



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

Institute of Standards and Industrial Research of Iran



استاندارد ملی ایران

۱۴۱۳۱

چاپ اول

ISIRI

14131

1st. Edition

کیفیت آب - اندازه‌گیری pH

Water quality- Determination of pH

ICS:13.060.50

به نام خدا

آشنایی با مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه* صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که مؤسسه استاندارد تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱ کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفتهای علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بینالمللی بهره گیری می شود.

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و / یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. مؤسسه می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سا زمانها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسه استاندارد این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آنها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این مؤسسه است.

* مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

- 1- International organization for Standardization
- 2 - International Electro technical Commission
- 3- International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrology Legal)
- 4 - Contact point
- 5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد " کیفیت آب - اندازه گیری pH "

رئیس:

زرگر، بهروز
(دکترای شیمی تجزیه)

سمت و/یا نمایندگی

هیأت علمی دانشگاه شهیدچمران اهواز

دبیر:

کی شمس، لیلی
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس آزمایشگاه مرکزی دانشگاه
شهیدچمران اهواز

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آریان پور، موسی
(لیسانس شیمی)

دبیر آموزش و پرورش

ایل خاص، مهناز
(لیسانس شیمی)

مسئول کنترل کیفیت شرکت پینار بهداشت

چراغی، حسین
(فوق لیسانس مهندسی متالورژی)

کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات
صنعتی استان خوزستان

حاتمی، امیر
(فوق لیسانس شیمی تجزیه)

کارشناس

حسینی، شهرزاد
(فوق دیپلم شیمی)

کارشناس شرکت آبفا

خوشنام، فرزانه
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس اداره کل استاندارد و تحقیقات
صنعتی استان خوزستان

سیدصدر، علی رضا
(لیسانس شیمی)

کارشناس آزمایشگاه گروه ملی صنعتی فولاد
ایران

کارشناس

فتاحی‌نیا، مهناز
(فوق لیسانس شیمی)

مدیر کیفی شرکت پارس لیان اروند

کریمی چشمه‌علی، مریم
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس

لرکی، آرش
(فوق لیسانس شیمی)

کارشناس

لطیفیان، مرضیه
(لیسانس شیمی)

کارشناس فنی شرکت آبفا

محمدنیا، حسین
(لیسانس مهندسی شیمی)

کارشناس جامعه کنترل کیفیت خوزستان

مهرمولایی، فاطمه
(لیسانس شیمی)

مدیر فنی شرکت گواراسازان جهان

هاشم‌زاده، جلیل
(دکترای پزشکی فنی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با مؤسسه استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
۵	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۲	۴ اصول آزمون
۲	۵ مزاحمت‌ها
۳	۶ مواد و/یا واکنشگرها
۴	۷ وسایل
۵	۸ نمونه‌برداری
۶	۹ روش انجام آزمون
۸	۱۰ بیان نتایج
۸	۱۱ گزارش آزمون
۹	پیوست الف (اطلاعاتی) مقادیر pH محلول‌های مرجع استاندارد اولیه
۱۱	پیوست ب (اطلاعاتی) اندازه‌گیری‌های عملیاتی در سیستم‌های جریان‌ی
۱۳	پیوست پ (اطلاعاتی) اندازه‌گیری میدانی (اندازه‌گیری در محل)
۱۴	پیوست ت (اطلاعاتی) اندازه‌گیری‌های مقدار pH در آب با قدرت یونی کم
۱۵	پیوست ث (اطلاعاتی) داده‌های عملکرد
۱۶	پیوست ج (اطلاعاتی) کتاب‌نامه

پیش گفتار

استاندارد " کیفیت آب- اندازه گیری pH " که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران تهیه و تدوین شده و در هشتصد و بیست و هفتمین اجلاس کمیته ملی استاندارد صنایع شیمیایی و پلیمر مورخ ۹۰/۷/۲۸ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 10523:2008 , Water quality- Determination of pH

کیفیت آب - اندازه گیری pH

هشدار - توصیه می شود افرادی که از این استاندارد ملی استفاده می کنند با آیین کار معمول آزمایشگاه آشنایی داشته باشند. در این استاندارد به تمام موارد ایمنی مرتبط با کاربرد آن اشاره نشده است. مسئولیت برقراری ایمنی و سلامتی و تعیین حدود قوانین کاربری قبل از استفاده به عهده کاربر می باشد.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روشی برای اندازه گیری مقدار pH در آب های باران، آشامیدنی، معدنی، شستشو، سطحی و زیرزمینی و همچنین فاضلاب های شهری و صنعتی و لجن های مایع، در محدوده pH برابر ۲ تا ۱۲ و قدرت یونی کمتر از $I=0.3 \text{ mol/kg}$ (هدایت الکتریکی $< 2000 \text{ mS/m}$ در 25°C) حلال و در محدوده دمایی 0°C تا 50°C می باشد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شوند. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 3696, Water for analytical laboratory use- Specification and test methods¹

2-2 ISO 4796-2, Laboratory glassware- Bottles- Part 2: Conical neck bottles²

2-3 ISO 5667-3, Water quality - Sampling - Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples³

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می رود:

¹ استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۲۸ جهت بهره برداری موجود می باشد.

² استاندارد ملی ایران شماره ۸۲۷۹-۲ جهت بهره برداری موجود می باشد.

³ استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۸۶ جهت بهره برداری موجود می باشد.

۱-۳

pH

معیاری از فعالیت یون‌های هیدروژن در محلول می‌باشد.

[ISO 80000-9]

یادآوری - اسیدی یا قلیایی بودن یک واکنش به وسیله فعالیت یون‌های هیدروژن موجود تعیین می‌شود.

۲-۳

مقدار pH

حاصل لگاریتم در مبنای ۱۰ نسبت فعالیت مولی یون هیدروژن (a_H) به فعالیت استاندارد که در ۱- ضرب شده است.

$$\text{pH} = -\lg a_H = -\lg(m_H/\gamma_H / m^\circ) \quad (1)$$

که در آن:

a_H فعالیت نسبی (بر اساس مولالیته) یون‌های هیدروژن؛

γ_H ضریب فعالیت مولال یون‌های هیدروژن در m_H ؛

m_H مولالیته یون‌های هیدروژن بر حسب مول بر کیلوگرم؛

m° مولالیته استاندارد.

[ISO 80000-9]

یادآوری ۱- مقدار pH یک مشخصه اندازه‌گیری مطلق است.

یادآوری ۲- $\text{pH}(\text{PS}^1)$ (استاندارد اولیه) به عنوان مقدار فعالیت یک یون منفرد، قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد. بنابراین به منظور محاسبه تا حد امکان دقیق و قابلیت ردیابی آن، $\text{pH}(\text{PS})$ محلول‌های مواد مرجع اولیه ثبت می‌شود. این کار با استفاده از یک روش اندازه‌گیری الکتروشیمیایی بر پایه وابستگی ترمودینامیکی شدید پتانسیل الکتروود پلاتین/ هیدروژن به فعالیت یون‌های هیدروژن و حذف جریان نفوذ با استفاده از سل‌های بدون انتقال انجام می‌شود.

۴ اصول آزمون

مقدار pH بر اساس اختلاف پتانسیل یک سل الکتروشیمیایی، با استفاده از یک pH متر مناسب اندازه‌گیری می‌شود.

pH یک نمونه به علت تعادل تفکیک به دما نیز وابسته است. بنابراین دمای نمونه همیشه همراه با مقدار pH اندازه‌گیری شده بیان می‌شود.

۵ مزاحمت‌ها

انحراف در اندازه‌گیری‌ها ناشی از ولتاژهای اضافی در الکتروود pH و به‌ویژه در غشا، دیافراگم و محلول اندازه‌گیری بوده و موجب اندازه‌گیری‌های نادرست می‌شود. در صورتی که کالیبراسیون/ تنظیمات و اندازه‌گیری‌ها

تحت شرایط یکسان (به عنوان مثال دما، ویژگی‌های جریان و قدرت یونی) انجام شوند، این انحرافات به حداقل می‌رسند.

فرسایش و ته نشینی‌ها (پوشش‌هایی مانند کلسیم کربنات، هیدروکسیدهای فلزات، روغن و چربی) روی غشای الکتروود اندازه‌گیری، باعث کاهش محسوس در شیب pH الکتروود، زمان‌های پاسخ طولانی یا ایجاد حساسیت‌های متقاطع در برابر آنیون‌ها و کاتیون‌ها می‌شود.

ته‌نشینی‌ها (پوشش‌ها) یا رسوبات روی یا درون دیافراگم (به عنوان مثال نقره کلرید، نقره سولفید و پروتئین-ها) موجب اختلال در اتصال الکتریکی با محلول اندازه‌گیری می‌شوند. عیوب موجود در دیافراگم را می‌توان با اندازه‌گیری اثر رقت محلول‌های اندازه‌گیری، شناسایی کرد.

اگر واکنش‌های بین الکتروودیت و محلول اندازه‌گیری باعث ایجاد رسوب در دیافراگم شود، یک پل الکتروودیتی داخلی (به عنوان مثال $KCl/KCl + AgCl$) یا یک پل الکتروودیتی با الکتروودیت‌های بی‌اثر (به عنوان مثال پتاسیم نیترات، $c(KNO_3) = 0.1 \text{ mol/l}$) بین محلول نمونه و الکتروودیت مرجع قرار دهید.

به ویژه در آب‌های با هدایت الکتریکی پایین ممکن است ولتاژهای نفوذ بالا ایجاد شود. اثرات هم‌زدن و اثرات حافظه (نفوذ برگشتی محلول اندازه‌گیری به درون الکتروود مرجع) می‌تواند موجب انحرافات در اندازه‌گیری‌ها شود. در این صورت باید از الکتروودهای pH ویژه (به عنوان مثال با یک دیافراگم سنباده‌ای یا با یک پل داخلی دارای یک محلول بدون AgCl از الکتروودیت‌های مرجع) استفاده شود.

در آب‌های با ظرفیت بافری کم، مقدار pH ممکن است به آسانی (به عنوان مثال با اضافه شدن یا حذف کربن‌دی‌اکسید هوا یا جذب مواد قلیایی از ظروف شیشه‌ای) تغییر کند. در این موارد توصیه می‌شود که از مواد مناسب استفاده شده و اندازه‌گیری‌ها در یک سیستم جریان بسته انجام گیرند.

آزاد شدن گازها در مجاورت الکتروود pH می‌تواند موجب مزاحمت‌های بیشتر و در نتیجه تغییر در مقدار pH شود.

انحرافات در اندازه‌گیری‌ها ممکن است در سوسپانسیون‌ها رخ دهد. در این حالت اجازه دهید نمونه در یک ظرف کاملاً پر و بسته ته‌نشین شده و سپس pH را در محلول شفاف روی آن اندازه‌گیری کنید.

انحرافات در اندازه‌گیری‌ها ممکن است در هنگام اندازه‌گیری آب‌های زیرزمینی یا آب‌های معدنی غنی از کربن‌دی‌اکسید، رخ دهد. در این موارد ممکن است اشباع شدن با کربن‌دی‌اکسید در فشار بالا و گاز زدایی در طول اندازه‌گیری رخ داده و باعث تغییر در مقدار pH اولیه شود. مقدار pH در آب غیرهوازی حاوی Fe(II) و/یا سولفید نیز در تماس با هوا تغییر می‌کند.

برای تأثیر دما بر مقدار pH محلول‌های آبی، بندهای ۲-۷، ۳-۷ و ۹ را ببینید.

۶ مواد و/یا واکنشگرها

به جز در موارد ذکر شده، فقط از واکنشگرهای با خلوص تجزیه‌ای شناخته شده استفاده کنید.

۱-۶ آب مقطر یا آب یون‌زدایی شده، به عنوان مثال آب یون‌زدایی شده مطابق با استاندارد ISO 3696، درجه ۲ با هدایت الکتریکی کمتر از 0.1 mS/m

۲-۶ محلول‌های بافر، ترجیحاً محلول‌های بافر تأیید شده که مقدار عدم صحت برای کالیبره کردن pH متر را ذکر کرده باشد. از دستورکار سازنده در ارتباط با نگهداری و پایداری محلول‌ها پیروی کنید. در صورتی که بافرهای تأیید شده در دسترس نبوده و نیاز به تهیه محلول‌های بافر در محل باشد، به پیوست الف مراجعه کنید. بهتر است آماده‌سازی محلول‌های بافر در محل، تنها در موارد اضطراری انجام شود. کربن‌دی‌اکسید موجود در اتمسفر، بر محلول‌های بافر به‌ویژه آن‌هایی که دارای pH قلیایی باشند تأثیر می‌گذارد. عبور گاز محافظ در فضای بالای محلول باعث بهبود پایداری می‌شود. برای تمام محلول‌های بافر، از باز و بسته کردن پی‌درپی ظروف و برداشتن مقادیر کم اجتناب کنید. زمان اولین بار باز کردن بطری واکنشگر را روی آن یادداشت کنید.

۳-۶ الکترولیت‌های مربوط به الکترودهای مرجع پرشده با مایع، از محلول‌های الکترولیت توصیه شده توسط سازنده استفاده کنید.

۴-۶ محلول پتاسیم کلرید، KCl، با غلظت برابر ۳ mol/l. به منظور آماده کردن محلول KCl به عنوان الکترولیت برای الکترودهای مرجع، از مقدار مناسب پتاسیم کلرید جامد استفاده کرده و در آب (بند ۱-۶) حل کنید.

۷ وسایل

۱-۷ بطری نمونه‌برداری، قابل درزبندی، کف‌تخت، از جنس پلی‌اتیلن یا شیشه، به عنوان مثال بطری آزمایشگاهی مشخص شده مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۲-۸۲۷۹ با نشان 100WS، نوع درپوش استفاده شده باید طوری باشد که به‌طور کامل مانع از تماس هوا با نمونه شود.

۲-۷ دستگاه اندازه‌گیری دما، قادر به اندازه‌گیری دما با عدم قطعیت کل کمتر یا مساوی 0.5°C . حسگر دمایی (بند ۲-۲-۷) مناسب‌تر است.

۱-۲-۷ دماسنج با درجه‌بندی 0.5°C

۲-۲-۷ حسگر دمایی، به‌صورت جدا یا نصب شده در الکتروود pH، به عنوان مثال Pt 100، Pt 1000 یا ضریب دمایی منفی

انحرافات اندازه‌گیری دما ناشی از دستگاه باید نسبت به یک دماسنج کالیبره شده، تصحیح شود.

۳-۷ pH متر، دارای قسمت‌های زیر برای تنظیم می‌باشد:

الف- نقطه صفر الکتروود pH (یا ولتاژ تصحیح^۱)؛

ب- شیب الکتروود pH؛

پ- دمای الکتروود pH؛

1- Offset voltage

ت- مقاومت ورودی بزرگتر از $10^{12} \Omega$ می‌باشد.

به علاوه، باید امکان تغییر نحوه نمایش pH متر برای قرائت مقدار pH یا ولتاژ وجود داشته باشد.

قدرت تفکیک قرائت مقدار pH از روی pH متر باید ۰/۰۱ یا بهتر باشد.

در صورتی که pH متر به‌طور دستی یا خودکار عمل می‌کند، کالیبراسیون به عنوان یک ویژگی محدودکننده، در حوزه این استاندارد نمی‌باشد.

یادآوری- جبران دمایی که با استفاده از pH مترهای تجارتي موجود انجام می‌شود، بر اساس معادله نرنست می‌باشد. یعنی به دما وابسته است و شیب تئوری مربوطه الکترودها، در نشان دادن مقدار pH در نظر گرفته می‌شود. با این حال وابستگی دمایی محلول اندازه‌گیری به مقدار pH از این طریق جبران نمی‌شود.

۴-۷ الکترودهای شیشه‌ای و الکترودهای مرجع، توصیه می‌شود نقطه صفر اندازه‌گیری‌های تکراری الکترودهای شیشه‌ای، انحراف بیشتر از $\Delta pH = 0.5$ (مقدار اعلام شده توسط سازنده) نسبت به مقدار اسمی الکترودهای pH نداشته باشد. مقدار شیب عملی باید حداقل ۹۵٪ شیب تئوری باشد.

از الکترودهای با محلول‌های الکترولیت و نرخ جریان ۰/۱ میلی‌لیتر در روز تا ۲ میلی‌لیتر در روز، به عنوان الکترودهای مرجع استفاده کنید.

برای الکترودهای مرجع با محلول الکترولیت، اطمینان حاصل کنید که با تنظیم سطح الکترولیت درون الکترودهای مرجع، بالاتر از محلول بافر یا محلول اندازه‌گیری (هر کدام مناسب باشد)، یک فشار هیدرواستاتیک اضافی ایجاد شود. همچنین می‌توان از الکترودهای مرجع تحت فشار استفاده کرد.

در کاربردهای محدود می‌توان از الکترودهای مرجع با یک الکترولیت جامد (الکترولیت به‌صورت ژل یا پلیمریزه شده) نیز استفاده کرد.

الکترودها را مطابق دستورکار سازنده نگهداری کنید.

توصیه می‌شود برای نمونه‌های با هدایت الکتریکی پایین، الکترودهای با تخلیه الکترولیت بالا استفاده شود. در صورتی که هدایت الکتریکی بیشتر از 30 mS/m باشد، می‌توان از الکترولیت‌های ژلی یا پلیمریزه شده نیز در الکترودهای مرجع استفاده کرد. به‌طور کلی در مورد الکترولیت‌های ژلی یا پلیمریزه شده اطمینان حاصل کنید که تبادل در دیافراگم در اثر نفوذ یون‌های موجود و نه در اثر تخلیه الکترولیت انجام شود.

۵-۷ هم‌زن، عملکرد آن به‌گونه‌ای باشد که حداقل تبادل گاز بین نمونه و هوا ایجاد شود.

۸ نمونه‌برداری

مقدار pH ممکن است به‌سرعت در نتیجه فرایندهای شیمیایی، فیزیکی و زیستی در نمونه آب تغییر کند. به همین دلیل در هر زمان که امکان آن وجود داشته باشد، توصیه می‌شود که اندازه‌گیری مقدار pH در مرحله نمونه‌برداری فوراً انجام گیرد.

در صورتی که این امکان وجود ندارد، یک نمونه آب از بطری نمونه‌برداری (بند ۷-۱) تهیه کنید.

در هنگام پر کردن بطری نمونه‌برداری، از تبادل گاز بین نمونه و هوای محیط، به عنوان مثال آزاد شدن کربن‌دی‌اکسید، جلوگیری کنید.

بطری را کاملاً پر کرده و در آن را به‌گونه‌ای که عاری از حباب باشد با یک درپوش محکم کنید. نمونه‌ها در حین حمل و نقل و نگهداری باید در محیط خنک (2°C تا 8°C) و تاریک نگهداری شوند (مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۸۶).

بطری نمونه‌برداری ترجیحاً با استفاده از یک لوله انعطاف‌پذیر که در کف بطری قرار دارد و آب را با فشار و تا زمان سرریز شدن، از یک نمونه‌گیر آب به بطری انتقال می‌دهد، پر می‌شود.

در آزمایشگاه در سریع‌ترین زمان ممکن مقدار pH را اندازه‌گیری کنید. هنگامی که نمونه‌ها در آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شوند، اثرات احتمالی حمل و نقل و نگهداری بر مقدار pH نمونه‌های مورد آزمون را بررسی کنید.

برای انواع خاص بافت‌های آب، به روش‌های نمونه‌برداری توجه ویژه شود (استاندارد ملی ایران شماره ۹۸۸۶). به‌طور معمول نمونه‌برداری و حمل و نقل، عوامل اصلی عدم قطعیت در اندازه‌گیری pH در آزمایشگاه هستند. بنابراین نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده در محل، اغلب عدم قطعیت‌های کمتری را نشان می‌دهند.

۹ روش انجام آزمون

۹-۱ آماده‌سازی

در هنگام کار با الکترود pH از دستورکار سازنده پیروی کنید. با نگهداری و آزمون دوره‌ای، از عملکرد صحیح الکترود pH اطمینان حاصل کنید (بند ۹-۲).

محلول‌های بافر کالیبراسیون را آماده کنید. برای دستگاه‌هایی که به‌صورت خودکار بافر را شناسایی می‌کنند، از دستور کار کالیبراسیون ارایه شده توسط سازنده پیروی کنید.

محلول‌های بافر را به گونه‌ای انتخاب کنید که اندازه‌گیری‌های مورد انتظار نمونه، بین مقادیر دو بافر قرار گیرد.

هنگامی که از یک الکترود pH بدون حسگر دمایی داخلی استفاده می‌کنید، یک حسگر دمایی درون محلول آزمون فرو برید.

برای اندازه‌گیری، طبق دستور کار سازنده، الکترود شیشه‌ای و الکترود مرجع یا الکترود pH تک‌میله‌ای^۱ را آماده کنید.

دستگاه اندازه‌گیری را روشن کنید. برای دستگاه‌هایی که به‌صورت خودکار بافر را شناسایی می‌کنند، اطلاعات ذخیره شده محلول‌های بافر آماده شده برای کالیبراسیون را فعال کنید.

دمای محلول‌های بافر و محلول‌های نمونه را اندازه‌گیری کنید.

توصیه می‌شود در صورت امکان، بافر و نمونه دمای یکسانی داشته باشند.

در صورتی که حسگر دمایی وجود ندارد، دستگاه را در دمای اندازه‌گیری تنظیم کنید.

مقادیر pH محلول‌های بافر را با استفاده از گواهی‌های مربوطه بر اساس دمای موجود (در پیوست الف مثال - هایی از بافرها را ببینید)، یا تشخیص خودکار بافر به‌دست آورید.

۹-۲ کالیبراسیون و تنظیم دستگاه اندازه‌گیری

با پیروی از دستور کار سازنده، الکتروود pH را در دو نقطه با استفاده از محلول‌های بافر دارای مقادیر pH در محدوده معلوم (کالیبراسیون دو نقطه‌ای) کالیبره کنید. سپس دستگاه‌ها را به‌صورت دستی، بر اساس اطلاعات تعیین شده تنظیم کنید. برای دستگاه‌های اندازه‌گیری خودکار، اطمینان حاصل کنید که محلول - های بافر آماده شده، مطابق اطلاعات محلول‌های بافر ذخیره شده در نرم‌افزار دستگاه اندازه‌گیری باشند. الکتروود pH و حسگر دمایی را در بافر اول که معمولاً دارای pH معادل ۷ بوده و برای تنظیم نقطه صفر استفاده می‌شود، فرو ببرید. سپس برای جلوگیری از افزایش غلظت پتاسیم کلرید، ناشی از نشت الکتروولیت - های مرجع در مجاورت الکتروود شیشه‌ای هم بزنید.

همزن را خاموش کرده و روش کار کالیبراسیون دستگاه اندازه‌گیری را شروع کنید. دستگاه‌های خودکار به‌صورت مستقل، پایدار بودن اندازه‌گیری را تعیین، مقدار آن را ذخیره و نقطه صفر را تنظیم می‌کنند.

در هنگام استفاده از دستگاه‌های دارای تنظیم دستی، به جز در مواردی که در دستور کار سازنده قید شده باشد، ابتدا نقطه صفر را در pH برابر ۷ تنظیم کنید.

الکتروود pH و حسگر دمایی را قبل، حین و پس از اندازه‌گیری‌ها، به‌طور کامل با آب (بند ۶-۱) بشویید. الکتروود pH را در محلول بافر دوم فرو برده و هم بزنید. همزن را خاموش کرده و روش کار کالیبراسیون دستگاه اندازه‌گیری را برای محلول بافر دوم شروع کنید. دستگاه‌های خودکار به‌صورت مستقل پایدار بودن اندازه‌گیری را تعیین، مقدار آن را ذخیره و شیب را تنظیم می‌کنند. برای دستگاه‌های دارای تنظیم دستی، شیب را طوری تنظیم کنید که مقدار pH محلول بافر دوم بدست آید.

نتایج حاصل از تنظیم الکتروود pH را، روی دو نمونه جدید از محلول‌های بافر استفاده شده بررسی کنید. توصیه می‌شود کالیبراسیون با استفاده از اندازه‌گیری یک محلول بافر بررسی کالیبراسیون مستقل دیگر، به جای محلول‌های بافر استفاده شده، مورد بررسی قرار گیرد.

اندازه‌گیری‌ها نباید بیشتر از ۰٫۰۳ از نقطه تنظیم مربوطه انحراف داشته باشند. در غیر این صورت، روش را تکرار کرده و در صورت نیاز الکتروود pH را جایگزین کنید.

به عنوان نتیجه کالیبراسیون، نقطه صفر، شیب الکتروود pH و دمای اندازه‌گیری را ثبت کنید. در صورتی که به اطلاعاتی در مورد شرایط الکتروود pH برای محدوده وسیعی از pH یا کیفیت محلول‌های بافر نیاز است، الکتروود pH را در بیشتر از دونقطه، معمولاً پنج نقطه کالیبره کنید (کالیبراسیون چند نقطه‌ای، مرجع ۸ را ببینید).

۹-۳ اندازه‌گیری نمونه‌ها

در صورت امکان اندازه‌گیری نمونه‌ها را تحت همان شرایط انجام کالیبراسیون انجام دهید. ترجیحاً مقدار pH را در بطری نمونه‌برداری (بند ۷-۱) اندازه‌گیری کنید.

هنگامی که محلول‌ها تغییر می‌کند، الکتروود pH و ظرف اندازه‌گیری را با آب مقطر یا آب یون‌زدایی شده (بند ۶-۱) و پس از آن در صورت امکان با محلول بعدی مورد اندازه‌گیری بشویید. در صورت نیاز روش را برای زیرنمونه‌های دیگر تکرار کنید. ویژگی‌های خاص اندازه‌گیری pH به عنوان اندازه‌گیری‌های عملیاتی در سیستم‌های در جریان، شامل اندازه‌گیری‌های آب‌های با قدرت یونی کم، در محل و آب‌های تحت فشار بالا (آب دریا، آب سطحی و آب صنعتی)، در پیوست‌های ب، پ و ت شرح داده شده است. توصیه می‌شود غلظت‌های جرمی جامدات در لجن مایع، کمتر از ۵٪ باشد.

۱۰ بیان نتایج

به‌طور کلی، مقدار کمی pH تا یک رقم اعشار بیان می‌شود. تنها هنگامی که ترکیب محلول مجهول مشابه ترکیب محلول‌های بافر بوده و کیفیت کالیبراسیون اجازه بدهد، می‌توان نتایج را تا دو رقم اعشار گزارش کرد. در صورتی که علی‌رغم نبودن شرایط ذکر شده، نیاز به بیان رقم دوم اعشار باشد، توصیه می‌شود دلایل گرفتن دمای اندازه‌گیری را نیز گزارش کنید.

مثال: مقدار pH برابر ۹٫۸
دمای اندازه‌گیری $\theta = 16,4^{\circ}\text{C}$

۱۱ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید دارای حداقل اطلاعات زیر باشد:

- ۱-۱۱ تمام اطلاعات مورد نیاز برای شناسایی کامل نمونه؛
- ۲-۱۱ روش نمونه‌برداری استفاده شده (بند ۸)؛
- ۳-۱۱ روش آزمون مطابق این استاندارد ملی ایران؛
- ۴-۱۱ تمام جزئیات عملیاتی که در این استاندارد ملی تعیین نشده یا اختیاری در نظر گرفته شده‌اند همراه با جزئیات هر اتفاق دیگری که ممکن است روی نتایج تأثیر گذاشته باشند؛
- ۵-۱۱ شرایط اندازه‌گیری؛
- ۶-۱۱ نتایج آزمون (بند ۱۰).

پیوست الف
(اطلاعاتی)

مقادیر pH محلول‌های مرجع استاندارد اولیه

الف-۱ وابستگی مقادیر pH محلول‌های مرجع استاندارد اولیه به دما

جدول الف-۱ - مثال‌هایی از مقادیر pH محلول‌های مرجع استاندارد اولیه مطابق مرجع ۵

I سدیم کربنات / سدیم هیدروژن کربنات ۰٫۰۲۵ mol/kg	F بوراکس ۰٫۰۱ mol/kg	D فسفات ۰٫۰۲۵ mol/kg	C پتاسیم هیدروژن فتالات ۰٫۰۵ mol/kg	B پتاسیم هیدروژن تارتارات اشباع شده	دما °C
۱۰٫۳۱۷	۹٫۴۶۴	۶٫۹۸۴	۴٫۰۰۰	- ^a	۰
۱۰٫۲۴۵	۹٫۳۹۵	۶٫۹۵۱	۳٫۹۹۸	- ^a	۵
۱۰٫۱۷۹	۹٫۳۳۲	۶٫۹۲۳	۳٫۹۹۷	- ^a	۱۰
۱۰٫۱۱۸	۹٫۲۷۶	۶٫۹۰۰	۳٫۹۹۸	- ^a	۱۵
۱۰٫۰۶۲	۹٫۲۲۵	۶٫۸۸۱	۴٫۰۰۰	- ^a	۲۰
۱۰٫۰۱۲	۹٫۱۸۰	۶٫۸۶۵	۴٫۰۰۵	۳٫۵۵۷	۲۵
۹٫۹۶۶	۹٫۱۳۹	۶٫۸۵۳	۴٫۰۱۱	۳٫۵۵۲	۳۰
۹٫۹۲۶	۹٫۱۰۲	۶٫۸۴۴	۴٫۰۱۸	۳٫۵۴۹	۳۵
۹٫۹۱۰	۹٫۰۸۸	۶٫۸۴۱	۴٫۰۲۲	۳٫۵۴۸	۳۷
۹٫۸۸۹	۹٫۰۶۸	۶٫۸۳۸	۴٫۰۲۷	۳٫۵۴۷	۴۰
۹٫۸۲۸	۹٫۰۱۱	۶٫۸۳۳	۴٫۰۵۰	۳٫۵۴۹	۵۰

^a در دمای کمتر از ۲۵ °C نمی‌تواند استفاده شود.

الف-۲ عدم قطعیت‌های توسعه یافته $u[pH(S)]$ محلول‌های مرجع استاندارد

علاوه بر محلول‌های بافر اولیه که به صورت بین‌المللی پذیرفته شده‌اند (به مرجع ۳ مراجعه کنید)، محلول‌های بافر ثانویه، فنی و آماده استفاده نیز وجود دارد. در جدول الف-۲ عدم قطعیت‌های مطلوب برای این بافرها فهرست شده است.

جدول الف-۲- عدم قطعیت‌های توسعه یافته $u[\text{pH}(\text{S})]$ محلول‌های مرجع استاندارد

عدم قطعیت توسعه یافته مطلوب $k^a = 2$	نوع بافر
۰٫۰۰۳ - ۰٫۰۰۶	اولیه
۰٫۰۰۳ - ۰٫۰۰۶	ثانویه (با همان ترکیب بافرهای اولیه)
$\leq ۰٫۰۱$	بافرهای آماده استفاده و فنی (در صورت مناسب بودن، با ترکیبی غیر از بافرهای اولیه)
	^a فاکتور پوشش ^۱

پیوست ب (اطلاعاتی)

اندازه‌گیری‌های عملیاتی در سیستم‌های در جریان

ب-۱ کالیبراسیون و تنظیم مستقیم

مراحلی از اندازه‌گیری که می‌توان از فرایند خارج کرد، مطابق بند ۹-۲ تنظیم می‌شود.

ب-۲ کالیبراسیون و تنظیم غیر مستقیم مراحلی از اندازه‌گیری^۱

هنگامی که امکان خارج کردن مراحلی از اندازه‌گیری از محیطی که قرار است مقدار pH آن اندازه‌گیری شود وجود نداشته یا انجام آن مشکل باشد، می‌توان این روش را به کار برد. در این حالت نیاز است از یک pH متر ثانویه و یک الکتروود pH ثانویه استفاده شود. به‌طور متقابل عدم قطعیت این روش در مقایسه با تنظیم مستقیم بالاتر است.

در زمان تصدی، عملکرد تجهیزات اندازه‌گیری استفاده شده فرایند را از طریق تنظیم مطابق بند ۹-۲ نشان داده و ثبت کنید.

از آب مورد آزمون، در صورت امکان در مجاورت مجموعه اندازه‌گیری‌های صورت گرفته، یک نمونه تهیه کنید. مقدار اندازه‌گیری شده با استفاده از الکتروود pH در آن لحظه را ثبت کنید.

نمونه را با استفاده از یک pH متر تنظیم‌شده اندازه‌گیری کنید.

مقادیر pH بدست آمده از اندازه‌گیری در هنگام نمونه‌برداری و حاصل از مجموعه اندازه‌گیری‌های معتبر انجام شده را مقایسه کرده و آن‌ها را از طریق تنظیم دستی نقطه صفر الکتروود pH یا ولتاژ تصحیح (با توجه به اطلاعات سازنده در مورد pH متر) به تعادل برسانید.

از آنجایی که این کالیبراسیون تک نقطه‌ای می‌باشد، شیب عملی مراحل اندازه‌گیری فرایند تعیین نمی‌شود. بنابراین تنها محدوده کوچکی از مقادیر pH را می‌توان مورد اندازه‌گیری قرار داد. تغییر شیب مراحل اندازه‌گیری فرایند را در نظر داشته باشید.

ب-۳ اندازه‌گیری

از آنجایی که اندازه‌گیری معمول پیوسته، در یک محیط متحرک و معمولاً در حال جریان انجام می‌شود، ممکن است با در نظر گرفتن تجهیزات، اندازه‌گیری‌های اضافی مورد نیاز باشد. اگر اندازه‌گیری‌ها تحت فشار بالا و/یا در یک محیط در حال جریان انجام می‌شود، امکان تغییرات در لایه‌های مرزی و در فرایندهای نفوذی که در نهایت منجر به تغییرات پتانسیل می‌شود، وجود خواهد داشت. بنابراین اندازه‌گیری‌ها تحت شرایطی که تا حد امکان یکنواخت باشد انجام می‌گیرند. در این حالت گزارش مقدار pH لزوماً باید شامل اطلاعات مربوط به شرایط اندازه‌گیری باشد که در آن شرایط، مقدار بیان شده اعتبار دارد.

به‌ویژه در مورد آب‌هایی با هدایت الکتریکی کمتر از 10 mS/m منطقی است از یک محفظه اندازه‌گیری که در آن نرخ جریان از قبل تنظیم شده و امکان کنترل وجود دارد، استفاده شود. علاوه بر این چنین تجهیزات کنترل جریانی، تجمع ذرات و آلودگی‌ها را کاهش داده و تمیز کردن را ساده می‌کنند. در صورت نیاز اطلاعات توسط انجام دهنده آزمون جمع‌آوری می‌شود.

در صورتی که هدایت الکتریکی بیشتر از 30 mS/m باشد، می‌توان از الکترولیت به‌صورت ژل یا پلیمریزه شده نیز در الکترودهای مرجع استفاده کرد. از آنجایی که این عمل اثرات هم‌زدن یا جریان را کاهش می‌دهد، یک چیدمان متقارن از نقاط تخلیه الکترولیت، دقت اندازه‌گیری را افزایش می‌دهد. البته انجام چنین کاری الزامی نیست.

به‌طور کلی هنگام کار با الکترولیت‌های به‌صورت ژل یا پلیمریزه شده، اطمینان حاصل کنید که تبادل درون دیافراگم نه در اثر تخلیه الکترولیت، بلکه در نتیجه نفوذ یون‌های مورد نظر انجام می‌شود. هنگامی که ترکیب محیط تغییر می‌کند (به عنوان مثال اندازه‌گیری پیوسته آب با هدایت الکتریکی کمتر از 5 mS/m و محلول بافر) ، ممکن است پتانسیل‌های مداخله‌کننده دیگری به‌وجود آید. در این موارد، ممکن است تنظیم غیرمستقیم ترجیح داده شود.

برای اطمینان از اینکه غلظت الکترولیت به‌صورت مداوم در سطح بالایی قرار دارد، این امکان وجود دارد که از الکترودهای مرجع به همراه مخزن نمک استفاده کرد.

برای برآورد مقدار تأثیر در عدم قطعیت، می‌توان از مقادیر بدست آمده از کارت‌های کنترل برای مقدار هدف، محدوده یا مقادیر میانگین استفاده کرد.

پیوست پ (اطلاعاتی)

اندازه‌گیری میدانی (اندازه‌گیری در محل)

پ-۱ کالیبراسیون و تنظیم

الکترودهای pH و pH مترها را مطابق بند ۹-۲ کالیبره و تنظیم کنید.

پ-۲ اندازه‌گیری

قبل از انجام اندازه‌گیری‌ها روی نمونه آب، الکترودهای pH را با آب یون‌زدایی شده یا آب مقطر (بند ۶-۱) تمیز کنید.

هر زمان که این امکان وجود داشت، الکترودها را درون آب مورد اندازه‌گیری قرار دهید. در حین اندازه‌گیری، الکترودها را به آرامی درون آب راکد تکان دهید اما از جریان‌های شدید آب خودداری کنید. همچنین می‌توانید یک نمونه نماینده را به ظرف اندازه‌گیری منتقل کنید. این کار را ترجیحاً با فشار، از نمونه‌بردار آب و از طریق یک لوله انعطاف‌پذیر که تا کف بطری کشیده شده است، تا حد سرریز شدن، انجام دهید. سپس الکترودهای pH را درون آب فرو ببرید.

هنگامی که اندازه‌گیری را به‌طور مستقیم در آب سطحی انجام می‌دهید، الکترودهای pH را تا عمق ممکن زیر سطح آب فرو ببرید.

ممکن است پیش از قرار دادن الکترودهای pH در آب، نیاز به همگن‌سازی باشد.

از به‌هم‌زدن شدید که موجب آزاد شدن گازها از نمونه یا جذب گاز از هوا می‌شود خودداری کنید.

هم‌زدن را متوقف کرده و بعد از ثابت شدن صفحه نمایش، اندازه‌گیری را قرائت کنید. هنگامی که از دستگاه‌های اندازه‌گیری با قابلیت کنترل جریان خودکار استفاده می‌کنید، اجازه دهید تا مقدار نمایش داده شده ثابت شود. در صورت نیاز اندازه‌گیری را با زیرنمونه‌های مشابه دیگر تکرار کنید. توصیه می‌شود برای نمونه‌های با هدایت الکتریکی بالاتر، تکرارپذیری اندازه‌گیری ۰٫۱ واحد pH یا بهتر باشد.

در ادامه اندازه‌گیری، الکترودهای pH را به‌طور کامل با استفاده از آب یون‌زدایی شده یا آب مقطر شستشو دهید. زمانی که نمونه‌های پساب یا شیرابه را اندازه‌گیری می‌کنید، حداقل از آب شیر استفاده کنید. برای جداسازی رسوبات ایجاد شده روی غشای شیشه‌ای یا روی دیافراگم، از دستور کار مربوط به تمیزکاری، تهیه شده توسط سازنده الکترودهای پیروی کنید.

برای نمونه‌های با هدایت الکتریکی پایین، توصیه می‌شود از الکترولیت‌های با تخلیه الکترولیتی بالا استفاده شود (بند ۷-۴).

پیوست ت (اطلاعاتی)

اندازه‌گیری‌های مقدار pH در آب با قدرت یونی کم

ت-۱ کالیبراسیون و تنظیم

الکترودهای pH و pH مترها را مطابق بند ۹-۲ کالیبره و تنظیم کنید. اگر کالیبراسیون نیازمند بررسی با استفاده از یک محلول استاندارد با ظرفیت بافری کم است، محلول بافر C یا D (جدول الف-۱ را ببینید) را رقیق کنید.

ت-۲ اندازه‌گیری

اندازه‌گیری‌های مقادیر pH در آب با قدرت یونی کم (هدایت الکتریکی کمتر از 5 mS/m) و ظرفیت بافری پایین نیازمند شرایط اندازه‌گیری ویژه‌ای است.

در نمونه‌هایی با مقدار یون کم (کمتر از 10^{-3} mol/l) مقدار یون را می‌توان با افزودن 1 mol/l KCl، تا بیشتر از 10^{-2} افزایش داد.

برای اندازه‌گیری مقدار pH به الکترودهای pH ویژه‌ای نیاز است. برای اطمینان از تخلیه بیشتر الکترولیت از الکتروود مرجع، بهتر است الکترودهای مرجع همراه با دیافراگم (به عنوان مثال دیافراگم‌های سنباده‌ای) به کار روند.

توصیه می‌شود فاصله بین الکتروود اندازه‌گیری و الکتروود مرجع کم باشد تا مقاومت محلول اندازه‌گیری و در نتیجه تأثیر میدان‌های پراکندگی^۱ را به حداقل برساند.

در صورت امکان هیچ الکترولیتی نباید از الکتروود مرجع به الکتروود اندازه‌گیری راه داشته باشد. به عنوان مثال می‌توان این کار را از طریق ایجاد یک جریان پیوسته از محلول اندازه‌گیری تازه درون ظرف اندازه‌گیری و قرار دادن الکتروود مرجع در پشت الکتروود اندازه‌گیری، در جهت جریان، انجام داد.

در نمونه‌هایی با مقدار یون کم، فاصله‌های زمانی پاسخ pH متر ممکن است به مقدار قابل توجهی طولانی‌تر باشد. از دستور کار سازنده پیروی کنید.

از آنجایی که گازهای تأثیرگذار بر مقدار pH مانند کربن دی‌اکسید، می‌توانند از نمونه خارج شده یا در آن حل شوند، تماس با هوا را به حداقل برسانید.

پیوست ث
(اطلاعاتی)

داده‌های عملکرد

داده‌های آماری داده شده در جدول ث-۱ حاصل یک تحقیق بین آزمایشگاهی است که در سال ۲۰۰۶ انجام گرفته است.

جدول ث-۱- داده‌های عملکرد

محدوده pH ^a	ضریب انحراف تجدیدپذیری	انحراف استاندارد تجدیدپذیری	ضریب انحراف تکرارپذیری	انحراف استاندارد تکرارپذیری	میانگین کل (بدون موارد خارج از محدوده)	تعداد نتایج تجزیه- ای بعد از حذف موارد خارج از محدوده	تعداد آزمایشگاه- ها بعد از حذف موارد خارج از محدوده	محیط آزمون	نمونه	
	CV(R) %	s_R	CV(r) %	s_r	\bar{x}	n_{AP} %	n	n_L		
۷٫۸۶- ۸٫۱۲	۰٫۹۵	۰٫۰۷۶	۰٫۳۷	۰٫۰۳۰	۷٫۹۷	۱۶٫۷	۴۵	۱۵	آب آشامیدنی	۱
۶٫۳۵- ۶٫۴۶	۰٫۵۰	۰٫۰۳۲	۰٫۱۸	۰٫۰۱۱	۶٫۴۰	۵٫۶	۵۱	۱۷	آب آشامیدنی	۲
۷٫۳۲- ۷٫۸۳	۱٫۸	۰٫۱۳۸	۰٫۵۰	۰٫۰۳۸	۷٫۶۱	۵٫۶	۵۱	۱۷	آب رودخانه	۳
۶٫۲۸- ۶٫۴۴	۰٫۸۳	۰٫۰۵۳	۰٫۲۹	۰٫۰۱۹	۶٫۳۶	۰٫۰	۵۴	۱۸	آب رودخانه	۴
۷٫۷۸- ۸٫۰۹	۱٫۱	۰٫۰۸۵	۰٫۳۷	۰٫۰۲۹	۷٫۹۲	۵٫۶	۵۱	۱۷	پساب	۵
۵٫۰۶- ۵٫۷۵	۳٫۳	۰٫۱۸۱	۰٫۷۸	۰٫۰۴۳	۵٫۴۵	۰٫۰	۵۴	۱۸	پساب	۶

^a محدوده شامل کمترین تا بیشترین میانگین آزمایشگاهی، بدون موارد خارج از محدوده

پیوست ج
(اطلاعاتی)

کتابنامه

- 1- ISO 80000-9, Quantities and units - Part 9: Physical chemistry and molecular physics
- 2- ISO/IEC NP Guide 98-3, Uncertainty of measurement -Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)
- 3- DIN 19266, pH-Messung - Referenzpufferlösungen zur Kalibrierung von pH-Messeinrichtungen [pH-measurement - Reference buffer solutions for the calibration of pH-measuring equipment]
- 4- ELLISON, S.L.R., ROSSLEIN, M., WILLIAMS, A., editors. Quantifying uncertainty in analytical measurement, 2nd edition. EURACHEM, London, 2000. 120 p. (CITAC guide, No. 4.)
- 5- BUCK, R.O., RONDININI, S., COVINGTON, A.K., BAUCKE, F.G.K., BRETT, C.M.A., CAMOES, M.F., MILTON, M.J.T., MUSSINI, T., NAUMANN, R., PRATT, K.W., SPITZER, P., WILSON, G.S. The measurement of pH: Definition, standards and procedures (IUPAC Recommendations 2002). Pure Appl. Chem. 2002, 74, pp. 2169-2200
- 6- GALSTER, H. pH measurement: Fundamentals, methods, applications, instrumentation. VCH, Weinheim, 1992. 356 p.
- 7- SPITZER, P. Traceable measurements of pH. Accred. Qual. Assur. 2001, 6, pp. 55-60
- 8- NAUMANN, R., ALEXANDER-WEBER, C., EBERHARDT, R., GIERA, J., SPITZER, P. Traceability of pH measurements by glass electrode cells: Performance characteristic of pH electrodes by multi-point calibration. Anal. Bioanal. Chem. 2002, 374, pp. 778-786
- 9- MEINRATH, G., SPITZER, P. Uncertainties in determination of pH. Mikrochim. Acta, 2000, 135, pp. 155-168
- 10- DEGNER, R. Measurement uncertainty in the pH measurement procedure. Anal. Bioanal. Chem., 2002, 374, pp. 831-834
- 11- LAWA: AQS-Merkblatt zu den Rahmenempfehlungen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser für die Qualitätssicherung bei Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen [AQS instruction card on the framework recommendations of the Länder working group on water for quality assurance in water, waste water and sludge investigations]. Erich Schmidt for Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Berlin, 2004
- 12- MAGNUSSON, B., NÄYKKI, T., HOVIND, H., KRYSELL, M. Handbook for calculation of measurement uncertainty in environmental laboratories, 2nd edition. Nordtest, Espoo, 2004. (Report TR 537.)