



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران  
۲۲۰۸۳  
چاپ اول  
۱۳۹۵

INSO  
22083  
1st.Edition  
2017

اندازه‌گیری pH محلول‌های آبی با الکتروود  
شیشه‌ای

**Determination of pH of aqueous solutions  
with the glass electrode**

ICS:71.040.50

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج- ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: [standard@isiri.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

**Iranian National Standardization Organization (INSO)**

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: [standard@isiri.org.ir](mailto:standard@isiri.org.ir)

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

## به نام خدا

## آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد 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 حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود 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 می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

## کمیسیون فنی تدوین استاندارد

### «اندازه‌گیری pH محلول‌های آبی با الکتروود شیشه‌ای»

#### رئیس:

خوشنام، فرزانه  
(دکتری شیمی)

معاون استانداردها سازی و آموزش - اداره کل استاندارد استان  
خوزستان

#### دبیر:

بنی خاندان، خلیل  
(کارشناسی مهندسی مواد)

کارشناس - شرکت زرگستر روبینا

#### اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

پرهام، هوشنگ  
(دکتری شیمی)

سرپرست آزمایشگاه - شرکت دانش آزمون پرهام جنوب

حسینی، مرضیه  
(کارشناسی ارشد شیمی)

مسئول آزمایشگاه - سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی  
کشور

دوستی خواه، سمیرا  
(کارشناسی ارشد شیمی)

کارشناس - شرکت کیمیا کنکاش جندی شاپور

رضایی‌نژاد، رامش  
(کارشناسی ارشد شیمی)

مسئول آزمایشگاه - دانشگاه صنعت نفت اهواز

زرگر، بهروز  
(دکتری شیمی)

هیات علمی - دانشگاه شهید چمران اهواز

زرگر، مینا  
(کارشناسی شیمی)

کارشناس - شرکت زرگستر روبینا

سقانژاد، سید جعفر  
(دکتری شیمی)

عضو گروه پژوهشی شیمی - پژوهشکده تکنولوژی تولید جهاد  
دانشگاهی

**اعضا:** (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شیرالی، لیلا

(کارشناسی ارشد شیمی)

**ویراستار:**

خوشنام، فرزانه

(دکتری شیمی)

**سمت و/یا محل اشتغال:**

کارشناس تدوین - اداره کل استاندارد استان خوزستان

معاون استانداردسازی و آموزش - اداره کل استاندارد استان  
خوزستان

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف.
۳	۴ وسایل
۴	۵ مواد و واکنشگرها
۷	۶ آزمون‌های عملکردی وسیله اندازه‌گیری و الکترودها
۸	۷ کالیبراسیون و استانداردسازی
۱۰	۸ روش اجرای آزمون
۱۲	۹ دقت و انحراف
۱۴	۱۰ گزارش آزمون
۱۵	پیوست الف (آگاهی دهنده) - یادآوری‌های متفرقه
۱۷	کتاب‌نامه

## پیش‌گفتار

استاندارد «اندازه‌گیری pH محلول‌های آبی با الکتروود شیشه‌ای» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در یک‌هزار و پانصد و هشتاد و هفتمین اجلاس‌یه کمیته ملی استاندارد صنایع شیمیایی و پلیمر مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۲۱ تصویب شد. اینک این استاندارد 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 می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران - ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

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

ASTM E 70: 2015, Standard Test Method for pH of Aqueous Solutions With the Glass Electrode

## اندازه‌گیری pH محلول‌های آبی با الکتروود شیشه‌ای - روش آزمون

### ۱ هدف و دامنه کاربرد

هشدار - در این استاندارد به تمام موارد ایمنی مرتبط با کاربرد آن اشاره نشده است. در صورت وجود چنین مواردی، مسئولیت برقراری ایمنی، سلامتی و تعیین حدود قوانین کاربری قبل از استفاده به عهده کاربر می‌باشد.

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌ها و وسایلی برای اندازه‌گیری الکترومتری مقادیر pH محلول‌های آبی با الکتروود شیشه‌ای است. این استاندارد در مواردی که محلول‌ها آماده باشند کاربرد ندارد. اندازه‌گیری‌های pH با دقت خوب می‌تواند در محلول‌های آبی حاوی الکتروولیت‌هایی با غلظت بالا یا ترکیبات آلی محلول در آب یا هر دو انجام شود. توصیه می‌شود چنین استنباط شود که اندازه‌گیری‌های pH در چنین محلول‌هایی فقط شاخص نیمه کمی بودن غلظت یون هیدروژن یا فعالیت آن می‌باشد. pH اندازه‌گیری شده فقط زمانی که ترکیبات محیط تقریباً با محلول‌های مرجع استاندارد مطابقت داشته باشد، نتیجه درستی برای این مقادیر ارائه می‌دهد. به‌طور کلی، این استاندارد اندازه‌گیری دقیقی از فعالیت یون هیدروژن ارائه نمی‌دهد، به‌جز در مواردی که pH در محدوده بین ۲ تا ۱۲ باشد و غلظت‌های الکتروولیتی و غیرالکتروولیتی از  $0.1 \text{ mol/l}$  (M) بیش‌تر نشود.

pH (یا محدودیت‌های توصیه شده فوق)، اندازه‌گیری درست غلظت یون هیدروژن است و بنابراین به‌طور وسیعی برای مشخصات محلول‌های آبی به‌کار می‌رود.

اندازه‌گیری pH یکی از متغیرهای اصلی مرحله کنترل در صنایع شیمیایی است و جایگاه برجسته‌ای در کنترل آلودگی دارد.

### ۲ مراجع الزامی<sup>۱</sup>

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

---

1- Normative references



استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- 2-1 ASTM D 1193, Specification for Reagent Water
- 2-2 ASTM E 180, Practice for Determination of ASTM Methods for Analysis and Testing of Industrial and Specialty Chemicals
- 2-3 ASTM E 691, 2016, Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

### ۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

۱-۳

**pH**

به‌طور مرسوم به‌عنوان لگاریتم منفی بر پایه ۱۰ فعالیت یون هیدروژن تعریف می‌شود.

۲-۳

**وسیله اندازه‌گیری**

**meter**

در این استاندارد باید برای وسایلی با قابلیت اندازه‌گیری (میلی‌ولت یا واحدهای pH) به کار رود.

۳-۳

**الکترودها**

**electrodes**

در الکترودها شیشه‌ای و الکترودها مرجع به کار می‌رود.

۴-۳

**مجموعه**

**assembly**

به ترکیب وسیله اندازه‌گیری و الکترودها اطلاق می‌شود. عملکرد وسیله اندازه‌گیری باید متفاوت از الکترودها باشد.

## ۴ وسایل

۴-۱ pH مترها، pH مترهای عالی بسیاری در مراکز تجاری موجود است. انتخاب وسیله اندازه‌گیری تا حدودی بستگی به دقت موردنظر در اندازه‌گیری دارد. وسیله اندازه‌گیری ممکن است بر اساس آشکارسازی صفر یا استفاده از قرائت رقمی یا یک اندازه‌گیری مستقیم انحراف با یک مقیاس بزرگ کار کند. نیروی محرکه<sup>۱</sup> می‌تواند توسط باتری یا به کارگیری جریان متناوب به کار گرفته شود. حداکثر جریان شبکه‌ای رسم شده از الکتروده شیشه‌ای طی اندازه‌گیری نباید از  $2 \times 10^{-12}$  A بیش‌تر شود. تنظیمات دستی یا خودکار تغییرات  $F/(RT \ln 10)$ ، زمانی که دمای مجموعه تغییر می‌کند، باید مجاز باشد. برای داوری نتایج، یا در صورت وجود تناقض، وسایل اندازه‌گیری با قابلیت تغییرات قابل تبعیض تا ۰/۰۱ واحد pH (۰/۶ mV) یا کم‌تر باید استفاده شوند.

## ۴-۲ الکترودهای مرجع و الکترودهای شیشه‌ای:

۴-۲-۱ الکتروده کالومل اشباع شده<sup>۲</sup> و الکتروده کالومل  $3/5 \text{ mol/l(M)}$  به‌عنوان الکترودهای مرجع در مجموعه‌های pH مناسب می‌باشد (به یادآوری مراجعه شود). در صورتی که الکتروده اشباع استفاده می‌شود، در هر دمایی باید تعداد کمی کریستال پتاسیم کلرید جامد در اطراف حلقه احاطه‌کننده عنصر الکتروده وجود داشته باشد. طراحی الکتروده باید به گونه‌ای باشد که اتصال مایع تازه بین محلول پتاسیم کلرید و بافر یا محلول آزمون برای هر آزمون شکل گیرد و مقادیر جزئی محلول باید به راحتی از طریق شستن حذف شود. یادآوری - سایر الکترودهای مرجع پتانسیل ثابت را می‌توان استفاده کرد، به شرط این‌که هیچ‌گونه مشکلی در استانداردسازی مطابق بند ۸، ایجاد نکند.

۴-۲-۲ الکتروده نقره-نقره کلرید هم‌چنین، به‌طور وسیعی به‌عنوان الکتروده مرجع استفاده می‌شود.

۴-۲-۳ الکترودهای شیشه‌ای تجاری در انتخاب محدوده‌های مشخصی از pH و دما طراحی می‌شوند، به تبع آن، دما و pH محلول‌های آزمون باید برای استفاده الکتروده شیشه‌ای مورد استفاده در نظر گرفته شوند. پاسخ pH باید مطابق الزامات بند ۶ باشد. سیم‌های اتصال<sup>۳</sup> باید از اثرات ظرفیت خازنی بدنه محافظت شود.

۴-۲-۳-۱ در صورتی که مجموعه به تناوب استفاده شود، در فواصل زمانی بین اندازه‌گیری‌ها، انتهای الکترودها باید در آب مقطر غوطه‌ور شود. الکتروده شیشه‌ای با قلیابیت بالا باید در محلول بافر بوراکس<sup>۴</sup> نگهداری شود. برای انبارش طولانی مدت، الکترودهای شیشه‌ای می‌توانند خشک شوند، و الکترودهای مرجع باید به‌منظور جلوگیری از تبخیر نامطلوب پوشیده شوند.

1-Power

2- Calomel saturated electrode

3- Leads

4- Borax

**یادآوری** - الکترودهای شیشه‌ای جدید و آن‌هایی که به صورت خشک شده نگهداری شدند باید مطابق توصیه‌های سازنده آماده‌سازی شوند. الزامات ابعاد فیزیکی و شکل الکترودها و ترکیب محلول مرجع درونی در این استاندارد بررسی نمی‌شود.

## ۵ مواد و/یا واکنشگرها

**۵-۱ pH (S)** شش محلول استاندارد پیشنهادی در چندین دما در جدول ۱ آورده شده است. محلول‌های بافر باید از موادی با خلوص بالا که به طور ویژه به عنوان استانداردهای pH (به یادآوری مراجعه شود) به فروش می‌رسند، تهیه شوند. پتاسیم هیدروژن فتالات و دو نمک فسفات باید در دمای  $110^{\circ}\text{C}$  به مدت ۱ h قبل از استفاده خشک شوند، اما بوراکس و سدیم بی‌کربنات باید بیش‌تر از دمای اتاق گرم شوند. پتاسیم دی هیدروژن سترات باید به مدت ۱ h در دمای  $80^{\circ}\text{C}$  خشک شود، و سدیم کربنات قبل از استفاده باید به مدت ۱ h در دمای  $270^{\circ}\text{C}$  مشتعل شود. محلول‌های استاندارد باید مطابق زیربندهای ۴-۵ تا ۹-۵ تهیه شوند. آن‌ها باید در بطری‌های شیشه‌ای مقاوم به مواد شیمیایی یا پلی اتیلنی ذخیره شوند و اگر در مدت ۶ هفته یا زودتر تغییر قابل مشاهده‌ای در محلول رخ دهد، بهتر است جایگزین شوند.

**یادآوری** - شش نمک بافری می‌توانند به شکل مواد مرجع استاندارد از استانداردهای ملی مرتبط به دست آیند. این مواد در زیر آورده شده‌اند:

شماره مواد مرجع استاندارد	نمک بافر
۱۸۵	پتاسیم هیدروژن فتالات
۱۸۶I	پتاسیم دی هیدروژن فسفات
۱۸۶II	دی سدیم هیدروژن فسفات
۱۸۷	بوراکس
۱۹۱	سدیم بی‌کربنات
۱۹۲	سدیم کربنات

مقادیر pH (S) ممکن است به طور جزئی از یک بهر به بهر دیگر متفاوت باشد، در نتیجه توصیه می‌شود، از مواد مرجع دارای گواهی‌نامه معتبر<sup>۲</sup> نسبت به مقادیر داده شده در جدول ۲ در صورتی که تفاوت‌های جزئی وجود داشته باشد، استفاده شود.

جدول ۱- pH (S) محلول‌های استاندارد<sup>A,B</sup>

F	E	D	C	B	A	دما، °C
۱۰,۳۱۷	۹,۴۶۴	۷,۵۳۴	۶,۹۸۴	۴,۰۰۳	۳,۸۶۳	۰
۱۰,۱۷۹	۹,۳۳۲	۷,۴۷۲	۶,۹۲۳	۳,۹۹۸	۳,۸۲۰	۱۰
۱۰,۰۶۲	۹,۲۲۵	۷,۴۲۹	۶,۸۸۱	۴,۰۰۲	۳,۷۸۸	۲۰
۱۰,۰۱۲	۹,۱۸۰	۷,۴۱۳	۶,۸۶۵	۴,۰۰۸	۳,۷۷۶	۲۵
۹,۹۶۶	۹,۱۳۹	۷,۴۰۰	۶,۸۵۳	۴,۰۱۵	۳,۷۶۶	۳۰
۹,۹۲۵	۹,۱۰۲	۷,۳۸۹	۶,۸۴۴	۴,۰۲۴	۳,۷۵۹	۳۵
۹,۸۸۹	۹,۰۶۸	۷,۳۸۰	۶,۸۳۸	۴,۰۳۵	۳,۷۵۳	۴۰
۹,۸۲۸	۹,۰۱۱	۷,۳۶۷	۶,۸۳۳	۴,۰۶۰	۳,۷۴۹	۵۰
...	۹,۹۶۲	...	۶,۸۳۶	۴,۰۹۱	...	۶۰
...	۹,۹۲۱	...	۶,۸۴۵	۴,۱۲۶	...	۷۰
...	۹,۸۸۵	...	۶,۸۵۹	۴,۱۶۴	...	۸۰
...	۸,۸۵۰	...	۶,۸۷۷	۴,۲۰۵	...	۹۰
<sup>A</sup> ترکیبات محلول‌های استاندارد شامل موارد زیر است:						
A-KH <sub>2</sub> citrate, m= 0,05 mol/kg						
B-KH phthalate, m= 0,05 mol/kg						
C-KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , m=0,025 mol/kg, Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , m=0,025 mol/kg						
D-KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , m=0,008695 mol/kg, Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , m=0,03043 mol/kg						
E-Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> , m=0,01 mol/kg						
F-NaHCO <sub>3</sub> , m=0,025 mol/kg, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , m=0,025 mol/kg						
که در آن m به معنی مولالیته می‌باشد.						
<sup>B</sup> برای بررسی چگونگی مقادیر pH (ها) اختصاص داده شده، فصل چهارم کتاب تعیین pH، تئوری و عملی. Bates R. G. را ببینید.						

۲-۵ بافرهای استاندارد به صورت تجاری در دسترس می‌باشند. برای اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر، توصیه می‌شود مقدار بافر تجاری توسط یکی از بافرهای استاندارد پیشنهاد شده در جدول ۱ بررسی شود.

۳-۵ آب مقطر، هدایت سنجی آب مقطر نباید از  $2 \times 10^{-6} \text{ s/cm}$  بیش‌تر شود. برای تهیه محلول‌های سیترات، فتالات و فسفات، نیازی نیست که آب، عاری از کربن دی‌اکسید محلول باشد. آب استفاده شده برای بوراکس استاندارد و کربنات استاندارد باید به مدت ۱۵ min جوشانده شده یا با هوای عاری از کربن دی‌اکسید پاک‌سازی<sup>۱</sup> شود و باید توسط لوله آهکی سود دار<sup>۲</sup> یا معادل آن (به یادآوری مراجعه شود) در زمان خنک شدن و انبارش محافظت شود. pH آب عاری از کربن دی‌اکسید در دمای  $25^\circ\text{C}$  باید در محدوده بین ۶٫۶ تا ۷٫۵ باشد. دمای آب مورد استفاده برای آماده سازی استانداردها باید بین  $2^\circ\text{C}$  تا  $25^\circ\text{C}$  باشد. مقادیر نمک‌های بافر داده شده در زیربندهای ۳-۴ تا ۸-۴ در هوای نزدیک سطح دریا با وزنه‌های برنجی وزن شود.

جدول ۲- تغییرات اندازه‌گیری‌های pH

اختلاف	الکتروُد شیشه‌ای	الکتروُد هیدروژن	pH اسمی
+۰٫۰۱۵	۳٫۷۳	۳٫۷۱۵	۳٫۷
+۰٫۰۱۱	۶٫۵۳	۶٫۵۱۹	۶٫۵
+۰٫۰۰۶	۸٫۱۸	۸٫۱۷۴	۸٫۲
-۰٫۰۲۸	۸٫۴۵	۸٫۴۷۸	۸٫۴

یادآوری- آب استفاده شده برای آماده سازی محلول‌های بافر استاندارد باید نوع I یا II آب واکنشگر، مطابق استاندارد ASTM D 1193 باشد. احتیاط‌های لازم به منظور جلوگیری از آلودگی آب مقطر با مقادیر جزئی مواد استفاده شده برای محافظت در برابر کربن دی‌اکسید، باید به کار گرفته شود.

۴-۵ محلول استاندارد سیترات، A (مولالیته برابر  $0.05 \text{ mol/kg}$ ، pH (S) برابر  $3.776$  در دمای  $25^\circ\text{C}$ )،  
g ۱۱٫۴۱ پتاسیم دی‌هیدروژن سیترات را در آب مقطر حل کرده و تا حجم ۱ l رقیق کنید.

۵-۵ محلول استاندارد فتالات، B (مولالیته برابر  $0.05 \text{ mol/kg}$ ، pH (S) برابر  $4.008$  در دمای  $25^\circ\text{C}$ )،  
g ۱۰٫۱۲ پتاسیم هیدروژن فتالات را در آب مقطر حل کرده و تا حجم ۱ l رقیق کنید.

1- purged  
2- Soda- lime tube

۵-۶ محلول اکی مولال استاندارد فسفات، C (مولالیتته هر نمک فسفات برابر  $0.025 \text{ mol/kg}$ ، pH (S) برابر  $6.865$  در دمای  $25^\circ \text{C}$ )،  $3.388 \text{ g}$  پتاسیم دی هیدروژن فسفات و  $3.533 \text{ g}$  دی سدیم هیدروژن فسفات را در آب مقطر حل کرده و تا حجم  $1 \text{ l}$  رقیق کنید.

۵-۷ فسفات، محلول استاندارد D (۳:۱) (مولالیتته  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  برابر  $0.008695 \text{ mol/kg}$ ، مولالیتته  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  برابر  $0.03043 \text{ mol/kg}$ ، pH (S) برابر  $7.413$  در دمای  $25^\circ \text{C}$ )،  $1.179 \text{ g}$  پتاسیم دی هیدروژن فسفات و  $4.302 \text{ g}$  دی سدیم هیدروژن فسفات را در آب مقطر حل کرده و تا حجم  $1 \text{ l}$  رقیق کنید.

۵-۸ محلول استاندارد بوراکس، E (مولالیتته برابر  $0.01 \text{ mol/kg}$ ؛ pH (S) برابر  $9.180$  در دمای  $25^\circ \text{C}$ )،  $3.80 \text{ g}$  سدیم تترابورات (بوراکس) ده آبه را در آب مقطر حل کرده و تا حجم  $1 \text{ l}$  رقیق کنید.

۵-۹ محلول استاندارد کربنات، F (مولالیتته هر نمک کربنات برابر  $0.025 \text{ mol/kg}$ ؛ pH (S) برابر  $10.12$  در دمای  $25^\circ \text{C}$ )،  $2.092 \text{ g}$  سدیم بی کربنات و  $2.640 \text{ g}$  سدیم کربنات را در آب مقطر حل کرده و تا حجم  $1 \text{ l}$  رقیق کنید.

## ۶ آزمون‌های عملکردی وسیله اندازه‌گیری و الکترودها

یادآوری - به جز در اندازه‌گیری‌هایی با حداکثر دقت، معمولاً انجام آزمون‌های شرح داده شده در این قسمت ضروری نمی‌باشد. در اندازه‌گیری معمول pH، پایداری وسیله اندازه‌گیری، درستی خوانش مقیاس و پاسخ pH الکتروود شیشه‌ای در محدوده اندازه‌گیری‌ها از طریق بررسی مجموعه با یک سری از محلول‌های بافر استاندارد، تایید می‌شود.

۶-۱ مجموعه، مجموعه باید برای اجرای رضایت‌بخش بررسی شود، در صورتی که با محدودیت‌های قابل قبولی از درستی تهیه شده باشد، مقادیر صحیح pH برای محلول بافر استاندارد در جدول ۲ آورده شده است. در صورتی که الکترودها در محلول بافری غوطه ور شوند، اختلاف پتانسیل اندازه‌گیری باید به‌طور قابل ملاحظه‌ای ثابت باشد و دلیل هر ناپایداری باید تعیین شود.

۶-۲ وسیله اندازه‌گیری، وسیله اندازه‌گیری را باید مطابق راهنمایی‌های سازنده به تعادل الکتریکی برسانید. سپس عملکرد آن باید با به‌کارگیری یک پتانسیل متغیر شناخته شده با مقاومت تقریباً  $200 \text{ M}\Omega$  به محل‌های اتصال وسیله اندازه‌گیری آزمون شود، سیم اتصال با مقاومت بالا به محل اتصال متناظر با الکتروود شیشه‌ای متصل می‌شود. منبع پتانسیومتر ممکن است از نوع دقیق با محدوده  $1100 \text{ mV}$  یا بیش‌تر و خطای حداکثر  $0.1 \text{ mV}$  باشد. مقاومت  $200 \text{ M}\Omega$  باید به‌منظور جلوگیری از انباشت ظرفیت به‌درستی پوشانده شود.

در شروع با عدد صفر، هر افزایشی از پتانسیل کاربردی باید با قسمت‌های  $100 \text{ mV}$  باشد، و شماره‌های خوانده شده ترازو در حالت تعادل باید یادداشت شود. این فرآیند باید با پوشش تمام محدوده وسیله اندازه‌گیری ادامه یابد. در هیچ موردی، تفاوت بین ولتاژ به کار برده شده و آنچه توسط وسیله اندازه‌گیری نشان داده می‌شود، نباید بیش‌تر از  $1 \text{ mV}$  از هر قسمت ولتاژ اعمال شده باشد.

**یادآوری** - اگر خطای تجمعی در انتهای هر مقیاس از  $3 \text{ mV} \pm$  بیش‌تر شود، منحنی کالیبراسیون برای وسیله اندازه‌گیری باید رسم شده و تصحیح‌ها برای هر اندازه‌گیری نیروی محرکه الکتریکی یا pH باید انجام شود. اختلاف‌های نیروی محرکه برقی (ولت) به اختلاف‌های pH متناظر از طریق ضرب کردن در  $(F / (RT \ln 10))$  (جدول الف-۱) تبدیل می‌شود. از آنجایی که وسیله اندازه‌گیری برای خوانش صحیح در pH استاندارد ساخته شده، تصحیح کالیبراسیون به کار گرفته شده برای اندازه‌گیری pH، تفاوت بین تصحیح‌های مقیاس در pH استاندارد و pH مجهول با در نظر گرفتن علامت، به کار گرفته می‌شود.

**۳-۶ الکترودهای شیشه‌ای**، اختلاف پتانسیل بین الکترودهای شیشه‌ای و الکترودهای گاز هیدروژن استاندارد باید زمانی که دو الکترودها در مقدار یکسانی از محلول بافر متفاوت در محدوده pH غوطه‌ور هستند و الکترودهای شیشه‌ای استفاده می‌شود، اندازه‌گیری شود. برای این مقایسه‌ها، سل باید در حمام آب کنترل شده به‌طور گرم‌پایی<sup>۱</sup> در دمای  $25^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$  قرار داده شود. محلول‌های استفاده شده برای این آزمون باید از محلول‌های ذکر شده در زیربند ۵ باشد. استانداردهای pH معادل ۹٫۱۸ و پایین‌تر (در دمای  $25^\circ\text{C}$ ) باید برای آزمون الکترودهایی با کاربرد عمومی، استفاده شوند. استانداردهای بوراکس و کربنات باید برای آزمون الکترودهای با قلیابیت بالا استفاده شوند. این محلول‌های بافر باید به وسیله یک محلول سدیم هیدروکسید  $0.1 \text{ mol/kg (M)}$  بدون کربنات با pH برابر ۱۲٫۸ در دمای  $25^\circ\text{C}$ ، پر شوند. اختلاف پتانسیل بین الکترودهای شیشه‌ای با کاربرد عمومی و الکترودهای هیدروژنی با  $1 \text{ mV} \pm$  با تغییرات pH در محدوده ۳٫۸ تا ۹٫۱۸ باید مستقل باشد. اختلاف پتانسیل بین الکترودهای هیدروژنی و الکترودهای شیشه‌ای با قلیابیت بالا باید  $3 \text{ mV} +$  در محدوده pH ۹٫۱۸ هنگامی که pH ۱۲٫۸ است مشابه باشد.

## ۷ کالیبراسیون و استانداردسازی

**۱-۷** دستگاه را روشن کنید و اجازه دهید تا کاملاً گرم شود و مطابق راهنمای سازنده به تعادل الکتریکی برسانید. الکترودهای شیشه‌ای و مرجع و فنجان نمونه را سه مرتبه با آب مقطر بشویید. اجازه دهید الکترودها خشک شوند، اما فنجان نمونه را می‌توانید با یک دستمال جاذب تمیز به آرامی خشک کنید. دمای محلول آزمون (مجهول) را یادداشت کرده و دمای وسیله اندازه‌گیری را در حالت مناسب تنظیم کنید.

1- Thermostatically

۲-۷ در صورت امکان، دو محلول استاندارد که pH مورد انتظار را نشان دهد، انتخاب کنید (به یادآوری مراجعه شود) و این محلول‌ها را سرد یا گرم کنید تا به محدوده  $2 \pm ^\circ\text{C}$  از دمای محلول مجهول مورد اندازه‌گیری، برسد. فنجان نمونه را با استاندارد اول پر کرده و الکترودها را غوطه‌ور کنید. مقدار pH (S) وسیله اندازه‌گیری استاندارد را مطابق دمای مناسب خوانده شده از جدول ۲ یا درون‌یابی داده‌ها تنظیم کنید (به یادآوری مراجعه شود). کلید راه اندازی<sup>۱</sup> را به کار گرفته و دکمه استاندارد کردن<sup>۲</sup> یا دکمه پتانسیل عدم تقارن<sup>۳</sup> را تا رسیدن وسیله اندازه‌گیری به تعادل، بچرخانید.

در خوانش مستقیم قرائت‌ها از کلید راه اندازی استفاده کنید یا سوییچ را در حالت مناسب بچرخانید و دکمه پتانسیل عدم تقارن را بچرخانید تا عدد خوانده شده از صفحه نمایش گر با pH شناخته شده محلول بافر استاندارد مطابقت داشته باشد. پر کردن فنجان نمونه را با مقدار اضافی محلول استاندارد تکرار کنید تا زمانی که دستگاه در تعادل با  $\pm 0.02$  واحد pH برای دو سهم موثر بدون تغییر در حالت دکمه پتانسیل عدم تقارن باقی بماند. اگر دمای الکترودها با آن محلول‌ها متفاوت باشد، از چندین سهم محلول استفاده کرده و الکترودها را به‌طور عمیق غوطه‌ور کرده تا مطمئن شوید که دو الکتروود و محلول استاندارد در دمای موردنظر باشند. به‌منظور کاهش اثرات دمایی و الکتریکی مغناطیسی، دمای الکترودها، محلول‌های استاندارد و آب شستشو را تا حد امکان نزدیک به دمای محلول‌های مجهول نگه دارید.

۱-۲-۷ الکترودها و فنجان نمونه را سه مرتبه با آب مقطر بشویید. استاندارد دوم را در فنجان نمونه قرار دهید، دستگاه را در نقطه تعادل جدید تنظیم کنید و عدد pH را از روی صفحه نمایش گر بخوانید. تنظیمات دکمه پتانسیل عدم تقارن را تغییر ندهید. از قسمت‌های بیش‌تری از محلول استاندارد استفاده کنید تا خوانش‌های متوالی pH با  $0.02$  واحد تطابق داشته باشد. در صورتی که عدد خوانده شده استاندارد دوم با pH (S) تعیین شده آن استاندارد با  $0.02$  واحد مطابقت داشته باشد، مجموعه را برای عملکرد رضایت‌بخش بررسی کنید. در صورت مجهز بودن وسیله اندازه‌گیری به کنترل شیب<sup>۴</sup>، از این کنترل برای تصحیح خطاهای کوچک در پاسخ الکتروود شیشه‌ای از طریق تنظیم عدد خوانده شده استاندارد دوم تا عدد pH معلوم، استفاده کنید. قسمت‌های محلول‌های بافر استاندارد استفاده شده را دور بریزید.

**یادآوری** - همیشه مجموعه را با دو محلول بافر برای بررسی پاسخ الکتروود در مقادیر متفاوت pH به‌منظور شناسایی یک الکتروود شیشه‌ای معیوب یا جبران دمای نادرست، کالیبره کنید. حضور الکتروود معیوب زمانی مشخص می‌شود که عدم دست‌یابی به عدد درست و قابل قبول pH محلول استاندارد دوم هنگامی که وسیله اندازه‌گیری با محلول اول استاندارد شده باشد. الکتروود شکسته معمولاً مقادیر pH را برای هر دو استاندارد مشابه نشان می‌دهد. اگر یک الکتروود عدد نادرستی را نشان دهد یا دیر پاسخ دهد، ممکن است کثیف باشد. برای تمیز کردن آن از راهنمایی‌های سازنده پیروی کنید.

- 
- 1- Operating button
  - 2- Standardizing knob
  - 3- Asymetry potential knob
  - 4- slope control



۳-۷ اگر pH پیش‌بینی شده محلول آزمون کم‌تر از ۳/۸ باشد، از محلول فتالات برای استانداردسازی ابتدایی و محلول سیترات به‌عنوان استاندارد ثانویه استفاده کنید. در صورتی که pH پیش‌بینی شده محلول آزمون بزرگ‌تر از ۱۰/۰ باشد، از الکترودی که برای استفاده در قلیابیت بالا طراحی شده، استفاده کنید و راهنمایی‌های سازنده را مشاهده کنید. از محلول بوراکس برای استانداردسازی ابتدایی مجموعه استفاده کنید. استاندارد ثانویه باید محلول کربنات باشد. در صورتی که عدد خوانده شده حاصل برای محلول کربنات با pH تعیین شده این استاندارد (به یادآوری مراجعه شود) با ۰/۰۳ واحد مطابقت داشته باشد، مجموعه را برای عملکرد رضایت‌بخش بررسی کنید. زمانی که وسیله اندازه‌گیری مجهز به یک کنترل شیب باشد، از این کنترل برای تنظیم عدد استاندارد ثانویه (محلول سیترات یا محلول کربنات) برای عدد pH معلوم استفاده کنید.

**یادآوری -** تغییرت pH (S) با تغییر دما برای بوراکس و استانداردهای کربنات زیاد است. بنابراین دمای این استانداردها را با تقریب  $1^{\circ}\text{C}$  یادداشت کرده و pH (S) را از طریق برون‌یابی داده‌های درج شده در جدول ۱ به‌دست آورید.

۴-۷ در صورتی که اندازه‌گیری pH گاه‌گاهی انجام شود، مجموعه را در هر بار استفاده استاندارد کنید. در یک سری اندازه‌گیری‌های طولانی، استانداردسازی‌های ابتدایی و پایانی را از طریق بررسی در بازه‌های زمانی ۱ h یا بیشتر، در صورتی که بین استانداردسازی‌های متوالی تغییراتی رخ ندهد یا تغییرات کوچک باشد، انجام دهید.

## ۸ روش اجرای آزمون

### ۱-۸ pH محلول‌های آزمون

۱-۱-۸ پس از استاندارد شدن وسیله اندازه‌گیری توسط دو محلول استاندارد (بند ۷)، الکترودها و فنجان نمونه را مطابق زیربند ۱-۷ بشویید و خشک کنید. فنجان را از محلول آزمون پر کنید و عدد pH اولیه را به‌دست آورید. در صورت استفاده از محلول‌های آزمون کاملاً بافری شده، معمولاً یک تا سه قسمت برای واگذار کردن مقادیر تکرارپذیر pH به  $0.02 \pm$  واحد کافی است و تغییر تدریجی کم‌تر از  $0.01 \pm$  واحد را در ۱ min یا ۲ min نشان می‌دهد.

۲-۱-۸ نمونه‌های آب و محلول‌های اندکی بافری شده<sup>۱</sup> که در تعادل با هوای محیط هستند را مطابق زیربند ۱-۸، به‌جز، اندازه‌گیری pH قسمت‌های آب یا محلول‌های آزمون، را که با شدت تکان می‌دهید اندازه‌گیری کنید تا نتایج قابل مشاهده برای دو آزمون متوالی با ۰٫۱ واحد مطابقت داشته باشد. شش یا تعداد بیش‌تری آزمون مورد نیاز است. همچنین سل جریان<sup>۲</sup> ممکن است استفاده شود (به زیربند ۲-۸ مراجعه شود). اگر نمونه آب یا محلول آزمون بافری رقیق با کربن دی‌اکسید هوا در تعادل نباشد، با یک الکتروود بیرونی در یک بالن دهانه گشاد که هوای عاری از کربن دی‌اکسید با فشار در آن وارد شده، محتویات بالن را از قرار گرفتن در معرض هوا حین اندازه‌گیری محافظت کنید.

### ۲-۸ pH جریان‌های جاری<sup>۳</sup>

۱-۲-۸ سل‌های جریان و واحدهای الکتروود برای فرو رفتن در کانال‌های جریان یک ویژگی مهم کنترل pH صنعتی است. استفاده هم‌زمان با ثبات‌های الکترونیکی و کنترل کننده- ثبت کننده‌ها، اندازه‌گیری مداوم موردنیاز برای تنظیم خودکار کامل pH را فراهم می‌کند. سل جریان خصوصاً برای اندازه‌گیری pH آب یا محلول‌های اندکی بافری شده مفید می‌باشد. اندازه‌گیری‌های عمقی بدون تکان دادن، سبب ایجاد خطاهای قابل ملاحظه می‌شود که به‌دلیل شستن ناکافی الکتروودها، حلالیت شیشه و جذب کربن دی‌اکسید طی اندازه‌گیری می‌باشد. یک جریان سریع از محلول عبوری از الکتروود، سطح شیشه‌ای را تمیز نگه می‌دارد و تمایل مواد جامد ریز را برای تجمع روی سطح کاهش می‌دهد، خطاهای حاصل از حلالیت شیشه را به حداقل می‌رساند و نمونه را از آلودگی‌های هوا محافظت می‌کند.

۲-۲-۸ سل جریان، بخش عبور جریان ممکن است از جنس فلز، شیشه، لاستیک یا پلاستیک باشد. در صورتی که اتصالات لوله فلزی به‌کار گرفته شوند، همگی باید از یک فلز یکسان باشند. حجم واحد باید کوچک باشد تا امکان ایجاد دبی زیاد را فراهم کند. اگر سل توسط یک دماسنج مقاوم برای جبران خودکار دما (یا اگر با وسیله اندازه‌گیری که به این ویژگی مجهز نباشد استفاده شود) ارائه نشده باشد، نحوه نظارت دمایی محلول‌ها باید ارائه شود. واحد و سیم‌های اتصال باید عاری از اثرات ظرفیت خازنی بدنه باشد.

1- Slightly buffered solutions  
2- Flow cell  
3- Flowing streams

۳-۲-۸ استانداردسازی و تعیین pH، اگر مجموعه به‌طور مداوم استفاده شود، آن را مطابق راهنمایی‌های سازنده ارائه شده در زیربند ۷ به‌طور روزانه استاندارد کنید. از دو استاندارد برای بررسی عملکردهای مناسب الکترودها استفاده کنید. برای دقت بزرگ‌تر از ۰٫۱ ± واحد، در pH کم‌تر از ۹، توصیه می‌شود دمای محلول استاندارد در محدوده ۲°C از محلول در حال جریان حفظ شود. برای اندازه‌گیری pH، راهنمایی‌های تهیه شده توسط سازنده وسیله اندازه‌گیری یا ثبت‌کننده را به دقت در نظر بگیرید.

۴-۲-۸ pH آب و محلول‌های اندکی بافری شده، دبی را به‌طوری که برای تعویض پنج بار در دقیقه محلول کافی باشد تنظیم کنید. pH آب یا محلول اندکی بافری شده را پس از حداقل ۱۵ min غوطه‌وری الکترودها در محلول‌های بافر استاندارد یا در صورت تغییرات تدریجی کم‌تر از ۰٫۱ واحد pH در مدت زمان ۲ min قرائت کنید. در صورتی که pH محلول جریان تغییر کند، اندازه‌گیری الکترودهای شیشه‌ای ممکن است pH صحیح را به‌طور قابل توجهی نشان ندهد.

## ۹ دقت و انحراف

۱-۹ توصیه می‌شود معیارهای زیر برای قضاوت قابلیت پذیرش نتایج تهیه شده با استفاده از الکترودهای کالومل و شیشه‌ای به‌طور جداگانه، استفاده شود (به یادآوری‌ها مراجعه شود).

۱-۱-۹ تکرارپذیری (آزمون‌گر منفرد)، انحراف استاندارد برای یک اندازه‌گیری منفرد در ۱۰۶ درجه آزادی ۰٫۱۰۶ واحد pH تخمین زده می‌شود. حد ۹۵٪ برای اختلاف بین این دو آزمون ۰٫۰۲ واحد pH است.

۲-۱-۹ دقت آزمایشگاهی (درون آزمایشگاهی، تغییرپذیری در روزهای مختلف)، انحراف استاندارد نتایج هر میانگین دو اندازه‌گیری به‌دست آمده توسط یک آزمون‌گر در روزهای متفاوت، در ۵۳ درجه آزادی ۰٫۰۲۲ واحد pH تخمین زده می‌شود. حد ۹۵٪ برای اختلاف بین این دو میانگین ۰٫۰۶ واحد pH است.

۳-۱-۹ تجدیدپذیری (چند آزمایشگاهی)، انحراف استاندارد نتایج، میانگین تکرار توسط آزمون‌گر که در آزمایشگاه‌های مختلف ایجاد می‌شود، ۰٫۰۴۰ واحد pH در ۱۲ درجه آزادی تخمین زده می‌شود. حد ۹۵٪ برای اختلاف بین این دو میانگین ۰٫۱۱ واحد pH است.

یادآوری - تخمین‌های دقت بالا بر اساس یک مطالعه بین آزمایشگاهی است که در سال ۱۹۷۳ روی چهار محلول بافر انجام شد و مقادیر pH آن تقریباً ۳٫۷، ۶٫۵، ۸٫۲ و ۸٫۴ به‌دست آمد. ۱۴ آزمایشگاه هر محلول را دوبار و چند بار در روزهای متفاوت برای به‌دست آوردن ۲۲۴ اندازه‌گیری استفاده کردند. انواع وسایل اندازه‌گیری تجاری با الکترودهای شیشه‌ای و کالومل استفاده شده در این آزمون تجهیز شده‌اند. استاندارد ASTM E 180 برای ایجاد تخمین دقت استفاده می‌شود.

۹-۲ انحراف، مقادیر pH محلول‌های بافر، با استفاده از الکتروود هیدروژن در دمای ۲۵°C با مقادیر میانگین به‌دست آمده با استفاده از روش آزمون در جدول ۲ آزمون مقایسه می‌شوند.

۹-۳ مطالعه بین آزمایشگاهی محدود شده زیر توسط ده آزمایشگاه در یک شرکت پیشنهاد می‌کند که دقت قابل حصول با الکتروودهای ادغام شده جدید با مطالعه انجام شده در سال ۱۹۷۳ با استفاده از الکتروودهای جداگانه قابل مقایسه است.

۹-۳-۱ در سال ۱۹۹۴ یک محلول بافر استاندارد با PH ۴٫۶۳ برای هر آزمایشگاه فرستاده شد که pH یک بار در روز و طی سه روز اندازه‌گیری شده است. هر آزمایشگاه اندازه‌گیری‌ها را با استفاده از یک الکتروود جدید و قدیمی انجام داد. نتایج با استفاده از روش‌های ارائه شده در استاندارد ASTM E 691 بررسی شدند. به دلیل طراحی، احتمال هیچ تخمینی برای تکرارپذیری امکان‌پذیر نبود. تخمین‌ها برای دقت آزمایشگاهی و تکثیرپذیری در جدول ۳ آورده شده‌اند.

یادآوری - تخمین دقت برای شرایط بهینه، مثلاً برای اندازه‌گیری‌های pH محلول‌های آبی به خوبی بافری شده به‌کار می‌رود. دقت قابل دسترس اندازه‌گیری‌های pH آب و سایر محلول‌های بافری ضعیف، به‌طور کلی، از درجه اهمیت کم‌تری برخوردار است.

جدول ۳- دقت با استفاده از الکتروودهای ترکیبی

الکتروود قدیمی	الکتروودهای جدید	
		دقت آزمایشگاهی:
۰٫۰۳۳	۰٫۰۲۰	انحراف استاندارد
۱۸	۲۰	درجه‌های آزادی
۰٫۰۴	۰٫۰۶	محدوده ۹۵٪
		تجدیدپذیری:
۰٫۰۳۳	۰٫۰۳۷	انحراف استاندارد
۸	۹	درجه‌های آزادی
۰٫۰۹	۰٫۱۰	محدوده ۹۵٪

## ۱۰ گزارش آزمون

۱-۱۰ pH را تا ۰٫۰۱ واحد و دمای محلول آزمون را با تقریب  $1^{\circ}\text{C}$  گزارش کنید.

۲-۱۰ هم‌چنین گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد.

۱-۲-۱۰ ارجاع به این استاندارد ملی؛

۲-۲-۱۰ روش آزمون استفاده شده؛

۳-۲-۱۰ تاریخ انجام آزمون؛

۴-۲-۱۰ نام و امضای آزمون‌گر.

## پیوست الف

### (آگاهی دهنده)

### یادآوری‌های متفرقه

الف-۱ pH محلول آبی از  $E_r$  حاصل می‌شود، نیروی محرکه الکتریکی (emf) سل:

الکتروود مرجع // محلول // الکتروود شیشه‌ای

که در آن:

// بیان کننده اتصال مایع، زمانی که الکتروودها در محلول غوطه‌ور می‌شوند؛

$E_s$  نیروی محرکه موتوری فراهم شده، زمانی که الکتروودها در محلول استاندارد غوطه‌ور می‌شوند که pH تعیین شده pH (ها) طرح شده در معادله الف-۱ است (به یادآوری الف-۱ مراجعه شود):

$$PH = PH(S) + \frac{(E - E_1)F}{(RT \ln 10)} \quad (\text{الف-۱})$$

که در آن:

$F$  عدد فارادی،  $96485 \text{ C} \times \text{mol}^{-1}$ ؛

$R$  ثابت گاز برابر با  $8.31433 \text{ J} \times \text{K}^{-1} \times \text{mol}^{-1}$ ؛

$T$  دمای مطلق ( $273.15 + 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ) است.

یادآوری- مقادیر فرمول  $F / (RT \ln 10)$  در جدول الف-۱ آورده شده است.

الف-۲ برای اطلاعات بیش‌تر در مورد مفاهیم pH و اندازه‌گیری آن به منبع [۱] کتابنامه مراجعه شود.

جدول الف-۱- مقادیر  $F / (RT \ln 10)$

$F / (RT \ln 10)$	دما
۱۸,۴۵۱	۰
۱۸,۱۲۰	۵
۱۷,۸۰۰	۱۰
۱۷,۴۹۱	۱۵
۱۷,۱۹۲	۲۰
۱۶,۹۰۴	۲۵
۱۶,۶۲۵	۳۰
۱۶,۳۵۶	۳۵
۱۶,۰۹۵	۴۰
۱۵,۸۴۱	۴۵
۱۵,۵۹۶	۵۰
۱۵,۳۵۹	۵۵
۱۵,۱۲۸	۶۰

کتابنامه

- [1] Bates, R.G., Determination of pH. Theory and practice. Second edition. John Wiley and Sons, New York, NY. 1973