶	0.000001
	7	10 ⁻⁷	0.0000001
щелочной	8	10 ⁻⁸	0.00000001
	9	10 ⁻⁹	0.000000001
	10	10 ⁻¹⁰	0.0000000001
	11	10 ⁻¹¹	0.00000000001
	12	10 ⁻¹²	0.000000000001
	13	10 ⁻¹³	0.0000000000001
	14	10 ⁻¹⁴	0.00000000000001

Таблица 1: pH шкала

Для того, чтобы сделать величину переменной "концентрации" более удобной для оперирования, в 1909 Соренсен предложил ввести в оборот "экспонент водорода" в качестве логарифма с основанием 10, соответствующего концентрации ионов водорода (т.е. отрицательный логарифм концентрации ионов водорода) [1]:

$$pH = -\lg(C_{H^+}) \quad (1) \quad C = \text{концентрация}$$

Отрицательный экспонент в Таблице 1 соответствует значению pH.

Пример: H⁺ концентрация = 10⁻⁴ моль/л -> pH значение = 4

Общие положения

В наши дни значения шкалы pH определяются серией стандартизованных буферных растворов [1-4]. Буферные растворы - это растворы с точно определенными значениями pH, которые могут быть теоретически рассчитаны из состава раствора.

В высококонцентрированных кислотах или щелочах возможно измерить значение pH ниже 0 и выше 14. Другими словами, концентрации H^+ в данных случаях выше, чем 1 моль/л ($pH < 0$) или менее 10^{-14} моль/л (значение $pH > 14$).

Рисунок (1) отображает различные примеры pH значений для распространенных растворов.

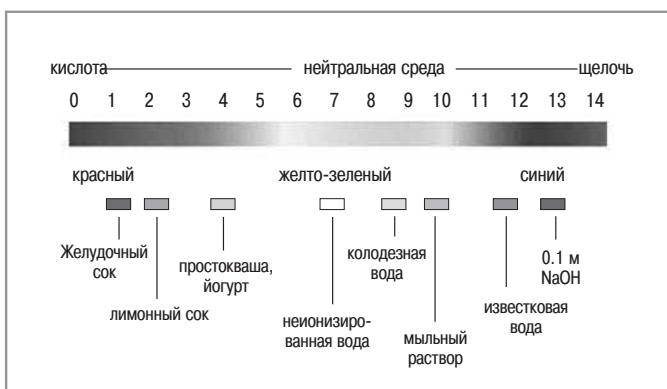


Рис 1: шкала pH с типичными примерами растворов

1.2 Методы определения значения pH

1.2.1 Расчет pH

Самым древним методом определения кислотности вещества или раствора является человеческим вкус. При дегустации веществ с разным уровнем pH, нервные окончания языка принимают на себя разные вкусовые импульсы, определяемые как "кислый вкус" или "мыльный вкус". Тем не менее, данный метод определения кислотности очень неточен и приносит огромный вред здоровью: представьте, как Вы будете определять соляную кислоту на вкус. Другие способы определения фактора pH намного точнее и безопаснее.



Использование лакмусовой бумаги (рН индикаторные полоски) имеет смысл, так как на некоторые химические реакции влияет значение рН [1]. Специальные составляющие этих индикаторов способны выделять или принимать ионы водорода - протоны - и, следовательно, изменять свой цвет. Изменение интенсивности и типа цвета может быть определено, например, с помощью сравнительной шкалы. Цвет определяет уровень рН в среде измерения. Несмотря на то, что описанный метод довольно легок и удобен, он способен дать лишь приблизительное значение рН в данной среде. Погрешность составляет несколько десятых единицы измерения рН. Измерения должны проводиться при комнатной температуре в растворах с общей электропроводностью выше, чем 100 $\mu\text{См/см}$.

Фотометры также работают по принципу распознавания изменения цвета. Они конвертируют значение текущей интенсивности цвета в рН фактор на основе калибровки относительно серии предыдущих стандартных измерений. Растворы с известным уровнем рН (-> буферные растворы) служат в качестве эталонных. Как и в случае с лакмусовой бумагой, точность фотометров невысока, а диапазон измерений очень ограничен.

Ученые достигли наибольшего прогресса в развитии потенциометрического метода измерения рН.

1.2.2 Потенциометрическое измерение (например, Testo рН электродом)

В настоящее время метод определения рН фактора стеклянным электродом широко распространен. Стеклянный электрод передает значение напряжения, которое пропорционально фактору рН. Ввиду того, что электрод может передавать только очень низкое значение напряжения (эксперты называют это очень высоким внутренним электрическим сопротивлением), эталоном служит потенциометрическое измерение с электрохимическим сенсором.

Электрохимические сенсоры передают напряжение, значение которого напрямую зависит от концентрации ионов водорода в данной среде. В зависимости от типа сенсора и качества калибровки, уровень погрешности может быть ниже, чем ± 0.03 единиц.

Стеклянный рН электрод обладает широким измерительным диапазоном, высокой точностью, он универсален и легок в применении. Существуют и другие электроды, включающие водород, хингидрон, сурьму и висмут, а также рН сенсоры с технологией полупроводников (ISFET) [5]. Однако сигналы от таких сенсоров не могут быть проанализированы стандартными рН-метрами.



2. Технология измерения pH в деталях

2.1 Конфигурация измерительной системы

В зависимости от поставленной измерительной задачи можно использовать разные типы pH-метров. В сфере портативных измерений стоит выбор между компактными pH-метрами (напр., testo 206), в котором зонд и электроника совмещается в одном корпусе (Рис. 2) и приборами со сменными pH-зондами такими, как testo 230 и testo 206 pH-3.



Рис. 2: Карманные pH-метры для определения значения pH и температуры (testo 206-pH1, testo 206-pH2).

В случае компактных pH-метров зонд стационарно подсоединен к прибору, поэтому в кабельном соединении между зондом и прибором нет необходимости. Данные приборы, как правило, используются для многократных, повторяющихся измерений и если необходима быстрая и удобная транспортировка. В качестве альтернативы существуют измерительные системы, в которых зонды отделены от измерительного инструмента.



Рис. 3: Пример pH измерительных систем с подсоединяемыми измерительными зондами (testo 230 с pH-зондом и температурным зондом из нержавеющей стали, testo 206-pH3).

Инструменты со сменными зондами имеют преимущество в том, что широкий выбор зондов для подключения к ним адаптирован к любой сфере применения. Данные инструменты используются, в основном, в лабораториях или для выполнения измерительных задач на производстве, в в сфере охраны окружающей среды.

2.2 pH электрод

Измерение pH фактора означает конвертирование значений концентрации ионов водорода в электрическое напряжение. Для того чтобы это сделать, в 19 веке были проведены эксперименты с полированными платиновыми пластинами и электролитическим мостиком (солевой раствор). После этого для получения стабильных и точных показаний в обиход вошла 2-х электродная схема, в которой 2 электрода погружены в электролит, а значение, полученное измерительным электродом, сравнивается с эталоном (электрод сравнения). Таким образом, схема для измерения pH представляет собой гальванический элемент, в котором возникает ЭДС (напряжение), пропорциональное значению pH.

Технология измерения pH в деталях

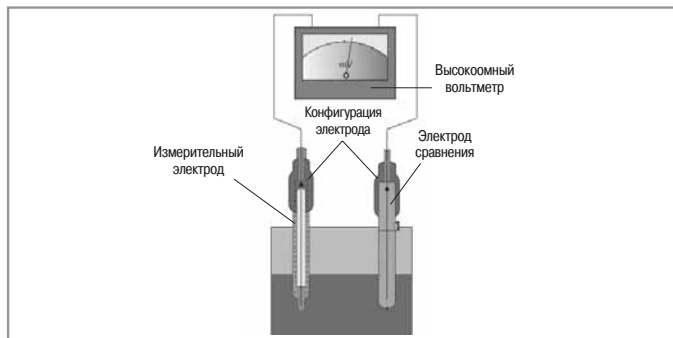


Рис. 4: pH измерительная система состоит из электрода измерения и электрода сравнения.

Электрод сравнения отображает эталонное напряжение системы. Значение pH представляет собой напряжение между измерительным электродом и электродом сравнения.

Благодаря техническому прогрессу стало возможным (для лабораторных применений) интегрировать цепи двух электродов в один корпус, известный под названием комбинированный электрод. В наши дни в измерениях используются только комбинированные pH электроды.

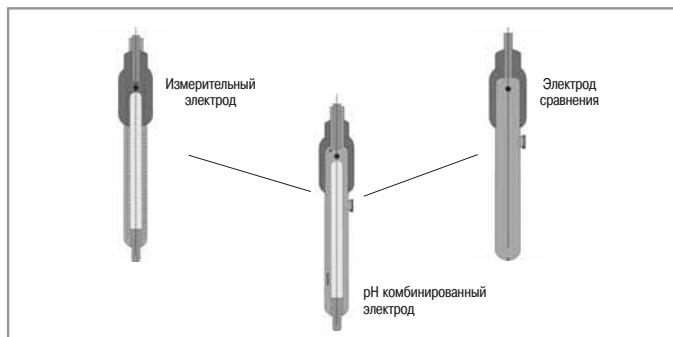


Рис. 5: pH комбинированный электрод состоит из pH электрода измерения и электрода сравнения.

2. Технология измерения pH в деталях

2.1 Конфигурация измерительной системы

В зависимости от поставленной измерительной задачи можно использовать разные типы pH-метров. В сфере портативных измерений стоит выбор между компактными pH-метрами (напр., testo 206), в котором зонд и электроника совмещается в одном корпусе (Рис. 2) и приборами со сменными pH-зондами такими, как testo 230 и testo 206 pH-3.



Рис. 2: Карманные pH-метры для определения значения pH и температуры (testo 206-pH1, testo 206-pH2).

В случае компактных pH-метров зонд стационарно подсоединен к прибору, поэтому в кабельном соединении между зондом и прибором нет необходимости. Данные приборы, как правило, используются для многократных, повторяющихся измерений и если необходима быстрая и удобная транспортировка. В качестве альтернативы существуют измерительные системы, в которых зонды отделены от измерительного инструмента.

Технология измерения pH в деталях

Центральной составляющей данного измерительного электрода является очень тонкая стеклянная мембрана (pH мембрана), изготовленная из селективного к ионам H^+ стекла. Данное стекло имеет способность взаимодействовать с водой таким образом, что на поверхности стекла образуется очень тонкий, невидимый водянистый "внешний слой". Этот внешний гелевый слой действует в качестве селективного барьера, который фактически принимает только H^+ ионы из раствора для измерения. Прием других ионов блокируется.

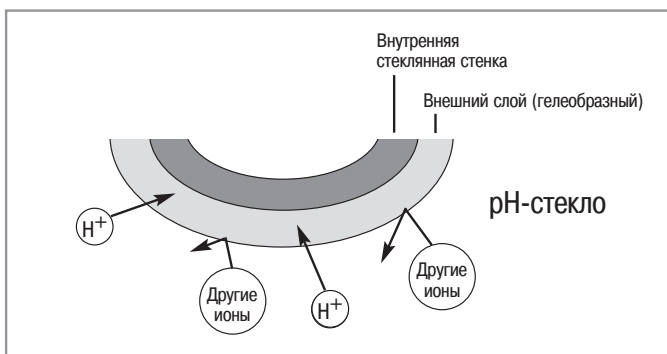


Рис. 7: Схематическая структура pH мембраны

Пример: В ходе измерения из кислого раствора, с большим количеством H^+ ионов, положительно заряженные частицы проникают во внешний слой. Электрический заряд - т.е. потенциал - pH мембраны увеличивается. pH мембрана передает положительное напряжение. Это напряжение анализируется pH-метром и отображается в качестве pH фактора.

2.2.2 Электрод сравнения

Электрод сравнения - второй необходимый для измерения электрод. На его потенциал не влияют особенности раствора измерения. Так как потенциал земли не постоянный, задача электрода сравнения состоит в том, чтобы обеспечивать измерение с постоянным эталонным потенциалом.

При работе с несколькими растворами, pH которых измеряется, в электроде сравнения может выпадать $AgCl$, что ведет к засорению (керамической) диафрагмы. Поэтому более современные электроды сравнения были снабжены "контейнером" в системе для того, чтобы удерживать $AgCl$. В этом случае, высококлассный эталонный электролит должен быть свободным от $AgCl$.



Рис. 3: Пример pH измерительных систем с подсоединяемыми измерительными зондами (testo 230 с pH-зондом и температурным зондом из нержавеющей стали, testo 206-pH3).

Инструменты со сменными зондами имеют преимущество в том, что широкий выбор зондов для подключения к ним адаптирован к любой сфере применения. Данные инструменты используются, в основном, в лабораториях или для выполнения измерительных задач на производстве, в в сфере охраны окружающей среды.

2.2 pH электрод

Измерение pH фактора означает конвертирование значений концентрации ионов водорода в электрическое напряжение. Для того чтобы это сделать, в 19 веке были проведены эксперименты с полированными платиновыми пластинами и электролитическим мостиком (солевой раствор). После этого для получения стабильных и точных показаний в обиход вошла 2-х электродная схема, в которой 2 электрода погружены в электролит, а значение, полученное измерительным электродом, сравнивается с эталоном (электрод сравнения). Таким образом, схема для измерения pH представляет собой гальванический элемент, в котором возникает ЭДС (напряжение), пропорциональное значению pH.

Технология измерения pH в деталях

Центральной составляющей данного измерительного электрода является очень тонкая стеклянная мембрана (pH мембрана), изготовленная из селективного к ионам H^+ стекла. Данное стекло имеет способность взаимодействовать с водой таким образом, что на поверхности стекла образуется очень тонкий, невидимый водянистый "внешний слой". Этот внешний гелевый слой действует в качестве селективного барьера, который фактически принимает только H^+ ионы из раствора для измерения. Прием других ионов блокируется.

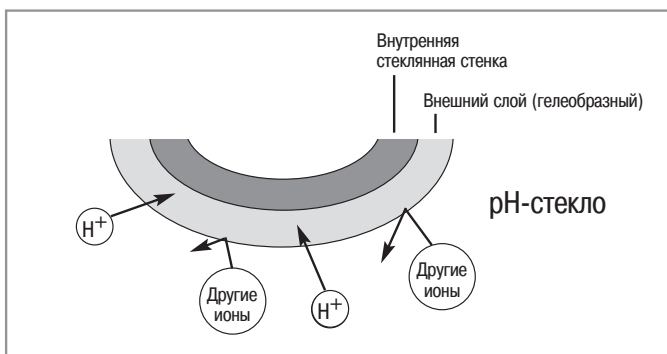


Рис. 7: Схематическая структура pH мембраны

Пример: В ходе измерения из кислого раствора, с большим количеством H^+ ионов, положительно заряженные частицы проникают во внешний слой. Электрический заряд - т.е. потенциал - pH мембраны увеличивается. pH мембрана передает положительное напряжение. Это напряжение анализируется pH-метром и отображается в качестве pH фактора.

2.2.2 Электрод сравнения

Электрод сравнения - второй необходимый для измерения электрод. На его потенциал не влияют особенности раствора измерения. Так как потенциал земли не постоянный, задача электрода сравнения состоит в том, чтобы обеспечивать измерение с постоянным эталонным потенциалом.

При работе с несколькими растворами, pH которых измеряется, в электроде сравнения может выпадать $AgCl$, что ведет к засорению (керамической) диафрагмы. Поэтому более современные электроды сравнения были снабжены "контейнером" в системе для того, чтобы удерживать $AgCl$. В этом случае, высококлассный эталонный электролит должен быть свободным от $AgCl$.

Технология измерения pH в деталях

Теперь для измерения pH фактора достаточно одного измерительного сенсора, так как комбинированный электрод оснащен дополнительным температурным датчиком.



Рис. 9: Конструкция комбинированного электрода

Электрод сравнения с раствором 3-х молярного хлорида калия (KCl) доступен в жидкой форме в данной конструкции электрода. Данный буферный раствор может быть снова заполнен через отверстие для заполнения. Указанные типы зондов имеют длительный срок службы с тем недостатком, что буфер с раствором электролита должен регулярно заполняться. Если эталонный электролит заменяется гелем, то тогда при измерении необходимо ссылаться на гелевый электролит.



Рис. 10: Конструкция комбинированного электрода с гелевым электролитом

2.2.4 pH электроды Testo с полимерным электролитом

Запатентованные pH электроды Testo включают в себя электроды с интегрированным температурным зондом. Таким образом, одновременное измерение температуры также, как и определение значения pH возможны при использовании проникающих электродов. Полимерный гель выступает в качестве электролита. Ввиду наличия большого пространства внутри электрода (объем заполнения), электрод имеет более длительный срок службы, чем другие сопоставимые электроды.

Проблему повреждения или поломки стекла электрода, особенно при применении в пищевом секторе, решает стеклянный электрод измерения, полностью окруженный пластмассовым кожухом. Только наконечник зонда на несколько миллиметров выступает из кожуха так, чтобы внешний слой имел контакт с объектом измерения. Поместив маленькую стеклянную трубку определенным образом, можно достичь подходящего уровня гибкости при измерении в твердых материалах, что приводит к более длительному сроку службы даже при использовании в жестких условиях.

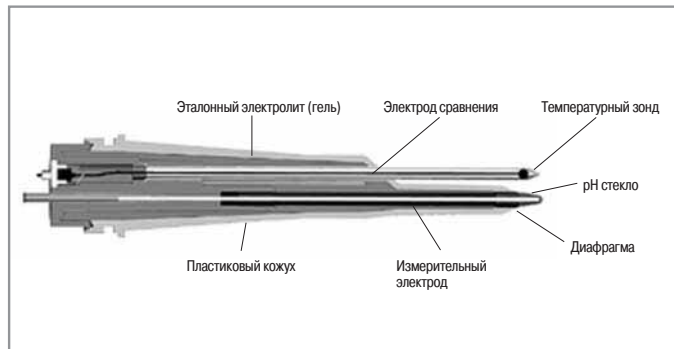


Рис. 11: Профиль запатентованного электрода Testo с гелем.

Другим преимуществом таких электродов является специальная диафрагма. Маленького связующего отверстия между электролитом и средой измерения достаточно благодаря гелевому характеру эталона (не жидкого). В зондах Testo полая диафрагма имеет два маленьких отверстия, которые обеспечивают обмен электронами. Главное преимущество полой диафрагмы состоит в том, что почти не образуется никакого засора. Это имеет особое значение для жирных растворов, а также для пищевого сектора и сточных вод.



2.3 Подготовка и исходные данные измерения

2.3.1 Калибровка

В метрологии, 3 термина, представленные ниже, различаются по смыслу:

- Калибровка
- Настройка
- Поверка

"Калибровка" означает процесс мониторинга и документирования любого отклонения в измерении. Измеренное значение сравнивается с установленным значением, и отклонение фиксируется. При этом инструмент продолжает отображать "неправильное" значение, хотя его отклонение от установленного значения стало известным.

"Настройка" - процесс юстировки (наладки) измерительного прибора с учетом отклонения, зафиксированного при калибровке. Инструмент теперь отображает "правильное" значение измерения.

"Поверка" - официальная проверка, проводимая национальным или региональным метрологическим органом для установления факта, что инструменты измеряют в рамках погрешностей, установленных в законодательной метрологии.

Строго говоря, метрологический термин "калибровка" не включает в себя понятие процесса настройки (наладки) инструмента. Однако, зачастую термин "калибровка" понимается расширительно, как сочетание собственно калибровки с настройкой прибора. Таким образом, в настоящем руководстве мы будем использовать слово "калибровка", включающая в себя 2 понятия: калибровки и настройки.

Зачем нужна калибровка?

Внутренняя конструкция pH электрода устроена так, чтобы электрод подавал электрическое напряжение 0 мВ при pH факторе 7.0. Данная точка описана как нулевая точка комбинированного электрода. Однако, на практике, реальная нулевая точка комбинированного электрода отклоняется от этого идеального нуля. Электрод подает напряжение, которое слегка отклоняется от 0 мВ при pH факторе 7.0 (напр., +5 мВ).

Причины для отклонений - например, работа различными партиями продукции или изнашивание pH электрода. Следовательно, в течение калибровки выполняется "коррекция нуля" для исправления нулевой точки. Напряжение нулевой точки (нейтральное напряжение) pH электрода часто также называют его асимметричным потенциалом, хотя этот термин не совсем корректный с точки зрения электрохимии.

Необходимо рассмотреть также другой аспект вопроса. Как мы уже говорили в главе 2.2, pH электроды подают напряжение в мВ. При температуре 25°C, данное pH-зависимое напряжение равно 59 мВ/pH (милливольт на pH фактор). Например, если pH



Технология измерения pH в деталях

измеряемого вещества изменяется от pH 4.00 до pH 5.00, напряжение, подаваемое электродом, будет изменяться на 59 мВ. Это отношение отображено в уравнении Нернста [1].

Изменение значения напряжения, когда изменяется pH фактор на одну единицу, называется наклоном характеристики pH электрода. Данный наклон также зависит от технических и эксплуатационных характеристик электрода pH фактора (срок службы, нагрузка и т.д.). pH электрод должен регулярно калиброваться, так как его нулевая точка и наклон характеристики могут быть изменены внешними измерительными факторами и естественным процессом износа.

Итог: Во время калибровки определяется и сохраняется нейтральное напряжение и наклон характеристики pH электрода в измерительной единице. Только после этого каждое измеренное значение напряжения будет точно соответствовать pH фактору.

Зачем нужна калибровка?

Следующее описание пригодно для современных pH-метров, управляемых микропроцессором. Для этих приборов, в отличие от pH метров с ротационными потенциометрами и т.д., последовательность используемых буферных растворов не имеет никакого значения.

Процесс калибровки, как описано выше, должен определить функцию между выходным напряжением электрода и соответствующим значением pH. При 2-х точечной калибровке отношение между pH фактором и напряжением - линейное. Поэтому, отношение напряжение/pH представлено в виде прямой линии.

Для того чтобы определить нулевую точку и наклон характеристики электрода, необходимо измерить напряжение электрода в двух точках, т.е. при 2-х известных pH факторах - отсюда и термин "2-х точечная калибровка".

Для того чтобы определить линии уравнения, требуются пары значений (pH_1/mV_1) и (pH_2/mV_2). Два значения pH_1 и pH_2 определяются при использовании буферных растворов с известным pH фактором, таких как pH 4.00 и pH 7.00. Погружая pH электрод в два буферных раствора, измерительный инструмент последовательно измеряет соответствующее напряжение U_1 и U_2 .

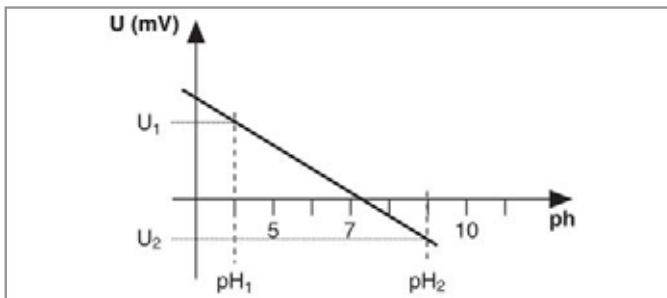


Рис 12: 2-х точечная калибровка pH электрода

Измерительный инструмент рассчитывает объединенную кривую калибровки из двух пар значений (pH_1/U_1) и (pH_2/U_2). С помощью данного метода выполняется коррекция нуля (Рис. 13) и расчет наклона характеристики электрода S (Рис. 14).

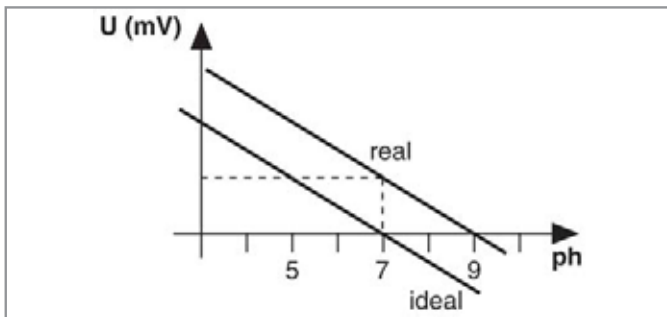


Рис. 13: Коррекция нуля pH электрода

Температура также оказывает существенное влияние на pH фактор. pH фактор изменяется при колебаниях температуры (см. Главу 2.3.3), потому что активность ионов и степень диссоциации (константа диссоциации) компонентов водного раствора изменяется с температурой. Данный факт также применяется к буферным растворам pH, используемым при калибровке.

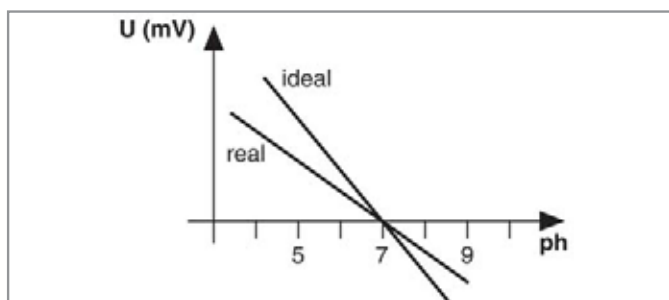


Рис. 14: Определение наклона характеристики S pH электрода

Необходимо узнать и сохранить в измерительном инструменте точную температурную характеристику, используемых pH буферных растворов. Кроме того, измерительный прибор должен обладать данными о текущей температуре. Эти данные могут быть получены автоматически с помощью температурного сенсора или введены вручную, заранее измеренные или рассчитанные.

Когда необходима калибровка?

Калибровку необходимо проводить, как только значение измерения, проверенное стандартным pH раствором, не совпадает со значением буферного раствора. Требуемая точность измерения должна быть принята во внимание во время калибровки.

2.3.2 Буферные растворы

Буферные растворы необходимы для проверки и калибровки pH измерительной системы. Они называются pH буферные растворы, так как сохраняют значение pH стабильным, т.е. могут эффективно "буферизировать" (сохранять) значения без изменений.

Специалисты выделяют 3 типа буферных растворов:

- DIN буферные растворы согласно стандарту DIN 19266
- Технические буферные растворы
- Специальные буферные растворы



DIN буферные растворы согласно стандарту DIN 19266

DIN 19266 рекомендует стандартные растворы для калибровки, соответствующие стандартам точного измерения [6]. "Стандартные" буферные растворы были отобраны Национальным Бюро Стандартов (NBS, теперь NIST, США), потому что они легки в изготовлении, имеют долгий срок службы, хорошие буферные характеристики и воспроизводимость. Определенная погрешность pH фактора "стандартных" буферных растворов - макс. 0.005 pH в температурном диапазоне от 0 °C до 60 °C и макс. 0.008 pH от 60 °C до 95 °C.

Высокие значения погрешностей требуют с осторожностью проводить рабочие процедуры калибровки. Это требование применяется к обслуживанию измерительной системы и непосредственно к процессу калибровки. Дополнительную информацию можно найти в Главе 2.3.1.

Технические буферные растворы

В отличие от буферных растворов, соответствующих стандарту DIN 19266, технические буферные растворы, которые включают буферные растворы Testo, разработаны, главным образом, для ежедневного использования. Есть разнообразие методов для их производства [1].

Требования точности для этих буферных растворов более соответствуют для ежедневного использования; отклонение обычно составляет значение между 0.01 и 0.05 pH.

Эти буферные растворы могут реализовываться по более низкой цене, чем буферные растворы DIN 19266, из-за немного более низкой точности. Кроме того, технические буферные растворы часто имеют более высокую буферную способность, т.е. их pH фактор остается устойчивым более длительный срок [1]. Для того чтобы предотвратить ошибок в выборе, эти буферные растворы часто поставляются окрашенными в различные цвета.

Другой вариант технических буферных растворов обеспечивает точность в соответствии со стандартом DIN 19267 [7].



Технология измерения pH в деталях

	DIN буферные растворы			Testo буферные растворы				
°C	1.685	4.006	6.865	9.180	2.00	4.00	7.00	10.00
10	1.670	4.000	6.923	9.332	2.00	4.00	7.07	10.18
15	1.672	3.999	6.900	9.276	2.00	4.00	7.04	10.14
20	1.675	4.001	6.881	9.225	2.00	4.00	7.02	10.06
25	1.679	4.006	6.865	9.180	2.00	4.00	7.00	10.00
30	1.683	4.012	6.853	9.139	1.98	4.01	6.99	9.95
35	1.688	4.021	6.844	9.102	1.99	4.02	6.98	9.91
38	1.691	4.027	6.840	9.081				
40	1.694	4.031	6.838	9.068	2.00	4.03	6.97	9.85
45	1.700	4.043	6.834	9.038				
50	1.707	4.057	6.833	9.011	1.99	4.05	6.96	9.78
55	1.715	4.071	6.834	8.985				
60	1.723	4.087	6.836	8.962	1.99	4.08	6.96	9.75

Таблица 3: Сравнительная таблица DIN буферных растворов и Testo буферных растворов

Таблица 3 отображает температурные характеристики различных DIN [6] и буферных растворов Testo. Следует отметить, что pH буферного раствора соответствует значению на печатном стикере только при определенной температуре. Например, pH 7.00 буферного раствора имеет значение pH 7.00 при 25 °C. При 15 °C тот же самый раствор имеет pH фактор 7.04.

Специальные буферные растворы

При специальных применениях, теоретически любой раствор с известным pH фактором и при определенной температуре может использоваться в качестве калибровочного раствора. Кроме того, в биологии, например, существует несколько специальных буферных растворов. Самые известные - растворы TRIS. Их преимуществом является то, что пользователь имеет возможность ввести значения pH этих буферных растворов в измерительный инструмент, если невозможно провести калибровку.

Дополнительная информация и советы по использованию буферных растворов pH

Обычные буферные растворы менее устойчивы при использовании на воздухе, чем кислотные буферные растворы, потому что их pH фактор снижен кислотным эффектом реакции с углекислым газом. Следовательно, флаконы с pH буферным раствором должны быть герметично закрыты после использования.

Буферные растворы должны быть использованы только один раз. Никогда не выливайте буферный раствор обратно во флакон, иначе он будет испорчен.

2.3.3 Влияние колебания температуры

Температура является одним из самых важных параметров, который должен быть принят во внимание при измерении pH фактора. Все химические процессы по своей сути температурно-зависимые реакции равновесия. Поэтому, и pH фактор измеряемого раствора, и ответный сигнал pH измерительной системы зависят от температуры. Температурная характеристика pH буферного раствора обсуждалась в предыдущем параграфе.

Настоящий параграф посвящен исключительно температурной характеристике непосредственного pH электрода.

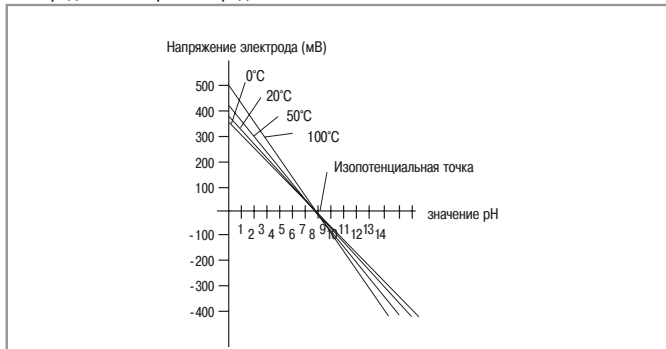


Рис. 15: Зависимость pH электрода от температуры

Характеристиками комбинированного электрода являются изопотенциальная точка и наклон температурной характеристики. Обе переменные определяются во время калибровки и отображаются pH измерительным инструментом (Глава 2.3.1).

Принимая во внимание, что изопотенциальная точка качественных электродов постоянна, на отклонение pH электрода влияет температура. Например, при изменении сигнала pH электрода примерно на 59 мВ на единицу pH при +25 °C, отклонение при +10 °C - примерно 56 мВ/pH, возрастая до 66 мВ/pH при 60 °C. Поэтому, тот же самый электрод в образце с постоянным фактором pH 4.0 подаст напряжение приблизительно 168 мВ при 10 °C, 177 мВ при +25 °C и 198 мВ при +60 °C, плюс значение напряжения, соответствующее изопотенциальной точке.

pH-метр учитывает данное влияние температуры: после калибровки всегда принимается во внимание реальный наклон температурной характеристики и значение pH выводится с его учетом, приведенное к стандартной температуре +25 °C.

Технология измерения pH в деталях

Необходимо уточнить, что при измерении pH фактора, проверяется температурная характеристика электрода, а не образца. pH фактор и температура всегда составляют единое целое при указании результатов измерения. Только значения pH, полученные при той же самой температуре могут быть сравнены друг с другом.

Современные pH-метры с 2-х строчным дисплеем для одновременного отображения двух измеренных переменных и pH электроды со встроенным температурным сенсором облегчают пользователю выполнение измерительной задачи.

2.3.4 Буферные растворы Testo с калибровочным контейнером

Очень важно очищать зонд до проведения калибровки, чтобы избежать загрязнения буферного раствора. Однако, маленькие количества измеряемого раствора или вещества, мелкие твердые частицы всегда попадают в буферный раствор. Поэтому, калибровка должна всегда выполняться в подходящем контейнере (напр., в мензурке), а буферный раствор должен быть использован только один раз. Новые флаконы pH буферного раствора Testo с калибровочным контейнером очень упрощают процесс измерения, сохраняя буферный раствор.

Калибровочные контейнеры расположены в основной секции флаконов на 250 мл. Контейнер заполняется нажатием на флакон. Раствор для калибровки в контейнере выливается при завершении калибровки; остающаяся жидкость остается во флаконе; это гарантирует, что новый буферный раствор не будет загрязнен. Буферные растворы pH компании Testo доступны со значениями pH фактора 4.01; 7.00 и 10.01.

Рис. 16: Быстрая и легкая калибровка с использованием калибровочного контейнера





2.4 Измерение

Перед вводом pH-метра в эксплуатацию, прибор и электроды должны сначала быть визуально осмотрены для того, чтобы гарантировать их исправное состояние. В случае необходимости, измерительная система должна быть откалибрована в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

Затем следуйте нижеуказанным рекомендациям:

- a. Выберите электрод и измерительный инструмент в соответствии с типом измерительной задачи (см. Глава 4.2).
- б. Проверьте электрод (уровень жидкости, целостность стеклянного покрытия). Перед измерением откройте заглушку.
- в. Подсоедините электрод к pH-метру.
- г. Промойте электрод в воде и вытрите насухо. Нет необходимости сильно тереть, так как может образоваться электрический заряд на стеклянной мембране, тем самым, задерживая процесс измерения.
- д. Погрузите электрод в раствор измерения и немного помешайте. Закончите мешать. Убедитесь, что электрод погружен достаточно глубоко, т.е. диафрагма погружена в раствор. Возможно, будут отображены разные pH факторы в перемешиваемом и нетронутым растворах. Вообще, pH фактор "спокойного" раствора более точен. В случае использования зондов с защитным кожухом, удостоверьтесь, что нет никаких воздушных пузырьков около стеклянной мембраны или диафрагмы.
- e. Подождите, пока измеряемое значение станет стабильным (напр. с помощью автоматической функции "hold"), проверьте, распечатайте, сохраните или передайте данные на ПК.
- ж. Промойте электрод водопроводной водой и храните в соответствии со спецификациями завода-изготовителя.
- з. Значение температуры раствора должно быть зафиксировано совместно со значением pH. Данное условие относится ко всем pH измерениям и всем pH измерительным системам.

Не требуется прикреплять электрод к приборам с постоянно подключенным электродом.



3. Практические аспекты pH измерения

3.1 Уход и обслуживание pH электрода

3.1.1 Условия хранения

Одно важное правило относится к хранению:

Комбинированный электрод должен всегда храниться в растворе, используемом в эталонной системе. Причиной этому является то, что эталонный раствор и раствор для хранения будут иметь одинаковую концентрацию соли, а если электрод хранится в дистиллированной воде или буферном растворе, то концентрация будет разной. В случае хранения в буферном растворе, ионы могут перемещаться, а вода может распространиться из раствора для хранения через диафрагму в электрод, разбавляя эталонный раствор.

В результате, процесс измерения будет медленным, а данные неточными.

Однако, в критических ситуациях, хранение в буферном растворе (если возможно с pH фактором 4) предпочтительнее сухому хранению. Сухое хранение разрушает внешний слой стеклянной мембраны, а также высушивает эталонную систему. После того, как pH мембрана иссохла, pH электрод должен быть восстановлен в течение нескольких часов в дистиллированной воде перед следующим измерением. И в дальнейшем электрод должен быть сохранен в соответствующем растворе для хранения.

Обычно, эталонный раствор, используемый в pH электродах - раствор с очень высокой концентрацией соли. Раствор для хранения также должен иметь очень высокую концентрацию соли, так как эталонный раствор и раствор для хранения должны иметь одинаковую концентрацию. На практике часто образуются кристаллы соли.

Данные кристаллы могут быть легко опознаны формированием белого покрытия на трубке электрода и снаружи на колпачке. Это покрытие безопасно для электрода, Вы можете легко смыть его водой, а качество измерения не будет сохранено. Хранение электродов в стоячем положении уменьшает кристаллизацию.

3.1.2 Чистка электрода

Электроды должны быть очищены:

- перед калибровкой (перед погружением в буферный раствор),
- перед измерением,
- после измерения.

Чистка необходима, чтобы убедиться,

- что буферные растворы не загрязнены (изменение в pH),
- что измеряемые объекты не загрязнены,
- что электрод готов к следующему измерению.

Электроды необходимо ополаскивать (теплой) водой. В случае необходимости, позвольте воде стечь с электрода или аккуратно протрите мягким бумажным полотенцем. Возможности восстановления электродов описаны в Главе 3.2.3. Сильное трение pH мембраны может привести к возникновению электрического заряда на стеклянной мембране, вызывая значительную задержку в отображении данных измерения.

При проведении измерений в очень вязких или липких средах, электрод должен быть очищен в (теплой) воде немедленно после измерения, т.е. прежде, чем вещество засохнет на электроде.

Для этих и других критических сред измерения могут использоваться специальные электроды на основе рекомендаций изготовителей.

3.1.3 Проверка инструмента

Самая простая проверка pH электрода - визуальная. Проверьте следующее:

Проверка	Устранение проблемы
Сухой ли разъем питания инструмента?	Высушите феном
В порядке ли кабель электрода?	Замените (для электродов с разъемным соединением)
Сухой ли разъем для электрода и соединительного кабеля?	Высушите феном
Нет ли механических дефектов электрода (треснула стеклянная мембрана)	Замените электрод
В порядке ли эталонный электролит (уровень, тип, цвет и т.д. ...)?	Заполнить



Практические аспекты pH измерения

Другие проверки:

Простая и быстрая проверка инструмента и электрода - измерение в буферном растворе. В этом случае, после калибровки, инструмент должен показать значение pH буферного раствора. Допустимая ошибка зависит от точности значения буферного раствора, используемого электрода и процедуры предыдущей калибровки. Следует отметить, что pH фактор буфера должен быть отображен при определенной температуре измерения, например pH фактор 7.07 при 10 °C. То же самое значение должно также быть отображено инструментом в режиме измерения.

Более точная проверка pH электрода обеспечивается повторной калибровкой (нулевой точки и градиента). Необходимо принять во внимание спецификации завода-изготовителя, так как они также содержат данные о возможных отклонениях. Современный pH-метр сообщает о возникновении ошибки измерения pH электродом. Кроме того, данные об износе электрода можно получить из данных о калибровке (нулевая точка и отклонение электрода). За дополнительной информацией рекомендуется обратиться к спецификациям завода-изготовителя.

3.2 Источники ошибок

3.2.1 Химические факторы

Химическими факторами, как правило, называют, все загрязнения, которые влияют на работу электрода (см. Рис. 17).

Приведем пример измерения pH фактора в растворе фтористоводородной кислоты. Кислота воздействует на стекло pH-метра и может разрушить его. Для такой среды следует использовать специальную стеклянную мембрану.

Особенно в слабых буферных растворах, необходимо с осторожностью измерять значение pH только в закрытых, беспузырьковых контейнерах (см. Главу 3.2.5). Измерения должны проводиться на месте, так как транспортировка влияет на температурную характеристику образца.

Другим источником ошибки, напр., для образцов из грунтовой воды или сырой воды из водопровода, является CO₂ в воздухе, так как он обеспечивает образование углеродистой кислоты в образце измерения. В течение дня значение pH фактора может понизиться больше чем на 0.1 pH по этой причине.

3.2.2 Физические факторы

Основным физическим фактором является механическое повреждение pH стеклянной мембраны (см. Рис 17). Современные pH электроды со стеклянной мембраной защищены пластиковым кожухом, если позволяет конструкция.



Практические аспекты pH измерения

В случае поломки или возникновения мелких трещин pH стекла, электрод необходимо заменить, так как точное измерение уже не гарантировано.

3.2.3 Износ электрода и ошибки измерений

pH электроды представляют собой электрохимические сенсоры. "Кривая жизни" электрода начинается практически с производства. С этого момента, химические процессы непрерывно проходят во всем электроде. Например, формируется и изнашивается внешний слой pH мембраны. Все химические процессы, происходящие в электроде, - одна из причин, почему электрод изнашивается.

Продолжительность срока службы комбинированного электрода - 1-3 года. Это, главным образом, определено эталонной системой и условиями измерения и хранения электрода.

Экстремальные нагрузки такие, как очень высокое значение pH фактора, высокие температуры и/или большие механические нагрузки, уменьшают продолжительность срока службы до нескольких месяцев или даже несколько недель. В сильной щелочной среде (pH > 13) pH стекло подвергается воздействию высоких температурах. В отличие от щелочной среды, даже очень сильные кислоты (pH фактор < 1) вообще не влияют на срок службы pH электрода (см. Глава 3.2.4).

Практическое наблюдение:

Увеличение температуры на 10°C наполовину сокращает срок службы pH электрода.

Эффект износа может поддерживаться в разумных пределах с помощью калибровки. Электрод должен быть заменен, когда его отклонение ниже -52 мВ/pH при 25°C. Эти спецификации относятся ко всем pH-метрам Testo.

Как распознать признаки износа pH электрода:

- Увеличивается быстродействие электрода,
- Увеличивается чувствительность стеклянной мембраны к трению (электростатический эффект),
- Увеличивается перекрестная чувствительность электрода, напр., к ионам натрия,
- Увеличивается отклонение,
- Колебание нейтрального напряжения

Практические аспекты pH измерения

Как можно восстановить pH мембрану?

pH мембрану можно частично восстановить с помощью разбавленной фтористоводородной кислоты.

Следуйте следующим инструкциям:

- Погрузите pH стеклянную мембрану на 1 минуту в раствор фторида натрия ($c = 1$ моль/л) и соляной кислоты ($c = 2$ моль/л)
- Погрузите электрод на 1 минуту в соляную кислоту ($c = 2$ моль/л)
- Наконец, осторожно промойте электрод в воде и оставьте на 1 день в дистиллированной воде. Затем храните электрод в специальном растворе для хранения.

Данный тип восстановления можно использовать только 2-3 раза.

Внимание:

Будьте осторожны при обращении с кислотами!

Вы также можете попробовать восстановить мембрану 4% раствором NaOH и 4% раствором HCl, погружая электрод в каждый раствор на 5 минут. Этот способ несколько мягче действует на стеклянную мембрану и может быть повторен, при необходимости, несколько раз.

В том случае если вышеуказанные меры не окажут никакого влияния, то электрод необходимо заменить.

На pH систему и эталонную систему, на результаты измерения часто влияют внешние факторы.

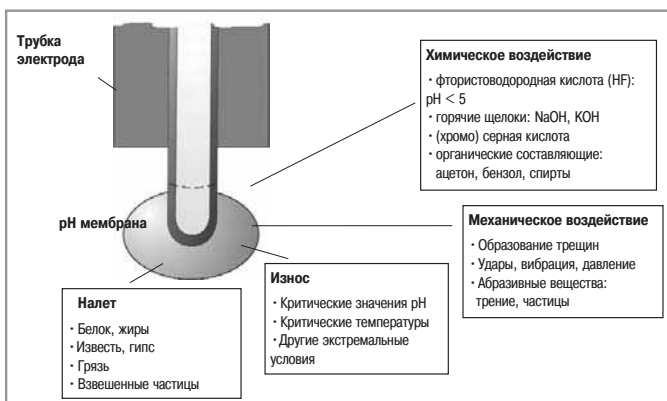


Рис. 17: Влияние внешних факторов на pH мембрану

Практические аспекты pH измерения

Почти 80% всех измерительных трудностей связано с эталонной системой pH электрода.

Возможные причины ошибок измерения, относящихся к эталонной системе:

- Испарение эталонного раствора,
- Проникновение измерительного раствора,
- Поврежденная или загрязненная диафрагма,
- Поврежденный или неподходящий эталонный электролит (для заполняемых электродов),
- Некорректное хранение.

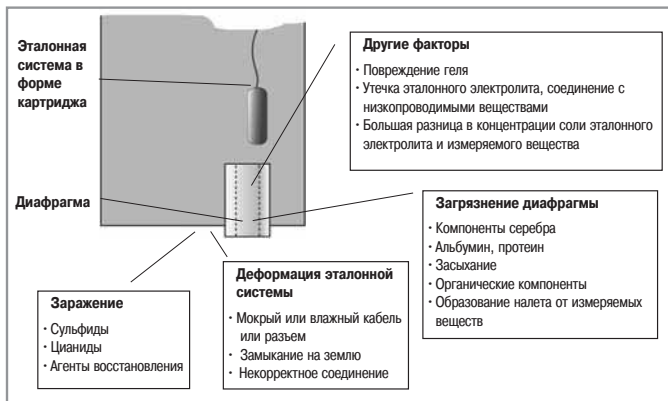


Рис. 18: Влияние внешних факторов на эталонную систему

Для замены необходимо выбрать подходящую диафрагму и подходящий pH электрод (см. Глава 4.2.1).



Практические аспекты pH измерения

Ниже приведено два примера, иллюстрирующие правильный выбор диафрагмы.

– *Пример: Измерение в сточной воде:*

В сточных водах, обычная керамическая диафрагма очень быстро загрязняется. Это засорение вызвано, например, сульфидом серебра, так как молекулы серебра из эталонного электролита реагируют с сульфидом измеряемого раствора. Этот процесс можно наблюдать при использовании черной диафрагмы. Некорректные измерения возникают из-за отсутствия или нехватки потока электронов.

Проблема может быть решена при использовании специальной диафрагмы в комбинации с эталонным электролитом без молекул серебра. В этом случае, большая диафрагма с одной большой порой не будет засорена, а измерение остановлено, в отличие от диафрагмы такой, как керамическая, с многочисленными маленькими порами. Удаление молекул серебра из эталонного электролита в эталонном контейнере также предотвращает образование дополнительного сульфида серебра. Электрод Тип 05 компании Testo с одной порой в диафрагме может использоваться для указанного измерения или прибор testo 206 pH 1 и 206 pH 3 в комбинации с электродом Тип 05.

– *Пример: Измерение pH мясных изделий*

Обычные проникающие pH электроды с керамическими диафрагмами засоряются очень быстро. Керамическая диафрагма подобно губке имеет большое количество маленьких отверстий, которые засоряются белковыми компонентами. Часто на диафрагме образовывается тонкая, едва заметная пленка жира. Это приводит к значительному уменьшению быстродействия, которое, в свою очередь, приводит к отображению одного и того же pH фактора.

Используя специальную полую диафрагму в комбинации с гелевым электролитом, можно значительно уменьшить уровень загрязнения электрода, вызванного белковыми компонентами. Гарантируется быстрое измерение и более длительный срок службы. pH-метр testo 205 с полую диафрагмой или testo 230 с pH зондом Тип 13, который имеет тот же самый дизайн диафрагмы, рекомендуются для данного типа измерения. Оба зонда имеют преимущество в сверхпрочности из-за малого количества стекла.

3.2.4 Кислотные и щелочные ошибки

“Кислотные и щелочные ошибки” измерения - ошибки, которые происходят при отображении значения pH ниже 1 или выше 12 соответственно. Эти ошибки могут быть опознаны с помощью нелинейной характеристики электрода в данных диапазонах (Рис. 19).

Значения pH фактора выше 12, особенно при измерениях стандартными pH электродами, называют “натриевыми или щелочными ошибками”. Растворы с очень высокими значениями pH фактора также содержат высокую концентрацию щелочных ионов (Na^+ , K^+ , и т.п.). Щелочную ошибку pH электрода можно фактически объяснить перекрестной чувствительностью pH мембраны к ионам щелочи. Другими словами, pH стеклянная мембрана также измеряет концентрацию (активность) ионов щелочи.

Отрицательное выходное напряжение pH электрода в щелочном диапазоне перемещается в положительном направлении, поэтому отображаемое значение pH будет слишком низким.

Этот нежелательный эффект может быть уменьшен при использовании специальных стеклянных мембран. Также рекомендуется провести дополнительную калибровку с использованием буфера с высоким pH фактором. В этом случае используются специальные электроды.

Те же самые описания относятся и к “кислотным ошибкам”, т.е. ошибкам измерения в растворах с высокой концентрацией кислоты ($\text{pH} < 1$). Однако, данный эффект не имеет столь важного значения для метрологии [1].

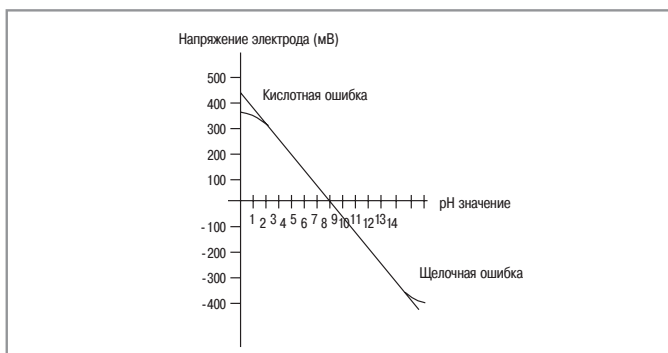


Рис. 19: Щелочные и кислотные значения pH электрода



Практические аспекты pH измерения

3.2.5 Слабоионная среда

Среда измерения считается слабоионной, если имеет низкое содержание соли (концентрация соли) в диапазоне ммоль/л (миллимоль на литр). Результатом данного низкого содержания соли является низкая электропроводимость ($< 100 \mu\text{См/см}$). Электропроводимость может быть определена с помощью прибора измерения pH/электропроводимости testo 240. Кроме того, низкое содержание соли увеличивает сопротивление диафрагмы. Это сопротивление возникло из-за того, что эталонный электролит был слишком сильно разбавлен в диафрагме слабоионной измерительной средой.

Скорость поступления эталонного электролита значительно уменьшается. pH электрод отвечает намного медленнее на изменения в значении pH.

В критических случаях ошибки могут составить несколько единиц значения pH.

При использовании специальных диафрагм (диафрагма с одной порой или диафрагма из матового стекла) проблема соединения может быть предотвращена в значительной степени.

Добавление небольшого количества соли высокой чистоты с нейтральным pH фактором (хлорид калия) к измеряемому раствору часто рекомендуется как средство, увеличивающее силу ионов. Эта мера увеличивает быстродействие pH электрода. Однако добавление соли также изменяет сбалансированную концентрацию в измеряемом растворе, а это изменение оказывает влияние на pH фактор. Общих правил измерений не существует, поэтому пользователь должен действовать в зависимости от конкретного случая.

Самый яркий пример слабоионной среды - без сомнения, вода высокой очистки. В этом случае, Вы должны всегда использовать только диафрагму из матового стекла и измерительные ячейки потокового типа, изготовленные из слабоионного стекла. Не рекомендуется добавлять нейтральную соль в данном случае. Кроме того, при измерении в чистой воде, особое внимание необходимо обратить на электрическое экранирование и заземление в течение измерения (см. Главу 3.2.6).

3.2.6 Комплексная система

Настоящая глава освещает работу всей измерительной системы и системной среды при измерении pH фактора. Большинство ошибок возникло, в основном, ввиду высокого мембранного сопротивления pH электрода.

Комбинированный электрод, как описано в Главе 2.2, представляет высокоомный источник электрического напряжения. Его выходное напряжение зависит от pH фактора и находится в милливольтном диапазоне (примерно от -400 мВ до $+400 \text{ мВ}$). Как правило, стандартные pH электроды имеют мембранные сопротивления между 5 и 1000 МОм (от 5×10^6 до $1 \times 10^9 \text{ Ом}$).



Практические аспекты pH измерения

Кроме того, входной сигнал измерения pH-метра должен иметь примерно в 1000 раз больше, чем входное сопротивление, так как источник напряжения pH электрода может только обеспечить очень малую силу тока. Это гарантирует корректное измерение. Этому требованию отвечают только специально разработанные измерительные приборы (pH-метры) с входным сопротивлением больше, чем 10^{12} Ом.

Измерение pH фактора никогда не должно проводиться стандартным вольтметром, так как эти инструменты имеют входное сопротивление приблизительно до 20 МОм. Это означает, что сигналы очень восприимчивы к электромагнитному вмешательству, например, из-за соленоидных выключателей, находящихся близко к системе или электростатическим зарядам людей, например из-за пластиковых полов в зданиях (химические лаборатории).

Соединительный кабель между электродом и pH-метром должен быть как можно более коротким и защищенным. Для защиты используются специальные кабели с дополнительными внутренними экранами и с защитной электрически проводящей внешней оплеткой. Нарушение защитного экрана в любой точке между pH электродом и pH-метром приводит к так называемому "чувствительному к руке" эффекту: отображение значения pH фактора становится нестабильным и изменяется при движении оператора.

Максимально допустимая длина кабеля - 5 метров. Для более длинных расстояний между pH электродом и pH-метром рекомендуется использовать дополнительные усилители (трансформаторы сопротивлений). Эти усилители обычно соединяются непосредственно через разъемы pH электрода. Существующий кабель можно использовать многократно.

Сами pH-метры могут быть защищены, например, металлическим покрытием по бокам корпуса, тщательным выбором электронных компонентов и специальными предосторожностями при создании печатной схемы.

В специальных случаях (напр., вода высокой очистки или органические растворители) измерительная камера может быть включена в защитный экран. В этом случае, мы говорим об измерениях в клетке Фарадея.

Эффекты электрических или магнитных полей измерительных систем описаны под общим термином "электромагнитная совместимость" (EMC). Немецкие и международные стандарты созданы, регулируя данный эффект [9].

Необходимое высокое сопротивление, описанное выше, для измерения может быть потеряно из-за токовой утечки в случае влажных коннекторов или разъемов pH-метра.



Практические аспекты pH измерения

Следовательно, внутренние части разъемов и/или гнезд должны всегда храниться совершенно сухими. Любая влага может быть осторожно удалена горячим воздухом (фена). Чтобы удалять твердые отложения (соли, и т.д.), разъемы и/или гнезда должны тогда быть осторожно вытерты мягкой сухой тканью.

Различные измерительные системы водонепроницаемы. Специальные классы защиты (IP54, IP65 или IP66) обычно относятся к полностью соединенной системе, т.е. все компоненты взаимосоединены. Даже pH-метры с разъемами, защищенными от проникновения воды, необходимо сушить, как описано выше.

– Контуры заземления

В особенности, необходимо с осторожностью использовать системы измерения, работающие от сети, чтобы избежать контуров заземления. Контуры заземления образуются, если больше чем один компонент системы (раствор измерения, измерительная камера, pH-метр, эталонный электрод, внешний принтер, внешний рекордер, блок питания, подставка, мешалка, аналоговые выходы, интерфейсы ПК и т.д.) контактируют с землей одновременно в двух точках. Две различные точки означают, например, общее заземление сети и случайный контакт с землей одного из вышеуказанных компонентов.

Получающаяся замкнутая цепь (или ток в данной цепи) может вызвать существенные искажения измерения, нестабильные отображения данных и даже разрушение эталонной системы. Эти контуры заземления нелегко распознать, так как заземление компонентов системы часто бывает непреднамеренным и поэтому изменяется со временем. Описанные искажения в измеренных значениях не всегда можно обнаружить. Только систематические рабочие методы могут решить эту проблему (см. ниже).

Одним из средств является методичное заземление каждого компонента в одной точке (заземление соединения с сетью или водной трубой). Когда дополнительное оборудование такое, как принтер или интерфейс ПК, добавляется к pH-метру, необходимо обеспечить электрическую изоляцию. С запасными частями Вы можете ознакомиться в списке принадлежностей Testo.

В наши дни осторожное обращение с системой исключает ошибки в работе pH-метров. Современные pH-метры при включении проходят автоматическую самопроверку всех важнейших компонентов. Любые ошибки, обнаруженные в течение самопроверки и в течение последующих операций, автоматически сообщаются с помощью сообщений об ошибках.

4. Примеры применений и критерии выбора

4.1 Примеры применений

4.1.1 Хлебулочное производство

Измерение pH фактора, например, используется в пекарнях для контроля при изготовлении теста. Высокие значения pH фактора при замешивании теста приводят к потере объема и неприятной твердости испеченных продуктов. Бисквиты разрушаются, если pH фактор слишком низкий. pH фактор 7 - 8 считается идеальным. Мониторинг pH фактора помогает контролировать качество производимой продукции.

Рекомендуется: testo 206 pH-2 с проникающим электродом для мягких материалов или testo 230 с pH электродом Типа 03.

4.1.2 Мясное производство



Рис. 20: Измерение pH в мясоперерабатывающей промышленности

Значение измерения pH фактора для мясоперерабатывающей промышленности переоценить нельзя. Для мяса и других продовольственных товаров измерение pH фактора является очень важным инструментом в оценке качества полуфабрикатов и готовых продуктов. Особенно созревающее мясо в большой степени зависит от значения pH фактора.

Примеры применений и критерии выбора

Значение pH фактора всех мясных продуктов должно находиться в пределах диапазона от pH 4.5 до pH 8. Кроме того, различие зависит от трех различных типов мяса:

DFD мясо (темное-жесткое-сухое)
Нормальное мясо
PSE мясо (бледное-мягкое-водянистое)

Следующая диаграмма отображает pH кривые различных типов мяса после убоя животного.

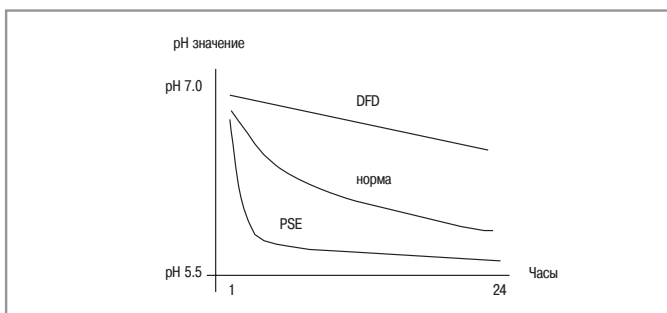


Рис. 21: pH кривые различных видов мяса

Необходимо отметить, что pH фактор DFD мяса снижается очень медленно, в то время как pH фактор PSE мяса снижается относительно быстро. Скорость падения pH фактора может указать на пригодность мяса к определенному типу обработки. Мясо с признаками PSE из-за низких pH и водосвязывающей способности является непригодным для производства сырой ветчины, вареных колбас, сырокопченых окороков, так как при этом ухудшаются органолептические характеристики готовых изделий (светлая окраска, кисловатый привкус, жесткая консистенция, пониженная сочность).

pH электрод для данного применения должен быть нечувствительным к белковым загрязнениям, иначе срок его службы сократится, а время реакции уменьшится. Кроме того, измерение, независимое от положения pH электрода по отношению к туше, является очень важным, потому что точки измерения, например, в разных половинах свиной туши находятся на разной высоте. В этом случае рекомендуется гелевый электрод.

Примеры применений и критерии выбора

Рекомендуется: рН-метр testo 205 для мясной промышленности, testo 206-pH 2 или testo 230 с рН электродом Тип 13.



Рис. 22: рН измерение в процессе созревания колбасы

4.1.3 рН измерения в секторе окружающей среды

Водонепроницаемые инструменты с компактным дизайном идеальны для измерений рН питьевой воды, сточных вод или при нейтрализации конденсата в отопительных системах (конденсационные котлы). Для питьевой воды установлена норма рН фактора - от 6.5 до 9.5 - согласно нормативному документу о питьевой воде.

Питьевая вода с рН фактором ниже 6.5 указывает на содержание свинца, меди и цинка из водопровода. Необходимо регулярно измерять рН фактор в воде для минимизации содержания металлов. В случае измерения в сточных водах, биологические реакции в "биоматериалах" имеют место только в определенном диапазоне значений рН. Мониторинг увеличения рН фактора осуществляется в определенный период времени.

Рекомендованные инструменты: testo 206-pH 1 или testo 230 с зондом Тип 04 рН.



Рис. 23: Определения рН на биологическом этапе обработки сточных вод

Примеры применений и критерии выбора

4.1.4 Фотография

Измерение pH фактора в растворах проявления, закрепления и других растворах при изготовлении и обработке фотографических снимков определяет качество готовой фотографии. Проявитель цветной пленки должен иметь pH фактор примерно 12.4. Рекомендуется брать образцы (например, мензуркой) из больших проявочных машин.

Рекомендация: testo 206 pH 1 или testo 206 pH 3 с зондом Типа 04 или testo 230 с зондом Типа 04.



Рис. 24: Измерение pH значения проявителя в большой фотолаборатории

4.1.5 pH измерение в промышленности

Применение pH-метров в промышленности - комплексное, а на выбор зондов влияет, главным образом, типы электродов, которые подходят для измерения pH в растворах. Обычно, высококлассные стеклянные электроды или электроды с гелем и полый диафрагмой рекомендуются для применения в промышленности.



Рис. 25: Определение pH значения смазки и охлаждающего слоя на токарном станке



Примеры применений и критерии выбора

Измерение pH фактора смазочных материалов используется для токарного и фрезеровочного секторов металлообрабатывающей промышленности. Почти все смазочные материалы состоят из одинаковых компонентов. Однако их pH фактор не должен превышать 9.0, иначе, будет невозможно должным образом закрепить компоненты в кулачковом патроне станка. Более того, при контакте с кожей начинается зуд. Поскольку смазка подается циркулярно на рабочие части (повторное использование), pH фактор увеличивается с 7.5 до 9 единиц. Необходимо добавить свежую смазку или полностью заменить ее. Рекомендуется: testo 206-pH 1 или testo 230 с зондом Тип 04.

4.1.6 Список примеров применения pH-метра

Сельское хозяйство	Железо и сталелитейное производство
Бактериология	Производство джемов
Производство безалкогольных напитков	Прачечное обслуживание
Пивоварение	Обработка кожи
Обработка воды	Производство красителей
Производство ковров	Консервация мяса и рыбы
Производство цемента	Медицина
Керамика	Металлообработка
Приготовление сыра	Очищение металла
Технологии очистки	Процессы нейтрализации
Кондитерское производство	Пробы масел
Косметика	Целлюлозно-бумажное производство
Молочная промышленность	Нефть
Стоматология	Фармацевтика
Красильные работы	Производство лаков и красок
Птицеводство	Контроль качества
Процессы брожения	Бассейны
Удобрения	Текстильная промышленность
Разведение рыбы	Табачная промышленность
Литейная промышленность	Овощеводство
Производство желатина	Проверка воды
Производство клея	Производство йогурта
Здравоохранение	Зоология



Примеры применений и критерии выбора

4.2 Правильный выбор электрода и инструмента

Представленные ниже таблицы обеспечивают Вас обзорными данными о пригодности тех или иных электродов и инструментов для выполнения конкретной измерительной задачи.

	Образцы сточных вод	Обычные водные растворы	Аквариумы	Ливая, вино, фрукты, сок	Масло, йогурт, сыр	Вещества, содержащие яичный белок	Частично водные эмульсии	Земля (суспензии)	Кригические pH значения (pH < 1, pH > 13)	Проникающее измерение в масле	Проникающее измерение во фруктах и овощах	Вещества с фторсодержащей кислотой	Горючие красители	Высоквязкие жидкости	Слабощелочные водные растворы	Джемы	Косметика	Кожвенные производств	Молоко	Дождевая вода	Обработка воды	Бассейны	Мыло, моющие средства	Водные суспензии	Частично водные суспензии	Выпечка, хлеб	Частично водные растворы <10% H ₂ O	Температура до +80 °C	Температура до +100 °C	TIS буферные растворы		
Универсальный электрод Тип 01 pH	+	+	+	0	-	-	0	0	0	0	0	-	-	0	-	-	-	0	0	0	0	+	0	-	-	0	-	0	-	0	pH	
Лабораторный электрод Тип 02 pH	0	+	+	0	-	-	0	0	0	+	-	0	0	0	0	0	-	0	+	0	+	+	0	-	-	0	0	+	0	0	pH	
Универсальный электрод Тип 04 pH	+	+	+	0	-	-	0	0	0	0	-	-	0	-	0	-	-	0	0	0	+	+	0	-	-	0	-	-	-	0	pH/C	
Специальный электрод Тип 05 pH	+	+	0	+	-	0	+	+	+	+	-	-	0	+	-	-	0	-	0	+	+	+	+	+	+	+	+	-	0	0	pH/C	
Проникающий электрод Тип 03 pH	0	0	0	0	+	+	+	+	+	-	+	-	0	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	0	-	-	-	-	-	pH/C	
Проникающий электрод Тип 13 pH	0	+	0	0	+	+	0	0	0	+	+	-	0	0	+	+	+	+	+	+	0	0	0	+	+	0	-	-	-	-	pH/C	
Погружной электрод Тип 04 T	0	+	0	0	0	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	0	0	+	0	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	0	°C	
Погружной электрод Тип 15 T	+	+	+	+	-	0	+	+	0	-	-	+	+	0	+	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	°C	
Проникающий электрод Тип 25 T	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	°C	
Электрод редокс потенциала Тип 06 mV	+	+	+	0	-	-	0	0	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	0	0	0	+	+	0	+	0	-	+	0	0	-	mV

Таблица 4: Выбор электрода и инструмента

- + соответствует
- 0 соответствует в ограниченном числе случаев
- не соответствует



Примеры применений и критерии выбора

Требование	testo 230	testo 205	testo 206
pH измерение	x	x	x
mV измерение	x		
°C измерение (с помощью pH электродов)	x	x	x
mCm/cm измерение			
1-точечная калибровка		x	x
2-х точечная калибровка	x	x	x
3-х точечная калибровка		x	x
Автоматическая температурная компенсация pH	x	x	x
Флаконы с дозированными контейнерами		x	x
Защитный колпачок с гелевым наполнителем		x	x
IP 54 защитный класс	x		
IP 68 защитный класс		x	x
Отдельный NTC температурный зонд	x		
Отображение калибровочных данных	x	x	x

Таблица 5: Критерии выбора инструмента

6. Презентация измерительных приборов Testo



Компания

Компания Testo была основана в 1957 году и в настоящее время является одним из ведущих мировых производителей портативных электронных измерительных приборов для . . .

- **Кондиционирование воздуха / Холодильные системы**
Измерение температуры, влажности и скорости потока воздуха для поддержки здорового окружающего климата и создания идеальных условий для производства и хранения чувствительных продуктов.
- **Отопительные системы**
Определение энергоэффективности обеспечивает экономию энергии. Измерения при пуско-наладке и обслуживании систем предотвратит получение травм и повреждений систем (газовые отопительные системы).
- **Качество пищи**
Постоянный температурный мониторинг пищевых продуктов предотвращает размножение микроорганизмов (напр., сальмонелла).
- **Контроль выбросов**
Контроль выбросов процесса сгорания благотворно влияет на состояние окружающей среды и экономит ресурсы. Гарантия качества продукта благодаря проверки ключевых параметров обработки.
- **Промышленность**
Измерительные технологии для контроля качества в процессе производства. Колебания температур в процессе производства оказывают влияние на качество продуктов. В лабораторных условиях химической и фармацевтической промышленности специалистам необходимо иметь точные данные, которые могут быть обработаны на ПК. Измерительные инструменты Testo отвечают данным требованиям.

Специалисты

Более 1,100 специалистов (570 из них в Ленцкирхе) производят, развивают, реализуют, обслуживают и калибруют измерительные приборы в соответствии с DIN EN ISO 9001:2000.



Презентация измерительных приборов Testo

Тренинги

Ежегодно Testo проводит тренинги в промышленном, коммерческом и техническом отделениях компании. Мы также предлагаем для студентов политехнических институтов пройти стажировку у нас в компании.

Компания Testo также предлагает пройти обучение у коммерческих и технических специалистов компании. С 1979 года Testo успешно подготовила более 135 специалистов.

Консультации клиентов

Мы обеспечиваем возможность для каждого клиента получить консультации и ответы на интересующие вопросы, как у опытных специалистов, так и у официальных лиц.

Из Ленцкирха на весь мир

Компания Testo, производитель высокоточных приборов на основе высоких технологий, со штаб-квартирой в Ленцкирхе экспортирует почти 60 % всех измерительных приборов. Testo представлена во всех уголках земного шара 25 филиалами и 50 представительствами.

Посвящая себя будущему

Приблизительно 70 из 570 специалистов занимаются исследованиями, развитием и маркетингом. Мы имеем твердое желание исследовать. Главная цель состоит в том, чтобы предложить еще более новейшие технологии для решения измерительных задач наших клиентов.

Измерительные инструменты для защиты окружающей среды

Testo производит и развивает портативные анализаторы дымовых газов для защиты нашей окружающей среды с 1980 года.

Квалифицированный сервис

Testo остается с Вами и после приобретения инструмента. Компания обеспечивает быстрый круглосуточный сервис во многих представительствах.

Лидер мирового рынка

Высокое качество продукции (DIN EN ISO 9001 сертификат), разумные цены и быстрое и качественное обслуживание превратили Testo в мирового лидера по производству и продаже портативных измерительных инструментов.



testo 205

Прибор testo 205 - компактный pH-метр с автоматической температурной компенсацией, для одной руки, т.е. между pH зондом и электроникой инструмента нет соединительного кабеля. Измерительный температурный наконечник встроен в запатентованный pH зонд Testo, поэтому температура измеряется без подсоединения отдельного зонда. Наконечник зонда - сменный (запасная принадлежность). Зонд имеет длительный срок службы благодаря поллой диафрагме и гелевому электролиту, а также высокому быстродействию. Прочный сменный проникающий наконечник зонда не подвержен влиянию загрязнений (напр., белковым). Таким образом, testo 205 является идеальным измерительным инструментом для пищевой промышленности, особенно для мясопереработки.



Рис. 26: Измерение значения pH мяса во время обвалки



Презентация измерительных приборов Testo

Технические данные testo 205

Параметр	pH / °C
Сенсор	pH электрод / NTC
Число измерительных каналов	2
Диапазон измерений	от 0 до 14 pH
Разрешение: pH	0.01 pH
Разрешение: Температура	0.1 °C
Погрешность: pH	± 0.02 pH
Погрешность: Температура	± 0.4 °C
Температурная компенсация	Автоматическая
Дисплей	ЖК, 2-х строчный, от 0 до 70 °C
Зонд	Накручивающиеся pH / °C модули
Цикличность измерений	2 измерения в секунду
Рабочая температура	от 0 °C до +60 °C
Температура хранения	от -20 °C до +70 °C
Тип батареи	4 литиевые батарейки LR44
Ресурс батареи	80 ч (Авто Выкл. 10 мин)
Корпус	ABS с мягким кожаным для рукоятки Защитный класс IP 65
Размеры	197 x 33 x 20 мм
Вес	69 г

Таблица 6: Технические данные testo 205

Преимущества прибора

- Комбинированный проникающий наконечник pH с зондом температуры
- Сменный измерительный наконечник
- Электрод с гелевым наполнителем, не требующий обслуживания
- Встроенная подсветка дисплея
- Акустический сигнал при нажатии кнопок
- 2-х строчный дисплей
- Автоматическое распознавание значения полной шкалы
- Возможна 1, 2-х и 3-х точечная калибровка

testo 206-pH 1

Линейка прибора testo 206 состоит из 3-х моделей.

Карманный прибор измерения уровня pH и температуры testo 206-pH 1 оснащен наконечником зонда pH для измерения в жидкостях. pH фактор и значение температуры измеряются одновременно и отображаются на 2-х строчном дисплее. Измерительный наконечник может быть заменен при необходимости самим пользователем. Благодаря технологии, Testo зонд - высокопрочный, быстродейственный и нечувствительный к загрязнениям, а также имеет длительный срок службы. Возможна 1, 2-х и 3-х точечная калибровка. Комплект прибора включает колпачок с гелем для хранения, водонепроницаемый чехол TopSafe и держатель для ремня/стены.



Рис. 27: Измерение pH фактора в процессе производства фруктового сока

Применения testo 206-pH 1

- pH измерение в окружающей среде (вода, сточные воды, ...)
- Нейтрализация конденсата (отопительные системы/конденсационные котлы)
- Измерение pH в промышленности (напр., pH смазочных материалов)
- Измерение pH в пищевом производстве (напр., производство фруктового сока)
- Общее применение: Жидкие растворы во всех секторах



Презентация измерительных приборов Testo

Технические данные testo 206-pH 1

Параметр	pH / °C
Сенсор	pH электрод / NTC
Число измерительных каналов	2
Диапазон измерений	от 0 до 14 pH
Разрешение: pH	0.01 pH
Разрешение: Температура	0.1 °C
Погрешность: pH	± 0.02 pH
Погрешность: Температура	± 0.4 °C
Температурная компенсация	Автоматическая
Дисплей	ЖК, 2-х строчный, от 0 до 70 °C
Зонд	Накручивающиеся pH / °C модули
Цикличность измерений	2 измерения в секунду
Рабочая температура	от 0 °C до +60 °C
Температура хранения	от -20 °C до +70 °C
Тип батареи	1 батарейка CR2032
Ресурс батареи	80 ч (Авто Выкл. 10 мин)
Корпус	ABS с чехлом Top Safe Защитный класс IP 68
Размеры	197 x 33 x 20 мм
Вес	69 г

Таблица 7: Технические данные для testo 206-pH1

testo 206-pH 2

Карманный прибор измерения уровня pH и температуры разработан для быстрых измерений в полутвердых субстанциях. pH-метр testo 206-pH 2 предназначен для пищевых продуктов, таких как желе, крем, мясо, колбасы, сыр, фрукты, пюре и косметические кремы. Прибор оснащен встроенным температурным зондом для автоматической температурной компенсации. Возможна 1, 2-х, 3-х точечная калибровка. В комплект включены защитный колпачок с гелем для хранения, чехол TopSafe (прочный, водонепроницаемый, гигиеничный, можно мыть в посудомоечной машине (IP68)) и держатель для крепления к ремню/стене.



Рис. 28: Контроль качества в процессе производства косметического крема

Применения testo 206-pH 2

- Кисломолочные продукты (йогурт, сыр, ...)
- Измерение значения pH смеси в процессе производства спиртных напитков
- Измерение значения pH в производстве готовых продуктов (напр., приправы к салату)
- Применение в косметике (производство крема)
- Проверки pH в процессе производства мясных продуктов



Презентация измерительных приборов Testo

Технические данные для testo 206-pH 2

Параметр	pH / °C
Сенсор	pH электрод / NTC
Число измерительных каналов	2
Диапазон измерений	от 0 до 14 pH
Разрешение: pH	0.01 pH
Разрешение: Температура	0.1 °C
Погрешность: pH	± 0.02 pH
Погрешность: Температура	± 0.4 °C
Температурная компенсация	Автоматическая
Дисплей	ЖК, 2-х строчный, от 0 до 70 °C
Зонд	Накручивающиеся pH / °C модули
Цикличность измерений	2 измерения в секунду
Рабочая температура	от 0 °C до +60 °C
Температура хранения	от -20 °C до +70 °C
Тип батареи	1 батарейка CR2032
Ресурс батареи	80 ч (Авто Выкл. 10 мин)
Корпус	ABS с чехлом Top Safe Защитный класс IP 68
Размеры	197 x 33 x 20 мм
Вес	69 г

Таблица 8: Технические данные для testo 206-pH 2

testo 206-pH 3

testo 206-pH 3 оснащен BNC разъемом, позволяющим подсоединить все зонды pH к прибору. При использовании pH зондов со встроенным сенсором температуры, значение отображается с автоматической компенсацией температуры. Значение температуры можно ввести вручную. pH-метр идеален для использования вне помещений и в тяжелых условиях производства благодаря чехлу TopSafe, входящему в комплект. Возможна 1, 2-х, 3-х точечная калибровка. В комплект включен защитный колпачок с гелем для хранения, защитный водонепроницаемый чехол TopSafe и держатель для крепления к ремню/стене. Для заказа доступно 2 базовых комплекта, отличающихся опцией выбора pH зондов (Testo pH зонд Тип 01 без или Тип 04 с температурным сенсором).



Рис. 29: Проверка pH-фактор в лабораторных условиях

Применения testo 206-pH 3

- Все зонды можно подключить с помощью BNC адаптера. Зонды Testo с функцией измерения температуры обеспечивают автоматическую температурную компенсацию.
- Идеальный прибор для измерений pH-фактора в лаборатории
- Мониторинг pH в секторе окружающей среды (качество воды, образцы земли)
- Проверка pH в промышленности (напр., провочные установки)



Презентация измерительных приборов Testo

Технические данные для testo 206-pH 3

Параметр	pH / °C
Сенсор	pH электрод / NTC
Число измерительных каналов	2
Диапазон измерений	от 0 до 14 pH
Разрешение: pH	0.01 pH
Разрешение: Температура	0.1 °C
Погрешность: pH	± 0.02 pH
Погрешность: Температура	± 0.4 °C
Температурная компенсация	Автоматическая
Дисплей	ЖК, 2-х строчный, от 0 до 70 °C
Зонд	Накручивающиеся pH / °C модули
Цикличность измерений	2 измерения в секунду
Рабочая температура	от 0 °C до +60 °C
Температура хранения	от -20 °C до +70 °C
Тип батареи	1 батарейка CR2032
Ресурс батареи	80 ч (Авто Выкл. 10 мин)
Корпус	ABS с чехлом Top Safe Защитный класс IP 68
Размеры	197 x 33 x 20 мм
Вес	69 г За информацией о pH и температурной погрешности обратитесь к описанию соответствующих зондов.

Таблица 9: Технические данные для testo 206-pH 3

Колпачок для хранения с защитой от утечки

pH зонды должны храниться во влажных условиях для того, чтобы избежать засыхания внешнего слоя мембраны. Testo разработала колпачок для хранения с защитой от утечки для новых pH-метров testo 205 and testo 206. Гель соответствует 3-х молярному хлориду калия. Утечки не происходит из-за того, что гелевый наполнитель имеет густую природу. Очень важно тщательно очистить электрод перед тем, как погрузить его в гель для хранения. Прочный пластиковый колпачок с KCl гелем прикрепляется к держателю для ремня/стены или напрямую к инструменту. Запасные колпачки доступны в качестве отдельных принадлежностей или в комплекте № 3.

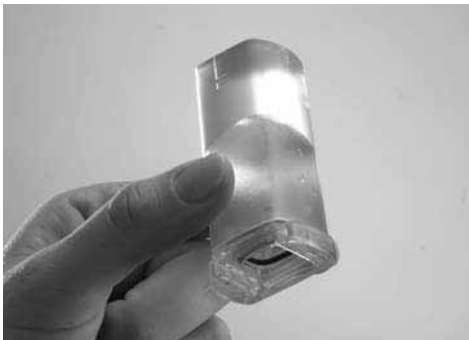


Рис. 32: Защитный колпачок для pH зондов с KCl гелевым наполнителем