

آب مقطر و سیستم‌های تخلیص آب

نویسنده: محمدرضا یزدانی کارشناس آزمایشگاه‌های علوم نوین دانشگاه علوم پزشکی شیراز

کلیات:

آب استفاده‌های زیادی در آزمایشگاه بالینی دارد؛ برای تهیه محلول‌ها، ساخت کنترل و کالیبراتور و جهت تمیز کردن قسمت‌های داخلی آنالیزور، استفاده در بن‌ماری و شستشوی ظروف شیشه‌ای، برای همه موارد فوق آب خالص موردنیاز است اگرچه برای شستشوی ظروف ممکن است از خلوص پائین نیز استفاده شود.

طبق معیارهای CLSI برای آب خالص سه درجه یا Grade در نظر گرفته می‌شود که در جدول زیر به آن اشاره شده است.

مشخصات	درجه 1	درجه 2	درجه 3
قابلیت هدایت الکتریکی برحسب $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$	0/1	0/5	10
مقاومت الکتریکی برحسب مگا اهم Megahms/25°C	10	2	0/1
سیلیکات برحسب mg/dL	0/05	0/1	0/1
ماکزیمم فلز سنگین برحسب mg/L	0/01	0/01	0/01
احیاء پرمنگنات	منفی	منفی	منفی
مواد آلی	جذب توسط ذغال فعال	NA	NA
محتوای میکروبی برحسب cfu/mL	10	10^3	NA
PH	NA	NA	5-8
مواد ذره‌ای معلق که از فیلتر 0/22 میکرون عبور داده می‌شود	500/Lit < آب	NA	NA

NA= Not Applicable (قابل اندازه‌گیری نیست)

➤ Laboratory Reagent Water (CLRW):

این آب معادل آب Grade 1 است و در آزمایشگاه استفاده از واژه آب دیونیزه و یا آب مقطر نشان‌دهنده خلوص آب نیست بلکه نشان‌دهنده روش تهیه آب است. هیچ‌کدام از روش‌های تخلیص آب (تقطیر، دیونیزاسیون، اسمز معکوس) به‌تنهایی نمی‌توانند معیارهای CLSI برای آب Grade 1 را به دست آورند، بلکه برای به دست آوردن آب خالص، ترکیب چند روش لازم است؛ برای مثال آب را ابتدا با روش تعویض یونی یا اسمز معکوس تخلیص و سپس تقطیر می‌نماییم. به این روش Pretreatment می‌گویند. بر اساس نظریه فدراسیون بین‌المللی شیمیست‌های بالینی یا IFCC (Chemistry International Federation of Clinical) آب خالص، آب دیونیزه دوبار تقطیر است.

➤ (SRW) Special Reagent Water

وقتی که روش کاربردی، نیاز به آب با خلوص متفاوت از CLRW داشته باشد باید از این آب استفاده کرد. تمام پارامترهایی که برای CLRW لازم است برای SRW نیز لازم است، اما محدوده این پارامترها متفاوت است و ممکن است پارامترهای غیر از پارامترهای CLRW لازم باشد. مثلاً برای انجام تست بر روی مواد آلی کمیاب یا مواد فلزی کمیاب و یا تست DNA و RNA و یا برای تهیه بافر استاندارد جهت کالیبر PH نیاز به این نوع آب است.

➤ Instrument Feed Water

از این آب در دستگاه‌ها جهت شستشوی داخلی، رقیق کردن، به‌عنوان آب بن‌ماری و ... استفاده می‌شود. بعضی از دستگاه‌ها اجازه استفاده از آب CLRW را نیز دارند.

➤ Autoclave and Wash Water, Prepackaged Bottled Water

به‌صورت تجاری در دسترس است. این آب‌ها به‌صورت بسته‌بندی و معمولاً از نوع SRW یا CLRW هستند. در استفاده از این آب‌ها باید توجه داشت روی آن‌ها مشخصات کامل شامل Lot, Exp و پارامترهای مربوط به کیفیت آب لحاظ شود.

موارد مصرف آب درجه III

برای شستشوی وسایل شیشه‌ای و پلاستیکی، ساخت محیط کشت، بافت‌شناسی، تجزیه ادرار و آزمایش مدفوع استفاده می‌شود.

موارد مصرف آب درجه II

برای معرف‌سازی، محلول‌سازی، آزمایش‌های سرولوژی و کلیه مواردی که به آب درجه I نیاز نباشد، مثل بخش‌های بیوشیمی، هماتولوژی، میکروبیولوژی، ایمنولوژی و سایر قسمت‌ها.

موارد مصرف آب درجه I

برای کارهایی که نیاز به حداکثر دقت و صحت و خلوص دارند به کار می‌رود. برای آزمایش‌های اندازه‌گیری Trace element، ساختن استاندارد، محلول‌های با خلوص بالا، سرم کنترل، HPLC، کشت سلول و ... بکار می‌رود.

نگهداری آب:

نگهداری آب کلاس 1 بیشتر از 2-3 ساعت به دلیل نفوذ CO_2 هوا در آن و همچنین نفوذ مواد ارگانیک و فلزی، ظرفی که آب در آن نگهداری می‌شود و آلودگی میکروبی مشکل است.

آب درجه 2 و درجه 3 را می‌توان در شیشه‌هایی از جنس بروسیلکات یا ظروف پلی‌اتیلن نگهداری کرد، اما سریع باید مصرف شود تا از آلودگی با میکروب‌های موجود در هوا جلوگیری شود. درب ظرف را باید محکم بست تا از جذب گازها جلوگیری شود. آب مقطر حداکثر یک هفته در ظروف پلاستیکی یا شیشه‌ای نگهداری می‌شود.

روش‌های تهیه آب خالص

- ▶ دیونیزه کردن
- ▶ تقطیر
- ▶ اسمز معکوس
- ▶ روش ترکیبی (Pretreatment)

▶ دیونیزه کردن:

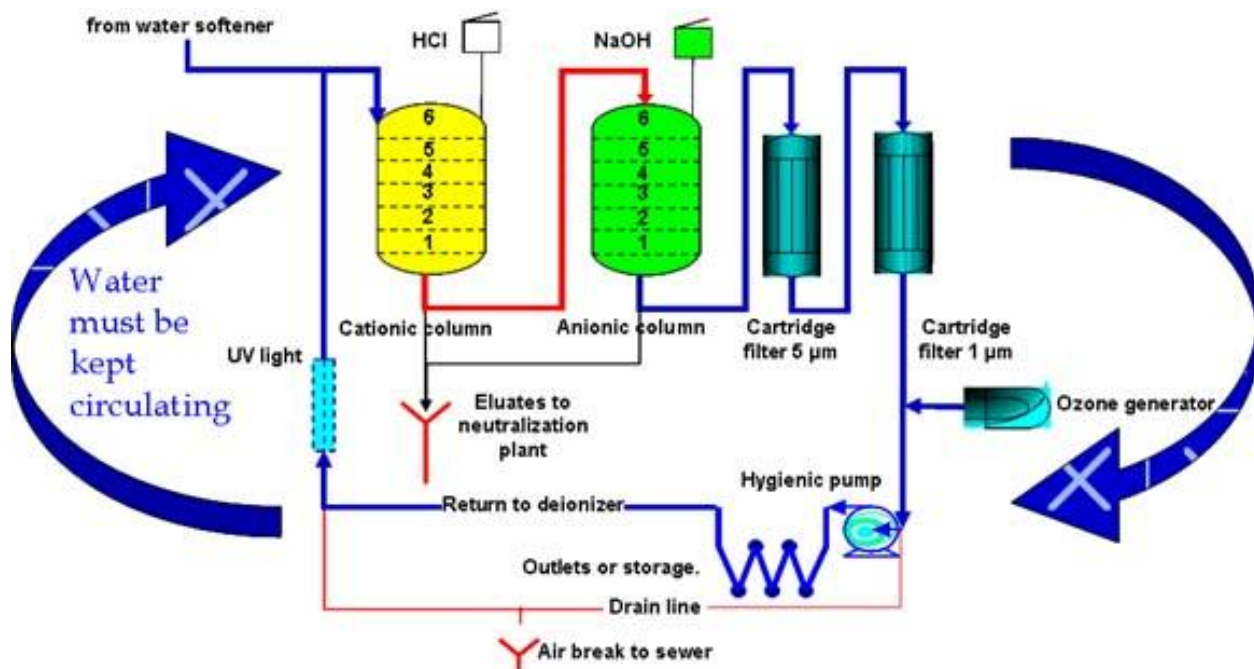
سیستم‌های دیونیزه‌کننده بر اساس برداشتن یون‌های معدنی موجود در آب عمل می‌کنند، این کار با استفاده از رزین‌های جذب و تعویض یونی صورت می‌گیرد. رزین‌های تعویض یونی شامل رزین‌های نامحلول کاتیونی و آنیونی به صورت جداگانه یا مخلوط می‌باشند. این رزین‌ها در ستون‌های خاصی بسته‌بندی شده‌اند. رزین‌های تعویض کاتیونی دارای گروه‌های عامل اسیدی بر روی مولکول پلیمر رزین می‌باشند، مثل پلیمر فنل فرم‌آلدئید با رادیکال‌هایی مثل OH ، SO_3H و CH_2COOH . رزین‌های تعویض آنیونی دارای گروه‌های عامل آمینی بر روی مولکول پلیمر رزین می‌باشند، مثل فنیلن دی‌آمین و اوره. سیستم‌های دیونیزه‌کننده نیاز به منبع انرژی نداشته و ارزان و ساده هستند.

رزین‌ها، الکترولیت‌های محلول در آب را با یون OH^- و H^+ خود تعویض می‌کنند.

رزین‌های تعویض یونی قادر به جدا کردن ناخالصی‌های آلی و تهیه آب استریل نمی‌باشند. آب دیونیزه حاصل ممکن است حاوی ناخالصی زیادی باشد؛ لذا برای تهیه آب خالص 1 لازم است از شارکول فعال جهت حذف مواد آلی و یکی از روش‌های اولترافیلتراسیون، میکروفیلتراسیون، تقطیر برای حذف ذرات معلق در کنار دیونیزاسیون استفاده کرد.

در سیستم‌های دیونیزاسیون مصرفی در آزمایشگاه معمولاً یک رزین تبادل کاتیونی و به دنبال آن یک رزین تبادل آنیونی، یک فیلتر ذغالی برای حذف مواد آلی و یک صافی برای حذف مواد معلق به کار می‌رود. یک لایه رزین قادر به تولید آب با مقاومت بیش از $1\text{megohm}/\text{Cm}^{-1}$ می‌باشد و با مخلوط ترکیبی از رزین‌ها آب با مقاومت $10\text{megohm}/\text{Cm}^{-1}$ تهیه می‌شود که دارای کیفیت مناسب است. در بعضی از سیستم‌ها برای افزایش طول عمر رزین قبل از ورود آب شهر به رزین یک فیلتر از جنس پشم‌شیشه یا Milipore قرار داده‌اند. معمولاً در اکثر دستگاه‌ها در مسیر آب خروجی یک کندانکتومتر جهت بررسی میزان هدایت الکتریکی قرار داده شده

است. در صورتی که هدایت الکتریکی آب زیر $2\mu\text{s}/\text{Cm}^3$ (میکروزیمنس در سانتی‌متر) باشد کیفیت آب مناسب است و در غیر این صورت باید اقدام به احیاء کردن رزین‌ها نمود. ستون‌های حاوی مخلوط رزین‌های کاتیونی و آنیونی قابل احیاء کردن و استفاده مجدد نیست ولی اگر ستون‌ها مجزا باشد می‌توان رزین‌های کاتیونی را در محلول اسیدکلریدریک و رزین‌های آنیونی را در محلول سود احیاء نمود. هدایت الکتریکی بیشتر از $20\mu\text{s}/\text{Cm}^{-1}$ نشان‌دهنده اشباع شدن و غیرقابل مصرف بودن رزین می‌باشد.



سیستم‌های تقطیر (Distillation) ►

آب را می‌جوشانند و بخار آن را سرد می‌کنند. در اثر حرارت (شعله یا المنت الکتریکی) آب به جوش می‌آید و تبخیر می‌شود. بخار آب در اثر عبور از ستون مبرد و تماس با آب سرد مایع شده و وارد ظرف جمع‌آوری آب مقطر می‌شود. معمولاً عمل تقطیر به منظور افزایش خلوص، دوبار صورت می‌گیرد. برای تهیه آب مقطر با حجم بیش از 5 لیتر در ساعت به جای لوازم شیشه‌ای باید از لوازم فلزی استیل و ضدزنگ استفاده شود که تمیز کردن آن راحت‌تر باشد.

پس از تبخیر آب، مواد آلی غیرفرار و یون‌ها در ظروف اولیه باقی می‌مانند ولی ممکن است مقدار کمی یون‌های کلر، مس و گازهای فرار در بخار آب محصور شده و وارد آب مقطر شوند. برای حذف مواد آلی در حین تقطیر می‌توان 100 میلی‌گرم پرمنگنات به یک لیتر آب مقطر اضافه کرد تا مواد آلی توسط پرمنگنات اکسیده شوند.

آب تولیدشده از طریق تقطیر معمولاً آب Grade II و Grade III می‌باشد. برای خروج بهتر یون‌ها و Co_2 از آب و تولید آب مقطر خالص‌تر پیشنهاد می‌شود. حرارت آب خروجی مبرد کنترل شود. حداقل حرارت آب خروجی مبرد باید 70°C باشد.

اشکالات تقطیر:

- برای آب با املاح بالا مناسب نیست.
- نگهداری و تمیز کردن دستگاه وقت‌گیر و مشکل است.
- نیاز به مصرف انرژی و هزینه بالا دارد.
- نیاز به نظارت دقیق و نزدیک دارد.

توصیه‌ها در استفاده از روش تقطیر:

- اطمینان از جریان کافی آب سرد در مبرد و خشک نشدن مخزن آب
- تمیز کردن و رسوب‌زدایی مخزن جوش در فواصل مرتب الزامی است (از اسیدکلریدریک 10٪ استفاده شود).
- دستگاه نباید نشت آب داشته باشد.
- به ایمنی دستگاه از نظر جریان برق، خطر آتش‌سوزی و ... توجه کنید.
- از جوشیدن شدید آب در محفظه اولیه جلوگیری کنید چون در اثر جوشیدن شدید آب، ذرات یون معدنی و مواد آلی بین مولکول‌های آب گیر افتاده و وارد آب مقطر می‌شوند.

اسمز معکوس ►

آب تحت فشار از غشای نیمه‌تراوا (معمولاً استات سلولز) عبور داده می‌شود. این غشاء حدود 90٪ مواد جامد محلول و 98٪ ناخالصی‌های آلی و مواد غیرقابل حل و ارگانسیم‌های میکروبی را جدا می‌سازد ولی قادر به جداسازی گازهای محلول نیست و فقط 10٪ ذرات یونیزه را جدا می‌کند. حذف تداخلات غیریونی با وزن

مولکولی زیر 100 دالتون به خیلی چیزها وابسته است و می تواند کم باشد ولی حذف ذرات بالاتر از 300 دالتون به طول کامل صورت می گیرد.

▶ سایر روش های تخلیص:

فیلتراسیون ساده از غشاء نیمه تراوا در صورتی که منافذ غشاء به اندازه کافی ریز باشد می تواند بسیاری از مواد را جدا کند، مثلاً با فیلتر با قطر سوراخ کمتر از 0/22 میکرون می توان میکروارگانسیم ها (نه ویروس ها) را حذف نمود.

فیلترهای مصرفی شامل:

- آبست
- فیلتر گلی
- Sintered شیشه
- غشاء سلولز
- Microfiber glass
- Cotton

جذب با شارکول فعال، خاک رس، سیلیکات ها یا اکسید فلزات می تواند مواد آلی را جدا سازد. روش های دیگری نظیر اولترافیلتراسیون، نانوفیلتراسیون و اشعه U.V (254nm) نیز می تواند مورد استفاده قرار می گیرد.

▶ روش های ترکیبی

معمولاً از ترکیب چند سیستم تخلیص آب به منظور تهیه آب خالص درست شده است.

ترکیب پیشنهادی برای تهیه آب آزمایشگاه:

A. فیلتر اولیه

B. دیونیزه کردن

C. ذغال فعال

D. تقطیر

E. Submicron filter یا لامپ U.V برای حذف میکروارگانیسمها و ذرات.

در جدول زیر مقایسه روشهای تخلیص آب آمده است:

Purification Process	Major Classes of Contaminants					
	Dissolved Ionized Solids	Dissolved Ionized Gases	Dissolved Organics	Particulate Matter	Micro-organism	Pyrogens/ Endotoxins
Distillation	E	G/P	G	E	E	E
Deionization	E	E	P	P	P	P
Reverse Osmosis	G	P	G	E	E	E
Carbon Adsorption/ Absorption	P	P	E/G	P	P	P
Filtration(0.22mm)	P	P	P	E	E	P
Ultra filtration	P	P	P	E	E	P
Nanofiltration	G/P	P	G	E	E	E
Chemical Oxidation	P	P	P	P	E/G	E/G
Ultraviolet Oxidation	P	P	G	P	G/P	P
Ultraviolet Sterilization*	P	P	P	P	G	P

*= Ultraviolet light kills microorganisms but does not remove them. Another process is required to remove them.

E= Excellent (capable of complete or near total removal).

G= Good (capable of removing large percentages).

P= Poor (Little or no removal).

کنترل کیفی آب:

طبق توصیه NCCLS برای آب خالص تهیه شده در آزمایشگاه، کنترل مواد آلی، تداخل میکروبی و مواد میکروبی در نظر گرفته می شود، البته Clsi توصیه می کند چند پارامتر برای کنترل کیفی سیستم های خلوص آب در نظر گرفته شود.

- Resistivity یا مقاومت (که رابطه عکس با هدایت دارد) برای بررسی و کنترل مواد معدنی.
- روش های شیمیایی کنترل مواد معدنی معمولاً حساسیت پائینی دارد و فقط در صورت وجود غلظت زیاد املاح، قابل استفاده می باشد.
- Viabe Plate Count برای کنترل تداخل میکروارگانیسم ها.
- Total Organic Carbon (TOC) برای کنترل تداخل مواد آلی.
- ذرات معلق که به وسیله فیلتراسیون مناسب کنترل می شود.
- طبق توصیه Clsi نیاز به مانیتورینگ TOC (جهت تداخل مواد آلی) در سیستم های On line (متصل به جریان آب) و خانگی نیست و همین که نمونه به آزمایشگاه مرجع جهت اندازه گیری مواد آلی فرستاده شود کافی است. البته از تست احیاء پرمنگنات می توان برای بررسی مواد آلی استفاده نمود.
- شمارش کلنی یک راه برای کنترل میکروارگانیسم در آب خالص آزمایشگاهی است اگرچه اپی فلورسانت و تست اندوتوکسین می تواند به عنوان تست انتخابی اضافه شود.
- اگرچه آزمایش کنترل کیفی آب باید هفته ای یک بار صورت گیرد ولی طبق توصیه Clsi بعد از استاندارد کردن معیارهای آب و درجه بندی آن باید سیستمی برای کنترل مداوم این معیارها باشد تا در فواصل زمانی پارامتر دستگاه ثابت بماند، لذا باید از چارت لووی جینگ برای کنترل کیفی آب استفاده نمود. هدف از مانیتورینگ کنترل آب دو چیز است:

I. مستند شدن خصوصیات معین کیفی آب در بازه زمانی مورد نظر

II. گزارش خرابی و فساد اجزاء سیستم خلوص آب قبل از تأثیر عمده روی کیفیت آب

به طور مثال: سیستم تخلیص آب یا تکنولوژی دیونیزاسیون ممکن است آبی با مقاومت نزدیک 18M تهیه کند، برای این سیستم حتی با وجود مقاومت بالاتر از 10، یک یا دو M کاهش در مقاومت آب خروجی ممکن است به علت تغییر بااهمیت باشد که نیاز به اقدامات نگهداری برای جایگزین اجزاء خراب شده باشد.

تعیین مقاومت یا هدایت الکتریکی آب:

آب خالص، بالقوه یون ندارد، پس قدرت هدایت الکتریکی ندارد و مقاومت بالایی دارد. اگر در آب یون وجود داشته باشد هدایت الکتریکی آن زیاد شده و مقاومت آن کم می‌شود. با استفاده از دستگاه Conductivity Meter (برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی) یا Resistometer (برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی) می‌توان خلوص آب را تعیین کرد؛ به این ترتیب که ابتدا مقداری آب را در ظرف استریل ریخته و دمای آن را با دماسنج کالیبره چک می‌کنیم، سپس کندانکتومتر را بر اساس دمای به دست آمده تنظیم و اقدام به سنجش هدایت آب بر اساس دستورالعمل دستگاه می‌نماییم.

دستگاه مقاومت سنج و هدایت سنج دارای دو صفحه پلاتینی با فاصله مشخص (1cm) در یک الکتروود می‌باشد. با قرار دادن این الکتروود در آب می‌توان هدایت یا مقاومت الکتریکی را تعیین کرد، بر اساس فرمول $V = IR$ چون اختلاف پتانسیل بین دو صفحه ثابت است، با تغییر جریان مقاومت اندازه‌گیری می‌شود و عکس مقاومت (هدایت) بر اساس زیمنس (S) بر روی صفحه دستگاه نشان داده می‌شود.

$$\text{Simens (S)} = \frac{1}{\rho}$$

مقاومت آب تحت تأثیر چند فاکتور است (شارژ یونی، غلظت و تحرک یون محلول). بررسی مقاومت نمی‌تواند کاملاً عدم خلوص یونی را اندازه بگیرد، اما از اندازه‌گیری PH اختصاصی تر است و می‌تواند یک وسیله خوب برای تعیین سطح ناخالصی باشد، مثلاً اگر غلظت NaCl در آب خالص $0/34 \mu\text{mol/L}$ باشد مقاومت 10M ایجاد می‌کند.

مقاومت 10megohm/Cm^{-1} آب به معنی وجود املاح به مقدار کمتر از یک قسمت در یک میلیون قسمت محلول (معادل یک ppm) می‌باشد. توصیه می‌شود هدایت الکتریکی (مقاومت) آب آزمایشگاه در فواصل هفتگی کنترل شود. اگر هدایت الکتریکی آب بالاتر از $2 \mu\text{s/Cm}^{-1}$ باشد باید ستون را احیاء نمود و هدایت الکتریکی بیشتر از $20 \mu\text{s/Cm}^{-1}$ نشانه غیرقابل مصرف بودن ستون‌های تعویض یونی می‌باشد و رزین‌ها باید عوض شود.



تصویر مربوط به یک کنداکتمتر

بررسی آلودگی میکروبی طبق دستور آزمایشگاه رفرنس

برای بررسی آلودگی میکروبی می‌بایست اجازه داد آب برای حداقل یک دقیقه به راحتی از دستگاه خارج شود، سپس در یک ظرف استریل 10 میلی‌لیتر آب جمع‌آوری می‌شود. آزمایش باید در مدت یک ساعت پس از جمع‌آوری آب انجام شود. در صورت عدم امکان کشت در مدت یک ساعت، نگهداری برای 6 ساعت در دمای 2-6 درجه امکان‌پذیر خواهد بود. بعد از مخلوط کردن آب (که با 10 بار سروته کردن به دست می‌آید) یک میلی‌لیتر از آب در پتری‌دیش ریخته می‌شود، سپس محیط کشت ذوب‌شده تا دمای 46-50 درجه سرد شده و در پتری‌دیش ریخته می‌شود (از محیط کشت TSA، BHI یا هر محیط کشتی که از رشد باسیل‌های گرم منفی پشتیبانی کند می‌توان استفاده نمود)، با چرخاندن پتری‌دیش، آب با محیط کشت مخلوط می‌شود. پس از سرد شدن و جامد شدن آگار، پتری‌دیش به‌طور وارونه و محذب 24 ساعت در دمای 36 ± 1 درجه سانتی‌گراد و

سپس 24 ساعت در دمای 23 ± 3 درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد (مدت انکوباسیون مجموعاً 48 ساعت می‌باشد) رشد میکروبی به صورت cfu/mL گزارش می‌شود.

کنترل کیفی مواد آلی آب (احیای پرمنگنات)

به 250 میلی‌لیتر آب، 3٪ میلی‌لیتر محلول پرمنگنات و میلی‌لیتر اسیدسولفوریک غلیظ اضافه کنید. محلول حاصل بنفش مایل به ارغوانی بسیار کمرنگ است. یک ساعت در حرارت اتاق بماند:

- اگر رنگ پس از یک ساعت باقی ماند = مواد آلی ناچیز است.

- اگر رنگ پس از یک ساعت از بین رفت = مواد آلی زیاد است.

PH آب:

برای آب درجه 1 و 2 در نظر گرفته نمی‌شود، ولی می‌توان با PH متر، PH آب درجه 3 را اندازه‌گیری نمود. معمولاً هفته‌ای یکبار این کار صورت می‌گیرد.

استفاده از محلول نیتрат نقره:

این تست خطای فاحش در تهیه آب را نشان می‌دهد. در صورت وجود یون‌های معدنی مثل کلر در آب، با نیترات نقره رسوب سفید رنگ تشکیل می‌شود. برای ساخت نیترات نقره 16/99 گرم نیترات نقره با آب خالص به حجم 100 میلی‌لیتر رسانده می‌شود.

کنترل خلوص آب در مناطق دورافتاده:

چند قطره آب تهیه شده بر روی لام تمیز ریخته و جوشانده شود تا آب تبخیر شود. اگر رسوبی روی لام باقی ماند نشانه ناخالصی آب می‌باشد.

کنترل مواد جامد:

100 میلی لیتر آب بر روی بن ماری جوش یا شعله کاملاً تبخیر شود و باقیمانده در فور 105 درجه سانتی گراد به مدت یک ساعت خشک شود. وزن مواد جامد به دست آمده نباید بیش از 1 میلی گرم باشد که معادل 0/001 گرم در 100 میلی لیتر آب است.

کنترل مواد قابل اکسید شدن:

به 100 میلی لیتر آب، 10 میلی لیتر اسیدسولفوریک 2 نرمال اضافه شده و حرارت دهید تا بجوشد. یک میلی لیتر محلول 0/1 نرمال پرمنگنات پتاسیم به آن اضافه کنید و 10 دقیقه دیگر بجوشانید. رنگ صورتی نباید از بین برود.

▶ طرز تهیه محلول 0/1 نرمال پرمنگنات پتاسیم: 3/16 گرم پرمنگنات به یک لیتر آب جوش اضافه شده و در یک ارلن درب دار به آرامی به مدت 1/5 ساعت جوشانده شود. پس از خنک شدن در صورت نگهداری در شیشه قهوه ای تا 6 ماه پایدار است.

کنترل فلزات سنگین:

40 میلی لیتر آب یا اسید استیک 1 نرمال به PH 3-4 رسانیده می شود، 10 میلی لیتر محلول سولفید هیدروژن تازه به آن اضافه می شود بعد از 10 دقیقه رنگ حاصل با رنگ محلول کنترل که حاوی 50 میلی لیتر مخلوط آب و اسیداستیک است در مقابل صفحه سفید مقایسه می شوند. رنگ حاصله نباید از رنگ کنترل تیره تر باشد.

کنترل Co2:

به 25 میلی لیتر آب، 25 میلی لیتر هیدروکسید کلسیم (3gr/1000) اضافه می شود. وجود هر نوع کدورت نشانه حضور Co2 در آب است.

کنترل Ca (کلسیم):

به 100 میلی لیتر آب، 2ml اکسالات آمونیوم (3.5gr/100) اضافه می کنیم. هیچ کدورتی نباید ایجاد شود.

کنترل سولفات:

به 100 میلی لیتر آب، 1 میلی لیتر محلول کلریدباریم (12gr/100) اضافه می شود. نباید کدورتی مشاهده شود، وجود کدورت نشانه حضور سولفات می باشد.

کنترل کلر:

به 100 میلی لیتر آب مقطر، 5 قطره اسید نیتریک و 1 میلی لیتر نیترات نقره (16.99gr/100) اضافه می شود. آب خالص نباید شیری رنگ شود.

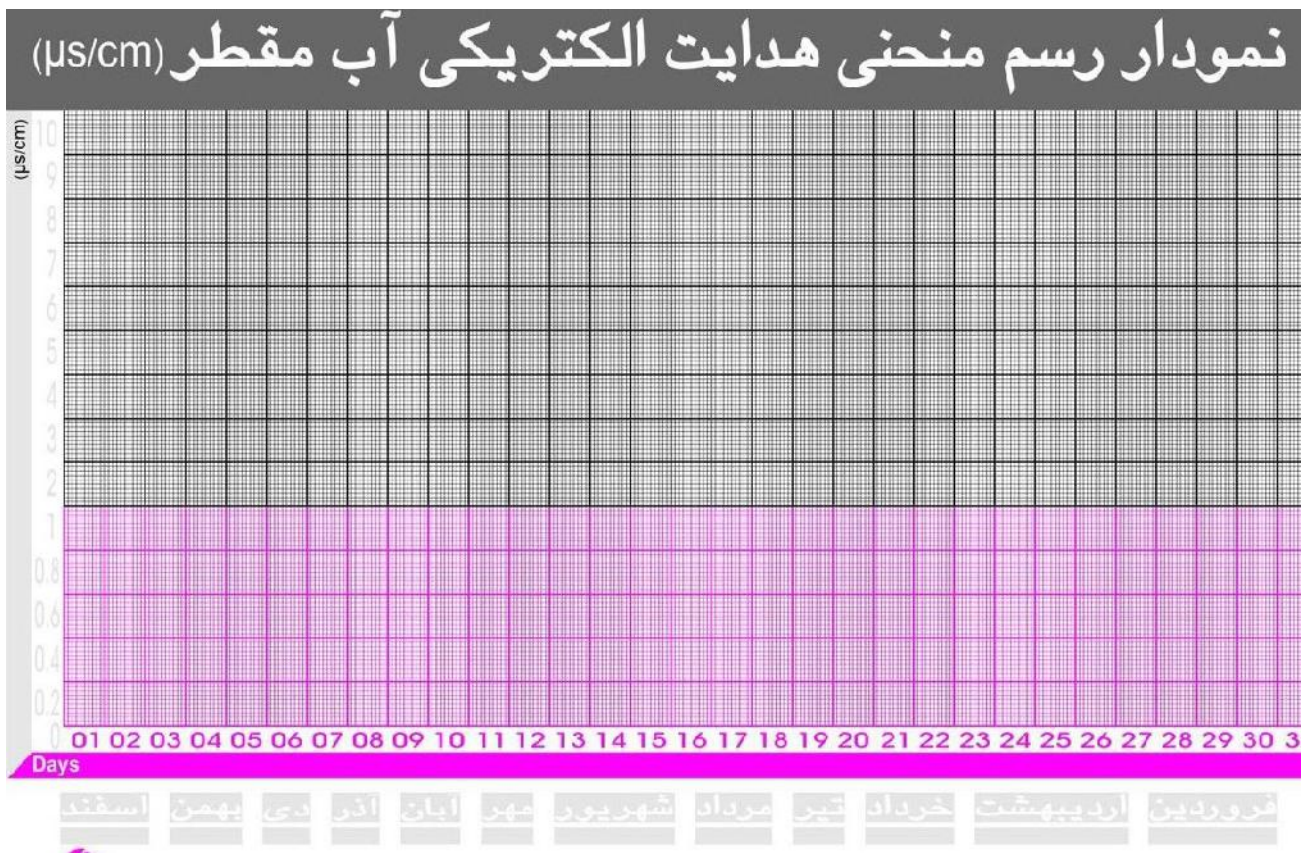
کنترل آمونیوم:

به 100 میلی لیتر آب، 2ml معرف یدوربرکوریید پتاسیم قلیایی اضافه کنید. نباید کدورتی ایجاد شود، رنگ زرد ایجاد شده نباید پررنگ تر از محلول کنترل حاوی 30µgr آمونیوم باشد که معادل 0.3ppm آمونیوم می باشد.

طرز تهیه محلول معرف یدورموکوریید پتاسیم قلیایی:

10 گرم یدور پتاسیم در 10 میلی لیتر آب خالص حل شده در حین به هم زدن، محلول اشباع کلرورجیوه به آن اضافه کنید تا رسوب قرمز روشن ایجاد شود. 30 گرم هیدروکسید پتاسیم را در 60 میلی لیتر آب خالص حل کرده و پس از سرد کردن به محلول فوق اضافه و مخلوط کنید. یک میلی لیتر دیگر محلول اشباع کلریدجیوه به آن اضافه کنید و حجم محلول را با آب خالص به 200 میلی لیتر برسانید. محلول بی حرکت بماند تا رسوب

ته نشین شود. از صاف شده آن (روی محلول) برای کنترل وجود آمونیوم در آب استفاده کنید.



مراجع:

- 1- کتاب بیوشیمی هنری دیویدسون 2011,2007
- 2- استاندارد آزمایشگاه های بالینی امریکا, csi, 2006
- 3- کتاب جامع تجهیزات آزمایشگاه، حمیدرضا سقا
- 4- مجله مهندسی پزشکی
- 5- تضمین کیفیت در آزمایشگاه های تشخیص طبی و کنترل کیفی آزمایش ها و تجهیزات (سیما ذوالفقاری انارکی، نشر طبیب)
- 6- تکنیک های عملی آزمایشگاه تشخیصی جلد ششم: کنترل کیفی مواد و تجهیزات آزمایشگاهی PAS، دکتر مهبد، 1388