



مهندسی آب و فاضلاب

www.abfaeng.ir

جلوتر از دیگران حرکت کنید

اطلاعات آموزشی

اطلاعات فنی و مهندسی

اخبار روز آب و فاضلاب

اخبار استخدامی کارفرمایان



[T.me/mohandesifazelab](https://t.me/mohandesifazelab)



[Instagram.com/abfaeng](https://www.instagram.com/abfaeng)



دستورالعمل نمونه برداری و آزمایش های آب و فاضلاب

موسسه تحقیقات فنی
و مهندسی کشاورزی



بهمن یارقلی و سونا آذر نشان

۱۳۹۳

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵-۳۱۵۸۵، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶)
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، پایگاه اطلاعاتی موسسه: www.aeri.ir

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دستورالعمل نمونه برداری و آزمایش های آب و فاضلاب

تهیه و تدوین:

بهمن یارقلی و سونا آذر نشان





وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

عنوان نشریه:	دستورالعمل نمونه برداری و آزمایش های آب و فاضلاب
نگارش:	بهمن یارقلی و سونا آذر نشان
ناشر:	مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
زمان انتشار:	۱۳۹۳
صفحه آرایی:	سمیه وطن دوست
شماره ثبت:	۴۶۸۹۴

مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.
دستورالعمل حاضر با شماره ثبت ۴۶۸۹۴ طی نامه شماره ۱۳۷۹/۲۲۵ مورخ ۹۴/۱/۱۹ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۸۴۵،
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶)، دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)

پایگاه اطلاعاتی مؤسسه: www.aeri.ir



فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲	فصل اول - اصول نمونه برداری و اندازه گیری
۳	۱-۱- کلیات
۳	۲-۱- عملیات میدانی
۳	۱-۲-۱- آمادگی جهت اعزام به عملیات میدانی
۴	۲-۲-۱- روش و نوع نمونه برداری
۵	۳-۲-۱- مشخصات ظروف نمونه برداری
۵	۴-۲-۱- آماده سازی ظروف نمونه برداری
۶	۵-۲-۱- روش های برداشت نمونه از آب
۱۱	۶-۲-۱- ثبت مشاهدات میدانی
۱۱	۷-۲-۱- نگهداری و محافظت نمونه ها
۱۳	۸-۲-۱- تضمین کیفیت در نمونه برداری
۱۶	۹-۲-۱- ذخیره و حمل و نقل نمونه ها
۱۷	۳-۱- عملیات آزمایشگاهی
۱۷	۱-۳-۱- تحویل نمونه ها به آزمایشگاه
۱۸	۲-۳-۱- نحوه انجام آزمایش ها و سنجش ها
۱۸	۴-۱- نحوه ثبت و نگهداری اطلاعات میدانی
۱۸	۱-۴-۱- تهیه کاربرگ های ثبت اطلاعات میدانی
۲۲	۲-۴-۱- تهیه کاربرگ های ثبت نتایج اندازه گیری های کیفی آب
۳۱	۵-۱- ایمنی در طی فعالیت میدانی
۳۱	۱-۵-۱- اصول کلی مقابله با خطر
۳۲	۲-۵-۱- آماده سازی کاربرگ های اطلاعاتی و تلفن های ضروری
۳۲	۱-۲-۵-۱- موارد عمومی
۳۶	۲-۲-۵-۱- استفاده از مواد شیمیایی
۳۶	۳-۲-۵-۱- استفاده از قایق
۳۷	۴-۲-۵-۱- کار بر روی پل ها
۳۷	۵-۲-۵-۱- استفاده از مسیرهای کابلی
۳۷	۶-۲-۵-۱- آموزش
۳۷	۷-۲-۵-۱- حمل و نقل
۳۸	۶-۱- دستورالعمل نحوه بهره برداری و نگهداری، ایمنی تجهیزات، و وسایل نمونه برداری و آزمایش
۳۸	۱-۶-۱- نحوه نمونه برداری و نگهداری از تجهیزات و دستگاه های نمونه برداری و آزمایش
۳۸	۲-۶-۱- نحوه واسنجی تجهیزات و دستگاه های سنجش پارامترها
۳۹	۳-۶-۱- نیروی تخصصی و امکانات مورد نیاز
۴۰	فصل دوم - آنالیز کیفی آب و فاضلاب
۴۱	۱-۲- آزمایش ها شیمیایی آب و فاضلاب



۴۱	۱-۱-۲- روش اندازه‌گیری یون بی‌کربنات در آب
۴۳	۲-۱-۲- روش اندازه‌گیری pH آب
۴۳	۳-۱-۲- روش اندازه‌گیری EC آب
۴۴	۴-۱-۲- روش اندازه‌گیری یون سولفات در آب (به روش کدورت سنجی)
۴۵	۵-۱-۲- روش اندازه‌گیری یون سولفات در آب (به روش هدایت الکتریکی)
۴۷	۶-۱-۲- روش اندازه‌گیری یون سدیم در آب
۴۸	۷-۱-۲- روش اندازه‌گیری یون کلر در آب
۴۹	۸-۱-۲- روش اندازه‌گیری یون کلسیم در آب
۵۰	۹-۱-۲- روش اندازه‌گیری یون کربنات در آب
۵۱	۱۰-۱-۲- روش اندازه‌گیری یون منیزیم در آب
۵۲	۱۱-۱-۲- اکسیژن محلول (DO)
۵۵	۱۲-۱-۲- اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)
۶۲	۱۳-۱-۲- اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) به روش تقطیر برگشتی
۶۵	۱۴-۱-۲- باقیمانده فرار و ثابت در فاضلاب
۶۶	۱۵-۱-۲- اندیس حجم لجن (SIV)
۶۶	۱۶-۱-۲- مواد معلق (باقیمانده کل غیر قابل صاف شدن)
۶۸	۱۷-۱-۲- روش سانتریفیوژ برای تخمین مواد معلق
۶۹	۱۸-۱-۲- روش اندازه‌گیری فسفر کل
۷۱	۱۹-۱-۲- قلیائیت کل فاضلاب و لجن
۷۳	۲۰-۱-۲- کلرور
۷۵	۲۱-۱-۲- نیتروژن نیتراتی
۷۷	۲۲-۱-۲- نیتروژن کل کج‌لدال
۸۰	۲۳-۱-۲- نیتروژن آمونیاکی
۸۳	۲-۲- آزمایش‌ها میکروبی
۸۳	۱-۲-۲- روش صافی غشایی برای مجموع کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی



فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
۹	۱-۱- حجم نمونه، نوع تجهیزات مورد نیاز و نحوه حفاظت و زمان نگهداری نمونه‌ها
۱۴	۲-۱- عوامل تاثیرگذار بر کیفیت عملیات میدانی پایش آب
۵۹	۱-۲- راهنمای میزان نمونه انتخابی برای تعیین BOD
۷۱	۲-۲- مسیرهای نوری مناسب فوتومتر برای فواصل مختلف غلظت

فهرست کاربرگ‌ها

صفحه	عنوان
۲۱	۱-۱- مشخصات ایستگاه نمونه‌برداری
۲۳	۲-۱- اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی میدانی
۲۴	۳-۱- پایش زیستی
۲۵	۴-۱- اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی آزمایشگاهی
۲۶	۵-۱- اطلاعات پارامترهای کیفی منابع آبهای سطحی کشور
۲۷	۶-۱- اطلاعات پارامترهای کیفی منابع آبهای سطحی کشور
۲۸	۷-۱- اطلاعات پارامترهای کیفی منابع آبهای سطحی کشور
۲۹	۸-۱- اطلاعات پارامترهای کیفی منابع آبهای سطحی کشور
۳۰	۹-۱- اطلاعات پارامترهای کیفی منابع آبهای سطحی کشور
۳۴	۱۰-۱- فهرست تجهیزات ایمنی
۳۵	۱۱-۱- تلفن‌های ضروری



پیشگفتار:

با توجه به کمبود آب کشور و روند رو به رشد رقابت بین مصارف مختلف و همچنین تشدید آلودگی و نزول کیفی منابع آب، شناسائی کیفی این منابع و تعیین محدودیتهای مربوطه برای مصارف مختلف حائز اهمیت بوده و بعنوان عنصری ضروری برای برنامه ریزی منابع و مصارف آب محسوب می شود. در این راستا با توجه به محدودیت کمی و همچنین روند رو به رشد آلودگی منابع آب، یکی از رویکردها و راهبردهای مهم، استفاده از منابع آب غیر متعارف (پسابها و منابع آب شور و لب شور) می باشد. با علم به مطالب مذکور و با توجه به اینکه کشاورزی مصرف کننده اصلی آب در سطح کشور محسوب می شود شناخت کیفیت منابع آب مصرفی در کشاورزی (منابع آب متعارف و غیر متعارف) ضروری بوده و این اهمیت در استفاده از روش های نوین آبیاری اهمیتی دو چندان پیدا می کند.

در این راستا این دستورالعمل با عنوان " دستورالعمل نمونه برداری و آزمایش آب و فاضلاب" با هدف ارائه اصول و روشهای عملی نمونه برداری از این منابع (آب و پساب)، حمل و نقل نمونه ها و همچنین روشهای آنالیز کیفی آنها در دو بخش به منظور شناسائی مشخصات کیفی منابع آب و پساب مصرفی در عرصه کشاورزی به منظور بکارگیری در بخش اجراء و پروژه های تحقیقاتی، تدوین گردیده است. در تهیه هر یک از فصول این دستورالعمل به شرح ذیل، از جدیدترین و معتبرترین منابع علمی و کاربردی و تجارب تحقیقاتی و اجرایی انجام شده در سطح ملی و بین المللی استفاده گردیده است.

فصل اول: این فصل شامل اصول نمونه برداری و اندازه گیری کیفی از منابع آب است. مطالبی ارائه شده در این فصل شامل عملیات میدانی و آمادگی و تدارکات لازم جهت انجام عملیات میدانی، روش و نوع نمونه برداری، ظروف نمونه برداری و آماده سازی ظروف نمونه برداری، روش های برداشت نمونه و ثبت مشاهدات میدانی، نگهداری و حمل و نقل نمونه ها، تضمین کیفیت در نمونه برداری است.

فصل دوم: شامل روش های آنالیز کیفی نمونه های گرفته شد از منابع آب و فاضلاب می باشد. این آزمایشها شامل مشخصات فیزیکی، شیمیائی، و میکروبی می باشند.



فصل ۱

اصول نمونه‌برداری و اندازه‌گیری



۱-۱- کلیات

حفاظت و استفاده بهینه از منابع آب از اصول توسعه پایدار هر کشور می باشد. منابع آب سطحی و زیرزمینی هر یک با مشخصات کیفی خاص خود، مهم‌ترین منابع آبی هستند که نقش مهمی در تامین آب مورد نیاز فعالیت های مختلف مانند کشاورزی، صنعت، شرب و تولید برق دارند. بسیاری از برنامه‌های کلان توسعه اقتصادی، اجتماعی، صنعتی و اجتماعی - فرهنگی در گروه تامین منبع آب سالم و کافی قابل تحقق می باشد. در این راستا آگاهی از کیفیت منابع آب یکی از نیازمندی های مهم می باشد. بعد از برنامه ریزی صحیح برای انجام پایش، قدم بعدی فراهم سازی تدارکات لازم برای اجرای آن می باشد. بطور کلی در اجرای برنامه پایش و نمونه برداری و اندازه گیری ها باید اصول کلی زیر مد نظر قرار گیرد:

- جلوگیری از اشتباه‌هایی که می‌تواند باعث پایین رفتن ارزش برنامه پایش، دور شدن از هدف ها و افزایش هزینه‌ها باشد.
- تدارک مناسب و کافی تجهیزات و واریسی تجهیزات و اطمینان از کارکرد مناسب آنها و مواد مورد نیاز از نظر کمی و کیفی پیش از آغاز عملیات (تکمیل چک لیست‌های لازم).
- به همراه داشتن تجهیزات و ظروف نمونه‌برداری اضافی برای موارد ضروری.
- پیش‌بینی دقیق زمان لازم برای عملیات میدانی و حمل نمونه‌ها به آزمایشگاه با در نظر گرفتن حوادث پیش‌بینی نشده.
- هماهنگی لازم بین تیم نمونه‌برداری، آزمایشگاه و مسوول عملیات.
- آموزش کافی کارمندان و اطمینان از داشتن مهارت لازم برای نمونه‌برداری و روش‌های تجزیه میدانی و آزمایشگاهی و آگاهی کافی از مسوولیت‌های مرتبط؛
- همکاهنگی و ارتباط مستمر مدیر برنامه و کارمندان آزمایشگاهی و کارکنان میدانی به منظور بهبود کیفیت برنامه پایش، این امر ضمن فراهم کردن امکان نظارت بر فعالیت‌های میدانی، امکان درک مشکلات و نیازها را نیز برای کلیه اعضا فراهم خواهد آورد.

۱-۲- عملیات میدانی

۱-۲-۱- آمادگی جهت اعزام به عملیات میدانی

آمادگی برای یک سفر نمونه‌برداری بسیار مهم است، زیرا بسیاری از نکات تا زمان رسیدن به ایستگاه نمونه‌برداری از چشم پنهان می‌ماند. مؤثرترین راه آمادگی برای سفر نمونه‌برداری تهیه یک فهرست کنترل شامل موارد زیر است:

- نوع، تعداد و اندازه بطری‌های برچسب‌دار؛
- تجهیزات میدانی مانند ابزار نمونه‌برداری، تجهیزات صاف سازی و وسایل اندازه‌گیری؛
- مواد نگهدارنده؛
- کیسه‌ها یا بطری‌های یخ و محفظه‌های سرد کننده؛
- کتابچه یا دفتر ثبت گزارش؛
- لوازم شخصی مناسب برای شرایط آب و هوایی منطقه در هنگام کار؛



- کنترل و واسنجی دستگاه ها و تجهیزات، بسته‌بندی و بارگیری مناسب آنها برای پرهیز از آسیب‌های احتمالی؛
- دوربین‌های عکاسی و فیلمبرداری؛ و
- کاربرگ‌های درخواست آزمایشگاه.

نکته بسیار مهم: پیش از شروع برنامه نمونه‌برداری، به منظور اطمینان از آمادگی آزمایشگاه برای دریافت بموقع نمونه‌ها باید هماهنگی‌های لازم بعمل آمده باشد.

۱-۲-۲- روش و نوع نمونه‌برداری

برنامه و روش نمونه‌برداری مورد استفاده باید نظام مند^۱ و براساس برنامه‌ای مدون باشد. در چنین روشی نمونه‌ها در فواصل زمانی مساوی و مکان‌های مشابه از پیش مشخص شده برداشت می‌شوند، لیکن ممکن است برپایه نظرات کارشناسی تغییراتی در الگوی مشخص شده انجام شود. بررسی روند تأثیرات کیفیت آب و فاضلاب در طول زمان، تنها هنگامی امکان‌پذیر است که نمونه‌ها به‌طور پیاپی از یک نقطه برداشت شوند. هر چند در انواع پایش‌ها لازم است از روش نمونه‌برداری منظم استفاده کرد، اما در شرایط اضطراری و در پایش‌هایی با دوره کوتاه مدت می‌توان روش نمونه‌برداری تصادفی را نیز بکار برد.

بیشتر نمونه‌های آب از راه پر کردن ظرف، در کم‌ترین فاصله از سطح آب به دست می‌آید. این روش به نام غوطه‌ور کردن^۲ یا نمونه‌برداری ساده^۳ شناخته می‌شود. نمونه‌های ترکیبی^۴ از اختلاط حجم‌های برابر از این نوع نمونه‌ها اخذ شده در پزیوهای زمانی مختلف تهیه می‌شوند و تخمینی از میانگین شرایط کیفیت آب و فاضلاب را فراهم می‌کنند. در شرایط زیر نمونه ساده برداشته می‌شود.

- هنگامی که انتظار نمی‌رود غلظت اجزا و عوامل مورد بررسی با زمان یا مکان تغییر کند.
- داده‌های شرایط حدی (کمینه و بیشینه) مورد نظر باشد.

- هنگامی که انتظار می‌رود غلظت اجزا و عوامل مورد بررسی با زمان یا مکان تغییر کند، نمونه به صورت ترکیبی برداشته می‌شود. نمونه‌های مجزا که نمونه ترکیبی را تشکیل می‌دهند، به نسبت‌های مساوی و یا متناسب با سرعت جریان آب در زمان نمونه‌برداری، با هم ترکیب می‌شوند.

هنگامی که سرعت جریان متغیر است، روش نمونه‌برداری باید به صورت نمونه‌برداری ترکیبی متناسب با سرعت جریان انجام شود. به این منظور سرعت جریان باید به دقت (و ترجیحاً پیوسته) اندازه‌گیری شود.

در عملیات نمونه‌برداری می‌توان از نمونه‌گیرهای خودکار نیز استفاده کرد. دستگاه نمونه‌گیر خودکار باید توانایی جلوگیری از جدا شدن (ته نشینی) مواد جامد را داشته باشد. تمام نمونه‌های اخذ شده پس از جمع‌آوری باید بدون تاخیر در زمان مناسب به آزمایشگاه فرستاده شوند.

در برنامه‌های پایش به‌طور معمول باید از نمونه‌برداری تلفیقی عمقی و سطحی در یک ایستگاه مشخص استفاده کرد.

¹ Sistematic

² Dip

³ Grab

⁴ Composite



توضیح ۱: تمام نمونه‌هایی که در یک ایستگاه اندازه‌گیری می‌شوند را باید در یک زمان مشخص از روز برداشت کرد. زیرا کیفیت در طول روز به‌طور معمول دچار تغییر می‌شود.

توضیح ۲: در رودخانه‌ها در شرایطی که حجم آبدی شاخه اصلی و شاخه‌های فرعی در طول شبانه روز تفاوت قابل توجهی نداشته باشد (کم‌تر از ۲۰ درصد) نیازی به نمونه‌برداری تلفیقی بده یا زمانی نیست در غیر این‌صورت پس از بررسی میزان بده در طول شبانه روز (با اندازه‌گیری پیاپی هر ۳ ساعت یک‌بار)، می‌توان زمانی از شبانه روز را که میزان بده متوسط است برای اندازه‌گیری و نمونه‌برداری انتخاب کرد. این موضوع اغلب در سرچشمه‌های رودخانه‌های برفابی در فصول سرد مشاهده می‌شود که میزان آبدی در ساعات بعداز ظهر به دلیل آب شدن برف و یخ‌ها افزایش یافته و در صبح‌ها کاهش می‌یابد.

توضیح ۳: در شرایطی که پساب‌های منابع آلاینده به صورت مداوم و با بده مشخصی وارد رودخانه نمی‌شوند و در ساعتی از شبانه‌روز به صورت غیرمداوم به رودخانه تخلیه می‌شوند باید از روش نمونه‌برداری تلفیقی زمانی استفاده کرد. در خصوص تعیین تعداد نمونه مورد نیاز می‌توان از روش‌های آماری و تجربی استفاده کرد (5, 7, 17).

۱-۲-۳ - مشخصات ظروف نمونه‌برداری

به منظور انتقال نمونه‌ها بهتر است از ظروف موجود در آزمایشگاه‌ها استفاده کرد. این امر ضمن تضمین جمع‌آوری حجم کافی از نمونه، امکان حفظ وضعیت نمونه اولیه را با اضافه کردن برخی محلول‌های نگهدارنده فراهم می‌آورد. ظروف نمونه‌برداری را تنها باید برای نگهداری نمونه مورد استفاده قرار داد و از نگهداری محلول‌های شیمیایی در آنها خودداری کرد. افزون بر این:

- شکل و نوع ظرف نمونه باید براساس روش استاندارد^۱ آزمایش‌ها باشد.
- برای نمونه‌های زیستی ظروف شیشه‌ای مناسب‌تر است.
- گنجایش ظرف نمونه‌برداری برای آزمایش هر پارامتر باید بر پایه روش استاندارد آن آزمایش باشد (13).
- ظروف باید مجهز به درپوش محکم باشند.

۱-۲-۴ - آماده‌سازی ظروف نمونه‌برداری

یکی دیگر از نکات مهم در مورد ظروف نمونه برداری، توجه به تمیز بودن این ظروف به منظور جلوگیری از آلوده کردن نمونه‌های برداشت شده است. پس از هر بار استفاده از ظروف نمونه‌برداری باید آنها را تمیز کرده و به یکی از روش‌های مورد قبول شستشو داد. در این ارتباط نوع روش مورد استفاده بستگی به پارامتر مورد اندازه‌گیری دارد.

¹ Standard methods



الف - آنالیزهای میکروبیولوژیکی

به منظور آماده کردن بطری‌های نمونه برداری باید آنها را شسته و پیش از قرار دادن در اتوکلاو، دست کم سه بار با آب مقطر شست. چنانچه آب مقطر در دسترس نباشد، می‌توان از آب فاقد کلر استفاده کرد. در صورتی که برای انجام آزمایش‌های میکروبیولوژیکی از آب کلردار استفاده شود باید به مقدار کافی تیوسولفات سدیم به نمونه‌ها اضافه گردد تا موجب خنثی شدن اثر کلر شود. برای این منظور پیشنهاد می‌شود که به ازای هر ۱۰۰ میلی‌لیتر حجم نمونه، نزدیک به ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول ۱/۸ درصد تیوسولفات سدیم استفاده شود. شایان ذکر است که این عمل را باید قبل از قرار دادن نمونه در اتوکلاو انجام داد. پیش از برداشت نمونه باید از شستن ظرف نمونه با آب مورد نمونه‌برداری خودداری کرد، این عمل می‌تواند اثر محلول‌های شیمیایی مورد استفاده را خنثی کند (8, 6).

ب- آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی

• روش اول (روش عمومی آماده‌سازی بطری‌های نمونه‌برداری)

این روش آماده‌سازی ظروف نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی، جامدات کل، کدورت، pH و قلیابیت کل و آمیون و کاتیون می‌باشد. برای این منظور ضمن استفاده از دستکش‌های لاتکس باید به روش زیر عمل شود:

- ✓ بطری‌های نمونه‌برداری با برس و یک مایع شوینده بدون ترکیبات فسفره شسته شود.
- ✓ بطری‌ها سه بار زیر آب سرد شیر شسته شود.
- ✓ در نهایت سه بار با آب مقطر شسته شود.

• روش دوم (روش شستشو با اسید برای آماده‌سازی ظروف نمونه‌برداری)

به منظور آماده‌سازی ظروف نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری فاکتورهای نیترات و فسفات از این روش استفاده می‌شود. در این‌جا نیز مانند روش قبلی ضمن استفاده از دستکش‌های لاتکس باید به روش زیر عمل شود:

- ✓ ظروف نمونه‌برداری با برس و یک مایع شوینده فاقد ترکیبات فسفره شسته شود.
- ✓ سه بار هریک از ظروف با آب شیر شسته شود.
- ✓ هریک از ظروف با اسید کلریدریک ده درصد شسته شود.
- ✓ در نهایت هریک از ظروف سه بار با آب مقطر شسته شود.

۱-۲-۵- روش‌های برداشت نمونه از آب

الف - برداشت نمونه با تجهیزات

برای نمونه‌برداری آب تجهیزات گوناگونی طراحی و ساخته شده است که بسیاری از آن‌ها برای هدف‌های مشخصی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

• نمونه‌برداری از آب برای اندازه‌گیری اکسیژن محلول

این نمونه بردار برای برداشت نمونه به منظور تعیین اکسیژن محلول آب استفاده می‌شود. حجم نمونه برداشته شده ۱/۵ لیتر و به صورتی است که تماسی با هوا ندارد. مشخصات این نمونه‌برداری در پیوست ۱۱ ارائه شده است.

• نمونه‌برداری از عمق



این وسیله که گاهی اوقات آن را گرب¹ می‌نامند، به‌گونه‌ای طراحی شده است که توان برداشت نمونه از هر عمقی را دارد. نمونه‌ای که به این ترتیب به دست می‌آید را می‌توان برای تمامی آنالیزها به جز اکسیژن محلول مورد استفاده قرار داد.

• نمونه‌بردار چند منظوره

نمونه‌بردار چند منظوره مرسوم‌ترین وسیله نمونه‌برداری در نهرها و رودخانه‌ها به شمار می‌رود. این وسیله برای نمونه‌برداری از نقاط کم عمق بسیار مناسب است. این وسیله از این برتری برخوردار است که نیازی به انتقال نمونه برداشت شده به ظرف دیگری برای انتقال به آزمایشگاه ندارد. با این وجود نمونه برداشت شده از طریق این نمونه‌بردار را نمی‌توان برای اکسیژن محلول مورد استفاده قرار داد.

ب- روش‌های نمونه‌برداری دستی

به‌طور کلی همواره نمونه‌ها از محلی که آب در حال جریان است برداشته و از نمونه‌برداری از کناره‌های ساحل رودخانه و جاهایی که آب راکد است خودداری شود. در نواحی کم‌عمق برای جمع‌آوری نمونه با احتیاط به محلی که آب در حال جریان است رفته، و در نواحی عمیق حتماً این کار باید با استفاده از قایق و تجهیزات مناسب انجام شود. موارد کلی زیر در انجام نمونه‌برداری باید رعایت شود:

- کل ظروف نمونه‌برداری همواره با مشخص کردن زمان، تاریخ و محل نمونه‌برداری برچسب گذاری شود.
- درست قبل از زمان نمونه‌برداری درب بطری را برداشته و از تماس دست با داخل ظرف نمونه‌برداری خودداری شود. (چنانچه به‌طور تصادفی دست با داخل ظرف نمونه‌برداری تماس پیدا کند، باید از بطری دیگری استفاده شود).
- ظرف نمونه در برابر جریان نگه داشته شود.
- قبل از برداشت نمونه اطمینان حاصل شود که شخص در محل مورد نظر باشد.
- تا حد امکان از ورود ذرات نا همگون و آشغال، مانند برگ، در نمونه خودداری شود.
- برای جلوگیری از به حالت تعلیق در آمدن ذرات بستر، از آشفته کردن بستر رودخانه هنگام برداشت نمونه پرهیز شود.
- در بطری‌های باز در مکان تمیز نگهداری شود.
- قبل از ترک محل نمونه‌برداری، محاسبات میدانی انجام گرفته و ثبت شود.
- قبل از ترک محل نمونه‌برداری کلیه اطلاعات تکمیلی در دفترچه‌های مخصوص ثبت شود. این اطلاعات می‌تواند شامل دمای هوا، وضعیت هوا، احتمالاً وجود ماهی‌های مرده شناور بر روی آب یا لکه‌های نفت، رشد جلبک و هر نوع منظره یا بوی نا متعارف باشد. در هنگام آنالیز نتایج آزمایش‌ها اطلاعات تکمیلی می‌تواند به پژوهشگر کمک زیادی بکند.
- اگر قرار است آنالیز نمونه‌ها در همان محل نمونه‌برداری انجام شوند، این کار را باید در کوتاه‌ترین زمان ممکن بعد از برداشت صورت گیرد. چنانچه در نظر است نمونه‌ها از محل برداشت به آزمایشگاه منتقل شود، باید بلافاصله بعد از جمع‌آوری، نمونه‌ها به بطری‌های نمونه‌برداری منتقل و به آزمایشگاه انتقال یابند.

ج- نمونه‌برداری برای آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی

¹ Grab



بسته به نوع متغیرها و روش‌های آنالیزی که قرار است مورد استفاده قرار گیرند، اندازه نمونه برداشت شده متغیر می‌باشد، با این وجود به‌طور تقریبی میزان آن در حدود ۱ تا ۵ لیتر است. به‌طور کلی برای برداشت نمونه‌های آب از رودخانه‌ها و نه‌رها دستورالعمل‌های زیر می‌توانند مؤثر باشند.

- اکسیژن محلول، کدورت، هدایت الکتریکی، pH و دما از جمله متغیرهایی هستند که بهتر است در محل نمونه برداری مورد اندازه‌گیری قرار بگیرند. (3, 12, 13).

- بعد از برداشت نمونه، دمای آن را باید بلافاصله اندازه‌گیری و ثبت کرد.

- برای تعیین میزان اکسیژن محلول پس از اندازه‌گیری دمای نمونه بلافاصله باید نمونه را برای اندازه‌گیری نهایی آماده کرد. چنان‌چه از تکنیک‌های الکترونیکی استفاده می‌شود، بخشی از نمونه برای اندازه‌گیری را باید به دقت در یک بشر ریخت. چنان‌چه از روش وینکلر استفاده می‌شود، مواد شیمیایی را باید به‌طور مستقیم به بطری نمونه‌برداری اضافه کرد.

• برای اندازه‌گیری pH و هدایت الکتریکی نیز بخشی از نمونه را باید کنار گذاشت. برای این منظور با توجه به احتمال انتشار کلرید پتاسیم در نمونه به هنگام اندازه‌گیری pH، باید از به کار بردن یک نمونه آب برای اندازه‌گیری هر دو عامل یاد شده خودداری کرد.

د- برداشت نمونه به منظور آنالیز باکتریولوژی

بسیاری از دستورالعمل‌های ارائه شده برای برداشت نمونه برای آنالیز باکتریولوژی نیز صادق می‌باشد. سایر موارد ذکر شده در این بخش را می‌توان به ترتیب زیر ارائه داد:

- نمونه‌ها برای آنالیز باکتریولوژی را باید پیش از برداشت سایر نمونه‌ها جمع‌آوری و در ظروف نمونه‌برداری استریلیزه شده انجام داد.

- از بروز هر نوع آلودگی در ظروف نمونه‌برداری از طریق تماس دست یا سایر مواد غیراستریلیزه باید خودداری کرد.

- بطری‌هایی را که قرار است به منظور جمع‌آوری و یا انتقال نمونه‌های باکتریولوژی مورد استفاده قرار گیرند باید فقط برای این هدف مورد استفاده قرار گیرند.

توضیح: موضوع صاف‌سازی نمونه‌ها باید براساس روش استاندارد آزمایش‌ها انجام شود. نیاز یا عدم نیاز به صاف‌سازی^۱ و روش انجام صاف‌سازی در روش استاندارد آزمایش ارائه شده است.

¹ Fiterastion



جدول ۱-۱- حجم نمونه، نوع تجهیزات مورد نیاز و نحوه حفاظت و زمان نگهداری نمونه‌ها

پارامتر اندازه‌گیری	حجم مورد نیاز (میلی‌متر)	جنس محفظه نمونه‌برداری	روش حفاظت	حداکثر زمان نگهداری	
گروه ۱- آزمایش‌های شیمیایی معمول	pH	پلاستیک، شیشه	-	باید بلافاصله آزمایش شود	
	SAR	با استفاده از کاتیون‌ها و آنیون‌ها محاسبه می‌شود			
	TDS	شیشه، درپوش آب‌بند	آب‌بند بودن ظرف نمونه برداری	در صورت آب‌بند بودن درپوش تا ۶ ماه	
	EC	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۲۸ روز	
	TH	پلاستیک، شیشه	افزودن اسید نیتریک (کمتر از ۲ pH)	۶ ماه	
	TA	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۱۴ روز	
	Ca	پلاستیک، شیشه		۶ ماه	
	Na	پلاستیک، شیشه		۶ ماه	
	Mg	پلاستیک، شیشه		۶ ماه	
	K	پلاستیک، شیشه		۶ ماه	
	کاتیون‌ها	Cl	پلاستیک، شیشه		۲۸ روز
		SO ₄	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۲۸ روز
		PO ₄	شیشه	برای فسفات محلول سریعاً فیلتر شود سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۴۸ ساعت
		HCO ₃			
گروه ۲- آزمایش‌های فیلتریک	دما	پلاستیک، شیشه		باید بلافاصله آزمایش شود	
	کدورت	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۴۸ ساعت	
	BOD	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۴۸ ساعت	
گروه ۳- آزمایش‌های شیمیایی - زیستی	COD	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس و افزودن اسید سولفوریک تا pH کمتر از ۲	۲۸ روز	
	DO	بطری و درپوش شیشه‌ای			
	NO ₃ , NO ₂	پلاستیک، شیشه			
	آمونیاک	پلاستیک، شیشه	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس و افزودن اسید سولفوریک تا pH کمتر از ۲	۲۸ روز	
	کلی فرم مدفوعی	پلاستیک، شیشه استریل	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۲۴ ساعت	
	نماتد	محلول ۱۰۰	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس	۲۴ ساعت	
	گروه ۴- فلزات سنگین	شامل Zn, Pb, Sn, Cd, Co, Ag, Ni, Cr	پلاستیک	فیلتر در محل - افزودن اسید نیتریک تا pH کمتر از ۲	۶ ماه
			شیشه - پلاستیک	فیلتر در محل	
			شیشه - پلاستیک	افزودن اسید نیتریک تا pH کمتر از ۲	
		Cr	محلول ۱۰۰	شیشه - پلاستیک	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس
Mg		محلول ۱۰۰	شیشه - پلاستیک	فیلتر - افزودن اسید نیتریک تا pH کمتر از ۲	۲۸ روز
	محلول ۱۰۰	شیشه - پلاستیک	افزودن اسید نیتریک تا pH کمتر از ۲		



جدول ۱-۱- حجم نمونه، نوع تجهیزات مورد نیاز و نحوه حفاظت و زمان نگهداری نمونه‌ها

حداکثر زمان نگهداری	روش حفاظت	جنس محفظه نمونه‌برداری	حجم مورد نیاز (میلی‌متر)	پارامتر اندازه‌گیری	
۴۸ ساعت	تا دمایی که مانع از رشد جلبک و باکتری شود.	پلاستیک (چگالی پایین) - شیشه	۱۰۰۰	آزبست	گروه ۵- معدنی، سمی
۲۸ روز	-	شیشه - پلاستیک	۱۰۰	As	
۲۸ روز	-	شیشه - پلاستیک	۱۰۰	Ba	
۲۸ روز	-	شیشه - پلاستیک	۱۰۰	B	
۲۸ روز	-	شیشه - پلاستیک	۱۰۰	Be	
۱۴ روز	سرد کردن تا ۴ درجه سلسیوس، افزودن سود (pH بالاتر از ۱۲)، افزودن ۰/۶ گرم اسید اسکوربیک	شیشه - پلاستیک	۵۰۰	CN	
۲۸ روز	-	شیشه - پلاستیک	۳۰۰	F	گروه ۶- سایر
۲۸ روز	-	شیشه - پلاستیک	۱۰۰۰	چربی و روغن	
یک سال	افزودن اسید کلریدریک یا نیتریک (pH کم‌تر از ۲)	شیشه - پلاستیک	۵۰۰	راديوآکتیو (اشعه آلفا و بتا)	

۱- برای اندازه‌گیری فلزات ظروف پلی اتیلن با درپوش پلی پروپیلن برتری دارند.

۲- حفاظت نمونه باید بلافاصله پس از برداشت صورت گیرد. برای نمونه‌های مختلط، هر بخش باید جداگانه نگهداری و حفاظت شود. در صورت استفاده از نمونه‌گیر خودکار که امکان حفاظت جداگانه هر بخش را نمی‌دهد، نمونه‌ها تا زمان تقسیم نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری می‌شوند.

۳- نمونه‌ها باید تا جای ممکن و در کم‌ترین زمان پس از برداشت آزمایش شوند. زمان‌های ارایه شده بیشترین زمانی است که برای درستی آزمون باید رعایت شوند. تجاوز از این زمان‌ها فقط در صورتی مجاز است که دلیل محکمی برای اثبات این‌که نمونه‌ها برای مدت طولانی‌تری پایدار هستند، وجود داشته باشد و از طرف مراجع ذی صلاح تایید گردد. برخی از نمونه‌ها ممکن است تا زمان‌های داده شده نیز پایدار نباشند و بنابراین مراجع ذی‌صلاح می‌توانند زمان کوتاه‌تری را به عنوان حداکثر مجاز تعیین نمایند.

۴- در مورد اکسیژن محلول در روش پروب ۱ نمونه بلافاصله آزمایش می‌شود ولی در روش وینکلر ۲ نمونه باید در محل تثبیت شود و حداکثر زمان نگهداری آن ۸ ساعت است.

۵- در صورت اندازه‌گیری مجموع نیترات و نیتريت حجم نمونه مورد نیاز ۱۰۰ میلی‌لیتر است و نمونه‌ها باید تا ۴ درجه سلسیوس سرد شود و با افزودن اسید سولفوریک و حفظ pH در حد ۲ تا زمان آزمایش نگهداری گردد. حداکثر زمان مجاز برای نگهداری نمونه ۲۸ روز است. در صورتی که نیترات و نیتريت به صورت جداگانه اندازه‌گیری شوند، نمونه باید تا ۴ درجه سلسیوس سرد شود و حداکثر تا ۴۸ ساعت مورد آزمایش قرار گیرد. حجم نمونه مورد نیاز در آزمون نیترات و نیتريت به ترتیب ۱۰۰ و ۵۰ میلی‌لیتر می‌باشد.

۶- افزودن اسید اسکوربیک فقط در صورت وجود کلر باقیمانده مورد نیاز است.

۷- حداکثر زمان مجاز نگهداری نمونه در صورت حضور سولفید ۲۴ ساعت است. به عنوان یک گزینه می‌توان با کاغذ استات سرب نمونه را مورد آزمایش قرار داد. در تمام نمونه‌ها قبل از تنظیم pH آن باید از نبود سولفید در نمونه اطمینان یافت. سولفید باید توسط افزودن نیترات کادمیم حذف شود. سپس pH نمونه صاف شده با افزودن سود آن به ۱۲ برسد.

¹ Probe

² Winkler



۱-۲-۶- ثبت مشاهدات میدانی

عملیات نمونه‌برداری خوب همیشه شامل ثبت با جزئیات یادداشت‌های میدانی است. اطلاعات خاص از قبیل زمان دقیق یا شرایط آب و هوایی در تفسیر داده‌ها اهمیت دارند. داشتن یک دفتر یادداشت میدانی برای هر پروژه الزامی است. تمام اطلاعات ثبت شده در دفتر یادداشت میدانی باید به محض رسیدن به آزمایشگاه، به پایگاه داده‌ها^۱ منتقل شوند. ثبت اطلاعات و مشاهدات میدانی بخشی از ثبت زنجیره اطلاعات^۲ می‌باشد.

علاوه بر یادداشت شرایط استاندارد، اتفاقات غیر معمول نیز باید ثبت شوند. هرگونه انحراف از دستور کار استاندارد باید در پایگاه داده‌ها ثبت شود. اگر شرایط غیر معمول از قبیل رنگ یا بوی آب، رشد بیش از حد جلبک‌ها، نشانه‌هایی از ورود مواد خارجی در سامانه مانند روغن در سطح آب یا ماهی مرده مشاهده شد، گروه باید نمونه‌های اضافی بردارد. اگر نمونه‌های اضافی از محلی غیر از نقاط تعریف شده نمونه‌برداری جمع‌آوری می‌شوند، آن نقاط باید به‌طور کامل توصیف شوند. این اطلاعات در تفسیر نتایج مفید خواهند بود. دفترهای یادداشت میدانی برای اقدامات اجرایی بسیار با ارزش هستند و باید سعی شود که به طرز مناسبی نگهداری شوند.

متصدیان فعالیت نمونه‌برداری باید دارای یک دفترچه یادداشت باشند که در آن کلیه جزئیات مربوط را در زمان نمونه‌برداری یادداشت کنند. بعد از پر شدن این دفترچه‌ها از دور انداختن آن‌ها باید پرهیز کرد. از آن‌جا که این دفترچه‌ها حاوی داده‌ها و اطلاعات خام اولیه می‌باشند، می‌توانند به منظور فعالیت‌های کنترلی آتی مفید باشند. در این زمینه اطلاعاتی را که باید به دقت ثبت کرد دست کم شامل موارد زیر است:

- اطلاعات مربوط به بطری نمونه‌برداری و برچسب آن؛
- نوع نمونه جمع‌آوری شده؛
- نوع محاسبات صورت گرفته و نتایج به دست آمده (با ذکر استانداردها، واحدهای مورد استفاده و غیره).
- اطلاعات تکمیلی (مانند هر نوع شرایط غیرعادی در مکان و زمان نمونه‌برداری) چنانچه در مکان‌های نمونه‌برداری انتخاب شده جابه‌جایی صورت گرفته باشد، این امر را باید با دلیل به‌طور دقیق شرح داد. قبل از اقدام به این کار باید با هماهنگی کننده برنامه مشورت کرده و دلایل آن را به خوبی توجیه کرد. به منظور تسهیل استفاده از اطلاعات باید محتویات داخل دفترچه متعکس‌کننده ترتیب انجام فعالیت‌های صورت گرفته نیز باشند (19).

۱-۲-۷- نگهداری و محافظت نمونه‌ها

در ارتباط با بهترین شیوه نگهداری نمونه‌ها برای انجام برخی آزمایش‌های خاص و حداکثر طول زمانی پیش از انقضای تاریخ انجام آزمایش‌ها بر روی نمونه‌ها اتفاق نظر کلی بین پژوهشگران وجود ندارد. با این وجود به‌طور کلی توصیه می‌شود که بطری‌های نمونه‌برداری را در مکان سرد، تمیز و تاریک نگهداری کرده و از بروز هرگونه آلودگی در نمونه‌ها پیش‌گیری کرد. سایر روش‌های نگهداری نمونه‌ها شامل یخ زدن، استخراج حلال و افزودن ترکیبات شیمیایی نگهدارنده می‌باشد (24).

¹ Database

² Chain of custody



همچنین توجه به عدم بروز آلودگی یا تغییر در نمونه‌های گرفته شده قبل از انجام آنالیز از دیگر موارد شایان توجه می‌باشد. به‌طور معمول به محض برداشت نمونه در چنین مواردی به منظور تاخیر در بروز تغییرات فیزیکی - شیمیایی و زیستی در نمونه گرفته شده باید آنرا در محل مناسب ذخیره کرد. روش صحیح بر حسب نوع نمونه مورد آنالیز متفاوت است.

موارد اساسی در این ارتباط انتخاب صحیح فراوانی نمونه‌برداری و رفع آلودگی آنها، انتخاب تکنیک صحیح نگهداری و رعایت زمان استاندارد بین نمونه‌برداری و آنالیز می‌باشد. ضمن این که تمامی این موارد براساس نوع نمونه مورد بررسی متفاوت هستند.

جنس ظرف نگهداری نمونه‌ها می‌تواند بر روی ویژگی‌های نمونه گرفته شده تأثیر گذار باشد. به عنوان مثال واکنش مواد و ترکیبات موجود در نمونه با دیواره ظروف، می‌تواند تأثیری نامطلوب بر روی نمونه بر جای گذارد. هم‌چنین بعضی از ترکیبات و عناصر موجود در آب نمونه می‌تواند جذب سطحی دیواره ظروف نمونه‌برداری گردد. محیط نگهداری نمونه می‌تواند بر روی ویژگی‌های نمونه گرفته شده تأثیر داشته باشد. به عنوان مثال واکنش نمونه مواد یا دیواره ظروف بر نمونه می‌تواند تأثیری نامطلوب بر روی نمونه بر جای گذارد. هم‌چنین جذب سطحی و فلزات سنگین در نمونه‌های آب توسط دیواره ظروف نمونه‌برداری از دیگر موارد قابل ذکر در این ارتباط می‌باشند^۱.

از سوی دیگر مصرف مواد مغذی توسط باکتری‌های موجود بر روی دیواره ظروف از دیگر موارد احتمال می‌باشد. هم‌چنین درپوش بطری (که به‌طور معمول از، چوب پنبه، مواد پلاستیکی و یا احتمالاً لاستیک است) نیز می‌تواند باعث بروز آلودگی در نمونه شود. از این رو پیش از انجام نمونه‌برداری باید آنها را به خوبی تمیز کرد. ظروف نمونه‌برداری نیز باید به گونه‌ای انتخاب شوند تا از بروز هرگونه آلودگی احتمالی در نمونه‌ها جلوگیری شود، به عنوان مثال چنانچه هدف، نمونه‌برداری به منظور اندازه‌گیری آفت‌کش‌ها باشد تا حد امکان باید از انتخاب بطری‌ها و درپوش‌های پلاستیکی پرهیز کرد.

به‌طور معمول به منظور جلوگیری از بروز تغییرات شیمیایی و زیستی در نمونه‌ها می‌توان آنها را در دمای پایین نگهداری و انتقال داد، هر چند این امر تغییرات شیمیایی و زیستی را متوقف نمی‌کند. تنها زمانی که دمای نمونه به ۴۰ - درجه برسد، تمامی فعالیت‌های زیستی به‌طور کامل متوقف می‌شود. به منظور جلوگیری از فعالیت‌های زیستی از برخی مواد شیمیایی مانند کلروفورم و استات جیوه نیز می‌توان استفاده کرد. به منظور جلوگیری از جذب فلزات توسط ظروف نمونه‌برداری (و ته نشینی نمک‌های غیرمحلول) ترکیبات اسیدی به نمونه‌ها اضافه می‌شود. درحالی‌که به منظور جلوگیری از فرار ترکیبات آلی مانند هیدروکربن‌های حلقوی می‌توان از حلال‌ها (مانند هگزان) استفاده کرد.

نکته قابل ذکر در این ارتباط این است که تا حد امکان از افزودن ترکیبات شیمیایی به نمونه‌ها باید خودداری کرد. این امر به دلیل احتمال بروز آلودگی در نمونه‌ها و یا ایجاد مشکل در هنگام اندازه‌گیری‌های شیمیایی یا زیستی می‌باشد. به عنوان مثال، وجود جیوه می‌تواند در تشخیص غلظت دقیق فسفات در روش رنگ‌سنجی مشکلاتی را ایجاد کند^۲. در حال چنانچه نیاز به اضافه کردن چنین ترکیباتی باشد، باید همواره نقش آنها را در تشخیص پارامترهای مورد اندازه‌گیری مورد توجه قرار داد(24).

1- Batley, 1989, maherawoos, 1999

2 Mahcrawoo, 1999



حتی زمانی که به نمونه‌ها مواد نگهدارنده اضافه می‌شود و یا قرنطینه می‌شوند، صرفاً آنها را می‌توان تا یک زمان مشخصی نگهداری کرد. این دوره زمانی برای برخی (مانند فسفر در آب دریا) تا سال‌ها بوده درحالی‌که برای برخی دیگر بسیار کوتاه است (مانند اشرشیاکلی که حداکثر زمان نگهداری آن ۶ ساعت بعد از نمونه‌برداری است).

اگر منظور از نمونه‌برداری اندازه‌گیری غلظت فلزات محلول، ترکیبات مغذی محلول (مثلاً نیترات) در غلظت‌های کم و کلروفیل‌ها و مانند آن، در محیط آبی باشد، نمونه بلافاصله پس از جمع‌آوری باید با تجهیزات مناسب صاف شود. تجهیزات صاف‌سازی باید بین دوره‌های نمونه‌برداری در آزمایشگاه تمیز شوند.

تخریب و تغییر ماهیت نمونه‌ها، تمام تلاش‌ها و هزینه‌هایی که صرف نمونه‌برداری شده است را بی‌اثر می‌کند. به‌طور کلی، هرچه زمان بین نمونه‌برداری و آزمایش کوتاه‌تر باشد، نتایج تجزیه قابل اعتمادتر است.

مواد نگهدارنده نباید پیش از نمونه‌برداری، با نمونه یا ظرف نمونه و درپوش آن در تماس باشند. زمان تماس مواد نگهدارنده با هوا باید به حداقل رسانده شود.

از آن‌جا که برخی از متغیرهای مورد اندازه‌گیری بسیار فرار هستند، چنان‌چه آزمایش در محل نمونه‌گیری امکان‌پذیر نباشد باید آنها را توسط محلول‌های شیمیایی نگهدارنده تثبیت کرد. بر حسب نوع و روش آزمایش روش نگهداری نمونه‌ها نیز متفاوت خواهد بود. در این ارتباط مواد شیمیایی نگهدارنده و حداکثر زمان مجاز پیش از انجام آزمایش در دستورالعمل‌های روش استاندارد آزمایش‌ها مشخص شده است. برخی از اقدامات برای تثبیت و نگهداری را مانند آنچه که در زیر آمده است باید بلافاصله بر روی نمونه‌ها انجام داد.

- در صورتی که مهلت زمانی بین نمونه‌برداری و انجام آزمایش بیشتر از زمان رسیدن به آزمایشگاه باشد یا احتمال آن وجود داشته باشد. باید مواد نگهدارنده مناسب به ظروف نمونه برداری اضافه گردد و بطری نمونه‌برداری را با برچسب‌های حاوی نام، غلظت و کمیت محلول شیمیایی اضافه شده، حجم محلول و نهایتاً متغیرهای مورد اندازه‌گیری به دقت مشخص کرد.
- چنان‌چه آزمایش نمونه پس از صاف‌سازی انجام می‌شود، مواد نگهدارنده را باید بلافاصله بعد از صاف‌سازی به نمونه‌ها اضافه کرد.
- همراه داشتن مواد شیمیایی و دستورالعمل انجام کار در عملیات میدانی

۱-۲-۸- تضمین کیفیت در نمونه‌برداری

تعاریفی در خصوص نمونه‌برداری و انواع نمونه‌ها وجود دارد که به منظور اطمینان و تضمین از انجام عملیات نمونه‌برداری باید آنها را مطالعه کرد و از آنها آگاه بود.

چنان‌چه شیوه‌های به‌کار گرفته شده طی مراحل نمونه‌برداری، انتقال و ذخیره نمونه‌ها صحیح و مطابق با اصول استاندارد و توصیه شده باشند، می‌تواند خطاهای مربوط به نمونه‌برداری را تا حد زیادی کاهش دهد. شیوه صحیح جمع‌آوری نمونه، نوع ظروف مناسب برای نمونه‌برداری و روش‌های نگهداری نمونه‌ها و همچنین تعداد نمونه‌های کنترل کیفیت را تعیین می‌کنند (22, 23). برای کنترل و تضمین کیفیت عملیات نمونه‌برداری، توجه به اقدامات ارائه شده در جدول شماره (۱-۲) پیشنهاد می‌گردد.



جدول ۱-۲- عوامل تأثیرگذار بر کیفیت عملیات نمونه برداری آب

ردیف	عامل مؤثر بر کیفیت عملیات نمونه برداری	راهکار حذف یا کاهش عوامل تأثیرگذار
۱	موقعیت نمونه برداری	<ul style="list-style-type: none"> - استفاده از GPS و تعیین دقیق مختصات جغرافیایی - ثبت علایم و آدرس دقیق محل ایستگاه و نحوه دسترسی به آن - ثبت اطلاعات میدانی در کاربرگ‌های مشخصات ایستگاه‌ها در هر نوبت
۲	نوع نمونه برداشت شده و ظروف نمونه برداری	<ul style="list-style-type: none"> - استفاده از برچسب برای ظروف نمونه برداری - ثبت مشخصات ظروف نمونه برداری از نظر کمی و کیفی - استفاده از روش کدگذاری برای نمونه‌های مختلف و ایستگاه‌های مختلف - شمارش تعداد نمونه‌های برداشت شده در هر ایستگاه قبل از ترک ایستگاه و استفاده از چک لیست‌ها
۳	صحت نمونه برداری	<ul style="list-style-type: none"> - نمونه‌های دوتایی: این نمونه‌ها به منظور برداشت دو یا چند زیر نمونه از یک نمونه کاربرد دارند. این دو می‌تواند منجر به تشخیص برخی از منابع خطا (آلودگی، خطاهای تصادفی) از طریق انجام آزمایش بر روی چند نمونه جدا از هم شود. - نمونه‌های تکراری: در این ارتباط برای بالا بردن دقت، دو یا چند نمونه به‌طور هم‌زمان از محل برداشت می‌شود. - آزمایش نمونه‌های استاندارد: آزمایش نمونه‌هایی با غلظت‌های مشخصی از یک ماده یا عنصر می‌تواند منجر به تشخیص صحیح تغییرات گردد.
۴	خطای اندازه‌گیری ناشی از تجهیزات	<ul style="list-style-type: none"> - انجام کنترل‌های لازم برای سالم بودن دستگاه اندازه‌گیری - واسنجی تجهیزات قبل از شروع عملیات
۵	نداشتن مهارت لازم توسط تیم نمونه بردار	<ul style="list-style-type: none"> - انجام آموزش‌های کافی و امتحان تیم قبل از عملیات نمونه برداری - همراه بودن کارمندان مجرب و متخصص با تیم پایش در اولین مرتبه از عملیات و کنترل دوره‌ای توسط شخص مجرب و متخصص
۶	کنترل مهلت زمان	<ul style="list-style-type: none"> - ثبت زمان نمونه برداری از آب رودخانه، آنالیز یا تثبیت نمونه‌ها - ثبت زمان دریافت نمونه‌ها توسط آزمایشگاه، زمان تثبیت و زمان آزمایش
۷	آلودگی نمونه	<p>ماگر مجبور به انجام آزمایشات صحرائی بر روی نمونه‌ها در محل آزمایشگاه هستیم، این کار باید بر روی زیر نمونه‌های جداگانه برداشت شده از نمونه اصل انجام شوند. این اندازه‌گیری‌ها هیچ‌گاه نباید روی نمونه‌های آبی که برای آزمایش‌های شیمیایی به آزمایشگاه برده می‌شوند، انجام شوند.</p> <p>ظروف نمونه برداری را باید پیش از انجام نمونه برداری به خوبی تمیز کرد. ظروف نمونه برداری را باید حتی‌الامکان در محیط‌های تمیز و به دور از گرد و غبار و غیره نگه داشت. و در آن را بسته نگاه داشت.</p> <p>- برای هر نمونه مورد نظر باید از ظروف مخصوص به آن استفاده کرد.</p> <p>- درب بطری‌های نمونه برداری را باید پیش از استفاده از هر نوع آلودگی پاک کرد. به هیچ عنوان نباید محفظه ورودی بطری‌های نمونه برداری یا درپوش ظروف با دست یا سایر موارد تماس داشته باشند.</p> <p>- ظروف نمونه برداری که برای جمع‌آوری نمونه‌های میکرو بیولوژیکی استفاده می‌شوند را حتما باید قبلاً استریل کرد.</p> <p>- در مواردی که احتمال بروز آلودگی وجود دارد از طریق بک ماده شیمیایی باید به وجود آن پی برد و میزان آنرا اندازه‌گیری کرد.</p> <p>- افراد مرتبط در انجام نمونه برداری باید دست‌های خود را هنگام نمونه برداری تمیز نگه‌دارند و از خوردن و سیگار کشیدن هنگام نمونه برداری خودداری کنند.</p> <p>پیش از نمونه برداری، ظروف مورد استفاده برای برداشت نمونه (یک عدد در هر ده مورد) به صورت تصادفی، انتخاب و به‌وسیله آب مقطر پر شده و در شرایطی مشابه سایر ظروف نمونه برداری نگهداری می‌شوند انجام آزمایش بر روی این ظروف می‌تواند وجود آلودگی در مواد تشکیل دهنده ظروف نمونه برداری را نفی کند.</p>



ادامه جدول ۱-۲- عوامل تأثیرگذار بر کیفیت عملیات میدانی آب

ردیف	عامل مؤثر بر کیفیت عملیات نمونه‌برداری	راهکار حذف یا کاهش عوامل تأثیرگذار
۷	آلودگی نمونه	<p>اندازه‌گیری‌های میدانی همیشه باید بر روی زیر نمونه‌های^۱ جداگانه‌ای انجام شود. بطری‌های نمونه و درپوش‌ها باید طبق روش‌های استاندارد تمیز و توسط آزمایشگاه فرستنده تحت عنوان «عاری از آلودگی»^۲ مشخص شوند. بطری‌های نمونه‌ای که در آزمایشگاه تمیز شده‌اند نباید با نمونه آب واقعی^۳ شسته و آبکشی شوند. بطری‌ها باید به صورت در بسته به محل نمونه‌برداری برده شوند. باید توجه شود که به کارگیری بطری‌هایی که از قبل استفاده و مجدداً تمیز شده‌اند، برای برخی آنالیزها در غلظت‌های بسیار کم، مناسب نیست.</p> <p>برای هر آنالیز فقط باید از بطری‌های توصیه شده استفاده شود.</p> <p>واکنش‌گرها و مواد نگهدارنده باید درجه خلوص تجزیه‌ای^۴ داشته و توسط آزمایشگاه فرستنده تایید شوند. بر حسب بطری‌های حاوی این مواد باید محتویات و تاریخ انقضای آنها را به وضوح نشان دهد.</p> <p>برای اجتناب از اشتباه، نمونه‌ها باید با نشانه‌های رنگی مشخص شوند.</p> <p>داخل بطری‌ها و درپوش‌ها نباید با چیزی جز نمونه آب و مواد نگهدارنده تماس داشته باشد.</p> <p>درپوش‌ها درست پیش از نمونه‌برداری باز شود و پس از نمونه‌برداری بلافاصله بسته شود.</p> <p>بطری‌ها در مکانی پاکیزه و دور از خاک، گل، دود و دوده نگهداری شود. بطری‌ها پیش و پس از نمونه‌برداری، همواره باید در بسته و داخل محفظه مناسب (مانند جعبه) نگهداری شوند. پاکیزه بودن وسیله نقلیه (خودرو) نقش مهمی در رفع مشکلات آلودگی نمونه دارد.</p> <p>محصولات نفتی از عمده‌ترین منابع آلودگی نمونه هستند. واحدهای تهویه نیز از منابع ورود آلودگی به نمونه با مقادیر کم فلزات هستند.</p> <p>تجهیزات صاف‌سازی باید با استفاده از روش مناسب تمیز شده و در کیسه‌های پلاستیکی عایق و برچسب‌دار نگهداری شوند.</p> <p>نمونه‌ها باید در محل تاریک و سرد نگهداری شوند و از گرم شدن آنها اجتناب شود. استفاده از جعبه‌ها/ یخدان‌های پر شده با یخ توصیه می‌شود. از سوی دیگر، باید از انجماد نمونه‌ها نیز جلوگیری شود، مگر این که انجماد بخشی از دستورالعمل نگهداری و محافظت باشد. نمونه‌ها در کوتاه‌ترین زمان ممکن باید سرد شود.</p> <p>نمونه‌ها باید حتی‌الامکان در مدت ۲۴ ساعت پس از نمونه‌برداری به آزمایشگاه برسند. علاوه بر این لازم است دستورالعمل‌های استاندارد در مورد مدت زمان نگهداری نمونه‌ها به‌ویژه برای آزمایش‌های میکروبی رعایت شود.</p> <p>تمیز کردن در محل نمونه‌برداری اغلب به اندازه آزمایشگاه مؤثر نیست. از به‌کارگیری سفیدکننده‌ها^۵ و شوینده‌های قوی اجتناب شود.</p> <p>آب بدون یون را نباید بیش از شش ماه نگهداری کرد و تاریخ پر کردن و انقضا باید روی ظروف ثبت شود.</p> <p>اقدامات کنترل کیفیت میدانی^۶ ارائه شده در بندهای فوق باید بر روی نمونه‌های شاهد نیز انجام شود.</p> <p>سنجش خلوص نگهدارنده‌های شیمیایی، سنجش آلودگی ظروف نمونه، کاغذ و تجهیزات صاف‌سازی و هر وسیله‌ای که در جمع‌آوری و انتقال نمونه به کار می‌رود و آشکارسازی خطاهای معین و تصادفی ضروری است</p> <p>باید توجه داشت که بعضی از نمونه‌های شاهد برای آنالیز در آزمایشگاه باقی می‌مانند و بقیه برای استفاده به عنوان شاهد میدانی، تجهیزات و صاف‌سازی به محل نمونه‌برداری برده می‌شوند. اطلاعات مربوط به نمونه‌های شاهد در پیوست ۹ ارائه شده است.</p> <p>تمام تجهیزات نمونه‌برداری باید پس از هر سفر نمونه‌برداری با دقت تمیز شده و با آب بدون یون آبکشی شوند. آبکشی باید تا سه بار تکرار شده و آب مورد استفاده در بار سوم به عنوان شاهد تجهیزات برای آنالیز به آزمایشگاه فرستاده شود.</p> <p>سطوح محفظه‌های انتقال (محفظه خنک کننده) نمونه باید از آلودگی‌ها پاک و با آب بدون یون آبکشی شوند.</p> <p>وسيله نقلیه تمیز باشد.</p> <p>وسایلی که در آب مورد استفاده قرار می‌گیرند، باید پیش از تماس با منبع جدیدی از آب، از گیاهان آزی پاک شوند.</p> <p>تجهیزات صاف‌سازی باید با دقت تمیز شده و آب مورد استفاده در آبکشی نهایی به عنوان شاهد تجهیزات به‌طور دوره‌ای به آزمایشگاه فرستاده شود.</p> <p>تجهیزات مورد استفاده برای نمونه‌برداری منابع آب، نباید برای نمونه‌برداری پساب به‌کار روند. هر نوع نمونه‌برداری باید تجهیزات مخصوص به خود را داشته باشد.</p>
۸	آلودگی تجهیزات	

مرجع: (16, 13)

¹ sub-sample
² contamination-free
³ real water sample
⁴ analytical grade
⁵ Bleaches
⁶ field quality control



۱-۲-۹- ذخیره و حمل و نقل نمونه‌ها

فرایند جمع‌آوری نمونه را باید به‌طور کامل با آزمایشگاه هماهنگ کرد. همان‌طور که قبلاً نیز عنوان شد تکنسین‌های آزمایشگاه باید از تعداد نمونه‌هایی که قرار است به آزمایشگاه برسند، زمان تقریبی ورود نمونه‌ها و نوع آزمایش‌هایی که قرار است انجام بگیرد، آگاهی کامل داشته باشند تا نوع و میزان مواد و محلول‌های شیمیایی مورد نیاز را از قبل فراهم کنند. چنان‌چه بطری‌های نمونه‌برداری توسط آزمایشگاه تهیه شده باشند، می‌توان اطمینان داشت که از حجم کافی و ویژگی‌های لازم برای نمونه‌برداری (مانند افزودن مواد شیمیایی نگهدارنده در صورت لزوم) برخوردار می‌باشند(12).

باید از آزمایشگاه خواسته شود که تاریخ و زمان دریافت نمونه‌ها را، به‌ویژه هنگامی که نمونه‌های فرستاده شده طی حمل و نقل به سرد شدن نیاز دارند، ثبت کند.

هر یک از بطری‌های نمونه‌برداری باید حاوی برچسب‌هایی باشد که بر روی آن به‌طور خوانا اطلاعات زیر درج شده باشد. ثبت این اطلاعات نیز بخشی از ثبت زنجیره اطلاعات است.

- عنوان مطالعه صورت گرفته
 - شماره و محل نمونه‌برداری
 - زمان و تاریخ نمونه‌برداری
 - نام فرد نمونه‌بردار یا نام سرگروه عملیات میدانی (جمع‌کننده)
 - خلاصه‌ای از وضعیت آب و هوا و وجود هرگونه شرایط غیرطبیعی در زمان نمونه‌برداری
 - هر نوع اطلاعات مربوط به افزودن مواد شیمیایی نگهدارنده
 - نتایج مربوط به محاسبات صورت گرفته در منطقه
 - بسته‌های نمونه با نوارچسب بسته شود تا از باز شدن ناگهانی آنها و یا از هرگونه مداخله‌ای اجتناب شود. بسته‌هایی که چسب آنها پاره یا باز شده باشد، آزمایشگاه را از احتمال بروز چنین مسائلی آگاه می‌کند.
 - برچسبی روی بسته‌ها چسبانده شود تا به‌طور ثابت نشانی مقصد را نمایش دهد.
 - اگر دانستن دمای نمونه‌ها هنگام رسیدن به آزمایشگاه مورد نیاز باشد، باید یک بطری آب برچسب‌دار در کنار ظروف نمونه قرار داده شود و دمای نمونه‌ها از طریق اندازه‌گیری دمای آب بطری تعیین شود.
- همان‌طور که قبلاً نیز بحث شد این اطلاعات در دفترچه‌های مخصوص نیز درج می‌شوند. به منظور انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه باید موارد زیر را در نظر گرفت:

- قراردادن نمونه‌ها به‌طور عمودی در جعبه‌های پلاستیکی یا چوبی مقاوم (جلوگیری از شکستن و تابش نور خورشید)
- نگهداری نمونه‌ها در دمای ۴ درجه سلسیوس در صورت نیاز با توجه به روش استاندارد آزمایش‌ها
- قراردادن کیسه یخ در جعبه‌های حمل نمونه‌ها در صورت نیاز با توجه به روش استاندارد آزمایش‌ها. نمونه‌ها را به‌طور عمودی در محفظه خنک‌کننده دارای یخ با حجم ۱ تا ۲ برابر حجم نمونه‌ها، بسته‌بندی و دقت شود نمونه‌هایی که تمایل بیشتری به تخریب شدن دارند (آنهايي که مواد نگهدارنده شیمیایی ندارند)، به بسته‌های یخ نزدیک‌تر باشند. هم‌چنین، ظروف شیشه‌ای باید به وسیله بسته‌های یخ، بطری‌های پلاستیکی و یا مواد بسته‌بندی تمیز از یکدیگر جدا و



در جای خود بی حرکت نگهداشته شوند. کاربرگ‌های مورد نیاز آزمایشگاه تکمیل و در کیسه‌های پلاستیکی در بسته گذاشته و به جداره ظرف چسبانده یا روی ظروف گذاشته شود. به‌طور کلی چنان‌چه فاصله زمانی بین جمع‌آوری و تحلیل نمونه‌ها بیش از ۶ ساعت باشد لازم است در گزارش مربوط به آزمایش‌های صورت گرفته به اطلاعاتی در ارتباط با شرایط و طول مدت حمل و نقل نمونه‌ها اشاره کرد.

۱-۳-۲- عملیات آزمایشگاهی

۱-۳-۱- تحویل نمونه‌ها به آزمایشگاه

- کارمندان آزمایشگاهی باید موارد زیر را هنگام تحویل نمونه‌های آزمایشگاهی بررسی کنند :
- تمام جزییات لازم بر روی برچسب‌های بطری‌های نمونه‌برداری درج شده باشند.
 - نمونه‌ها در بطری‌های مناسب تحویل گردند.
 - به منظور کسب نتایج قابل اعتماد در ارتباط با کیفیت آب، نمونه‌ها در زمان مقرر به آزمایشگاه رسیده‌باشند.
 - نمونه‌ها در صورت لزوم به وسیله مواد شیمیایی نگهدارنده تثبیت شده باشند.
 - در طول انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، نمونه‌ها در دمای مناسب قرار گرفته باشند.
 - قرار دادن نمونه‌های باکتریولوژیک در داخل یخچال آزمایشگاه به محض ورود به آزمایشگاه و آزمایش‌های مربوط را باید ظرف دو ساعت آغاز کرد.
 - در آزمایش‌های باکتریولوژیکی، هر نمونه‌ای که بعد از زمان مشخص شده در استاندارد مرجع (روش استاندارد آزمایش‌ها)، از زمان نمونه‌گیری به آزمایشگاه انتقال یابد و یا این‌که زمان سرد کردن نمونه‌ها بعد از جمع‌آوری بیش از زمان مشخص شده در روش استاندارد آزمایش‌ها طول کشیده باشد را باید دور ریخت.
 - به دلیل این‌که برخی از متغیرها در طول انتقال تغییر می‌یابند، انجام آزمایش شیمیایی بر روی نمونه‌های جمع‌آوری شده را باید پس از زمان مشخص شده در روش استاندارد آزمایش انجام داد هرچند برخی دیگر از متغیرها مانند فلوراید، کلرید و سولفات تا حدود دو هفته می‌توانند به صورت پایدار باقی بمانند.
 - به محض ورود نمونه‌ها باید آنها را در سامانه آزمایشگاه ثبت کرده و در یخچال با دمای حدود ۴ درجه سلسیوس نگهداری کرد. در مواردی که زمان نگهداری نمونه‌ها و یا شرایط ایجاد شده موجبات کسب نتایج غیرقابل اعتماد را فراهم آورد کارمندان آزمایشگاهی باید از پذیرش نمونه‌ها امتناع ورزند.

۱-۳-۲- نحوه انجام آزمایش و سنجش‌ها

- در دنیا روش‌های مختلفی برای سنجش و آزمایش وجود دارد بعضی از این روش‌ها به صورت بین‌المللی بوده و در اغلب کشورهای دنیا رایج و مورد استفاده می‌باشند. مهم‌ترین این روش‌ها شامل موارد زیر است:
- استفاده از روش‌های توصیه شده آژانس محیط زیست آمریکا یا EPA¹

¹ U.S.Environmental protection agency



- الگوی روش استاندارد آزمایش‌ها. لازم به ذکر است که این الگو در سال‌های مختلف بازننگری و تجدید چاپ می‌شود.^۱
- الگوی استاندارد سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO). این الگو در ارتباط با عامل‌های مختلف تدوین شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- الگوی سازمان بهداشت جهانی (WHO)، این الگو در جلد‌های مختلف تدوین شده که در سال‌های مختلف بازننگری و تجدید چاپ می‌شود^۲ (12, 13, 23, 24).

۴-۱- نحوه ثبت و نگهداری اطلاعات میدانی

۴-۱-۱ تهیه کار برگ‌های ثبت اطلاعات میدانی

- مشخص بودن وضعیت ایستگاه نمونه‌برداری و تغییرات آن در دوره اندازه‌گیری ضروری می‌باشد. اطلاعات مربوط به وضعیت ایستگاه می‌تواند موجب تغییرات یا اصلاح در خصوص ایستگاه انتخاب شده، نحوه نمونه‌برداری و پردازش اطلاعات شود. در این خصوص باید اقدامات زیر انجام شود.
- پس از بررسی حوضه، برگ شناسایی رودخانه^۳ تکمیل می‌شود و به عنوان فرم اصلی شناسایی رودخانه مورد پایش نگهداری می‌شود. لازم به ذکر است بندهای ۲۰، ۲۱ و ۲۲ این فرم براساس اطلاعات موجود که قبلاً در ایستگاه‌های آب‌سنجی اندازه‌گیری شده است، تکمیل می‌شود. (این فرم در صفحه بعد ارائه شده است).
- پس از بررسی حوضه و شناسایی و انتخاب ایستگاه‌ها برای هر ایستگاه، بخش الف کار برگ ۳-۱ قبل از عملیات نمونه‌برداری در دفتر مرکزی تکمیل می‌شود و به تعداد مناسب کپی گرفته می‌شود.
- در هر بار نمونه‌برداری (برای هر کدام از ایستگاه‌ها)، بخش ((ب)) کار برگ شماره ۳-۱ تکمیل خواهد شد. در بند توضیحات بخش ((ب)) این کار برگ، پدیده‌ها و تغییراتی که در فاصله زمانی بین نمونه‌برداری قبلی و فعلی در خصوص موضوع‌ها بیان شده در بخش ((الف)) نوشته می‌شود. همچنین موضوع‌هایی از قبیل تخلیه مواد آلاینده، تغییرات در بستر رودخانه، احداث سازه‌های آبی، فعالیت‌های عمرانی در رودخانه یا مجاور آن و یا هرگونه موضوعی که می‌تواند در کیفیت آب تغییراتی ایجاد کند یا باعث تغییر برنامه پایش از نظر ایستگاه و یا پارامترهای مورد پایش شود باید ذکر شود. ضمناً در خصوص تکمیل بند توضیحات بخش ب کار برگ شماره ۳-۱ می‌تواند به موضوع‌های بیان شده در برگ شناسایی رودخانه نیز توجه کرد.
- مشکلات دسترسی به ایستگاه‌های نمونه‌گیری باید طی اولین بازدید به دقت ثبت شده تا اقدامات اصلاحی انجام شود و در صورت لزوم، موقعیت ایستگاه تعویض شود.

^۱ APHA Standard methods for the examination of water and wastewater

^۲ WHO Guidelines for drinking –water quality.world health organization, geneva

^۳ دستورالعمل آماربرداری منابع آب، کد فرم (۰۴-۱۸۱-الف) نشریه ۲۳۹ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور



برگ شناسایی رودخانه کد فرم (۰۴-۱۸۱-الف)

۱- نام رودخانه:	۱۵- تعداد و نوع ایستگاه هیدرومتری:
۲- نام حوضه آبریز اصلی:	درجه یک: درجه دو:
۳- کد حوضه آبریز اصلی:	درجه سه: درجه چهار:
۴- نام پایانه رودخانه:	۱۶- تاریخ تاسیس اولین ایستگاه هیدرومتری:
۵- سطح حوضه آبریز:	۱۷- تاسیسات آبی:
۶- طول رودخانه:	تعداد سد مخزنی: تعداد سد انحرافی:
۷- شیب رودخانه:	تعداد سد تنظیمی: تعداد سردهنه:
درصد خالص	۱۸- تعداد شاخه‌های اصلی:
۸- وضعیت جغرافیایی:	۱۹- شمای شاخه‌بندی و تاسیسات:
<input type="checkbox"/> داخلی <input type="checkbox"/> مرزی ورودی <input type="checkbox"/> مرزی مشترک <input type="checkbox"/> مرزی خروجی	
۹- نوع رودخانه:	
<input type="checkbox"/> دایمی <input type="checkbox"/> فصلی <input type="checkbox"/> مسیل	
۱۰- رژیم رودخانه:	
<input type="checkbox"/> بارانی <input type="checkbox"/> برفی - بارانی <input type="checkbox"/> برفی	
۱۱- انهار از رودخانه:	
تعداد..... رشته نهر مدرن با حجم سالانه..... میلیون مترمکعب	
تعداد..... رشته نهر سنتی با حجم سالانه..... میلیون مترمکعب	
۱۲- ایستگاه‌های پمپاژ روی رودخانه:	
تعداد..... با حجم سالانه..... میلیون مترمکعب	
۱۳- وضعیت پوشش گیاهی حوضه:	
<input type="checkbox"/> جنگل انبوه <input type="checkbox"/> مرتع <input type="checkbox"/> جنگل تنک <input type="checkbox"/> بدون پوشش گیاهی	
۱۴- نام دشت‌های مهم:	



ادامه برگ شناسایی رودخانه کد فرم (۰۴-۱۸۱-الف)

۲۰- بده در ایستگاه‌های مهم:								
تاریخ رخداد	بده حداکثر لحظه‌ای	سال پرآب		سال متوسط		سال خشک		نام ایستگاه
		بده	سال	بده	سال	بده	سال	
۲۱- کیفیت شیمیایی								
تاریخ نمونه برداری		بده مترمکعب بر ثانیه		هدایت الکتریکی EC		نام ایستگاه		
حداقل	حداکثر	مانند حداقل	مانند حداکثر	حداقل	حداکثر			
۲۲- مواد معلق رسوبی								
تاریخ نمونه برداری		بده مترمکعب بر ثانیه		رسوب (میلی گرم بر لیتر)		نام ایستگاه		
حداقل	حداکثر	مانند حداقل	مانند حداکثر	حداقل	حداکثر			
ملاحظات:								
نام و نام خانوادگی تهیه کننده:				نام واحد اقدام کننده:				
تاریخ تکمیل برگ شناسایی:								



کاربرگ ۱-۱ - مشخصات ایستگاه نمونه برداری

الف - ویژگی‌های سایت

نام حوضه:	کد ایستگاه:
تاریخ مشاهده:	نام مشاهده کننده:
نام منطقه:	استان:
نزدیک‌ترین آبادی:	نزدیک‌ترین شهرها:
نام رودخانه اصلی:	نام رودخانه فرعی:
ارتفاع از سطح دریا:	مختصات جغرافیایی:
آدرس و نحوه دسترسی:	
نام مالک منطقه و تلفن آن: (در صورت وجود مالک)	
فاصله تا نزدیک‌ترین جاده:	نام و نوع نزدیک‌ترین جاده:
شماره تلفن اورژانس:	نام و فاصله نزدیک‌ترین مرکز اورژانس:
شماره تلفن پلیس:	نام و فاصله نزدیک‌ترین مرکز پلیس:
فاصله تا نزدیک‌ترین محل تقاطع رودخانه با جاده در بالادست:	
فاصله تا نزدیک‌ترین محل تقاطع رودخانه با رودخانه دیگر در بالادست:	
فاصله تا نزدیک‌ترین محل تقاطع رودخانه با رودخانه دیگر در پایین دست:	
وضعیت دسترسی به منطقه:	نوع بستر:
وضعیت شیب رودخانه:	
توضیحات ضروری:	

ب- وضعیت نمونه برداری

تاریخ نمونه برداری:		
آیا نمونه برداری انجام شد؟		
بله	خیر	
نوع نمونه برداری	- شیمیایی	- خشک بودن رودخانه
	- زیستی	- عدم امکان دسترسی (عدم ایمنی)
	- سایر	- سیلاب شدید
مشکلات دسترسی به ایستگاه	- مغروق شدن	
	- تالابی و باتلاقی	
	- وجود گل	
	- سایر موارد	
توضیحات ضروری:		

۱-۴-۲ - تهیه کاربرگ‌های ثبت نتایج اندازه‌گیری کیفیت آب

کاربرگ‌های ثبت نتایج اندازه‌گیری باید به دو صورت زیر تهیه شود.



الف- کاربرد ثبت نتایج میدانی

این کاربرگ‌ها برای ثبت پارامترهایی استفاده می‌شود که اندازه‌گیری آنها در ایستگاه نمونه‌برداری به صورت مستقیم انجام می‌شود. کاربرد ۲ برای ثبت نتایج اندازه‌گیری شیمیایی میدانی تهیه شده که باید در زمان اندازه‌گیری تکمیل شود. موضوع مهم در باره کاربرد ۲، ثبت واسنجی دستگاه‌های اندازه‌گیری میدانی است. در باره پایش زیستی نیز کاربرد ۳ تکمیل می‌شود. شماره کاربرد ها درست است؟

ب- کاربرد ثبت نتایج آزمایشگاهی

پس از عملیات نمونه‌برداری، نمونه‌ها با رعایت موارد ایمنی و زمان مناسب براساس دستورالعمل‌های تثبیت و نگهداری نمونه‌ها، برای اندازه‌گیری به آزمایشگاه، حمل می‌شوند. در هر عملیات نمونه‌برداری با توجه به نوع پارامترهای مورد نیاز برای سنجش، تعدادی نمونه در ظروف مخصوص خود برداشت می‌شود. در کاربرد ۴ نتایج سنجش هرکدام از پارامترها در یک ایستگاه ثبت می‌شود. پس از ثبت نتایج آزمایش تکنسین و مسوول آزمایشگاه باید نتایج را با ثبت نام و امضا خود تایید کنند.

پ- کاربرگ‌های مربوط به ثبت اطلاعات در کامپیوتر (بانک‌های اطلاعات)

به منظور ثبت اطلاعات در کامپیوتر و بانک‌های اطلاعاتی و همچنین یکسان کردن نحوه ثبت داده‌ها در بانک‌های اطلاعاتی کاربرگ‌هایی تدوین شده است. کاربردهای (۵) تا (۹) مربوط به اطلاعات پایه، مشخصات ایستگاه‌ها و نتایج اندازه‌گیری و آزمایش هستند.

لازم به ذکر است این کاربرگ‌ها در شرکت سهامی مدیریت منابع آب و شرکت‌های سهامی آب منطقه‌ای استفاده می‌شوند ولی قابل تغییر می‌باشد و مناسب برای استفاده در بانک‌های اطلاعاتی است.



کاربرگ ۱-۲- اندازه گیری پارامترهای شیمیایی میدانی

الف - ویژگی‌های سایت

کد ایستگاه:	نام ایستگاه یا منطقه:
نام مشاهده کننده:	نام رودخانه:
مختصات جغرافیایی:	ارتفاع از سطح دریا:

ب - وضعیت نمونه برداری

تاریخ:	ساعت:
--------	-------

توجه: در صورت داشتن نقص فنی تجهیزات اندازه گیری و یا عدم واسنجی از اندازه گیری خودداری کنید.

ج - اندازه گیری

- دمای هوا و آب

میزان دما	واسنجی			تجهیزات		محیط
	وضعیت	مهلت واسنجی	زمان آخرین واسنجی انجام شده	شماره تجهیزات	نام تجهیزات اندازه گیری	
						دمای هوا
						دمای آب

- هدایت الکتریکی

میزان هدایت الکتریکی	واسنجی			تجهیزات	
	وضعیت	مهلت واسنجی	زمان آخرین واسنجی انجام شده	شماره تجهیزات	نام تجهیزات اندازه گیری

- اکسیژن محلول

کنترل واسنجی بعد از اندازه گیری			میزان DO اندازه گیری شده	واسنجی			تجهیزات	
واسنجی	واسنجی	واسنجی		وضعیت واسنجی	وضعیت واسنجی	وضعیت واسنجی	مهلت واسنجی	نام تجهیزات اندازه گیری
استاندارد ۳	استاندارد ۲	استاندارد ۱	استاندارد ۳	استاندارد ۲	استاندارد ۱			

pH -

کنترل واسنجی بعد از اندازه گیری			میزان pH اندازه گیری شده	واسنجی			تجهیزات	
واسنجی	واسنجی	واسنجی		وضعیت واسنجی	وضعیت واسنجی	وضعیت واسنجی	مهلت واسنجی	نام تجهیزات اندازه گیری
استاندارد ۳	استاندارد ۲	استاندارد ۱	استاندارد ۳	استاندارد ۲	استاندارد ۱			



کاربرگ ۱-۳- پایش زیستی

الف - ویژگی‌های سایت

کد ایستگاه:	نام ایستگاه یا منطقه:
نام مشاهده کننده:	نام رودخانه:
مختصات جغرافیایی:	ارتفاع از سطح دریا:

ب - زمان نمونه برداری

تاریخ:	ساعت شروع:	ساعت خاتمه:
--------	------------	-------------

ج - وضعیت نمونه برداری

نوع زیستگاه رودخانه‌ای در محل ایستگاه: (صخره ای، شنی، لجنی، با پوشش گیاهی و . . .):
مساحت دیده بانی شده (متر مربع):

وضعیت هوا:

نوع وضعیت هوا	زمان نمونه برداری	۲۴ ساعت قبل	۷ روز گذشته
صاف			
ابری			
ابری- بارانی			
بارانی			
برفی			
طوفانی			
غیره			

مشاهدات انجام شده:

نام گونه آبزیان	وضعیت تراکم	نام گونه آبزیان	وضعیت تراکم
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱
	۴ ۳ ۲ ۱		۴ ۳ ۲ ۱

۱- وجود ندارد ۲- بندرت و کم ۳- موجود با تعداد زیاد ۴- گونه غالب



کاربرگ ۱-۴- اندازه گیری پارامترهای شیمیایی آزمایشگاهی

الف - نام ایستگاه

کد ایستگاه:	نام ایستگاه یا منطقه:
-------------	-----------------------

ب - زمان وضعیت نمونه برداری

تاریخ:	ساعت:	نام نمونه بردار:
--------	-------	------------------

پ - وضعیت ظروف نمونه برداری

نوع ظرف	کد ظرف	تعداد	نحوه تثبیت	پارامترهای مورد نظر

ت - اندازه گیری آزمایشگاهی

نام پارامتر	کد ظرف	روش آنالیز	نام تجهیزات	وضعیت واسنجی	میزان پارامتر
توضیحات:					

ث - نام و امضا اپراتور و مسوول آزمایشگاه

میزان یعنی تعادل نه مقدار. مقدار اندازه گیری شده به نظرم مناسب تر است.



کاربرگ ۱-۵ منابع آبهای سطحی

..... ماه: حوضه آبریز: استان: سازمان آب منطقه‌ای: سال:

اطلاعات پایه																
روش اندازه‌گیری بده	وضعیت پوشش گیاهی		وضعیت عمومی منطقه	فاصله از ایستگاه قبلی کیلومتر	نوع ایستگاه سنجش	محل اتصال شاخه			طول شاخه متر	درجه شاخه	نام شاخه	مختصات (UTM) ایستگاه			نام ایستگاه سنجش	نقشه
	تراکم	نوع				X	Y	Z				X	Y	Z		
																۱
																۲
																۳
																۴
																۵
																۶
																۷
																۸
																۹
																۱۰

کاربرگ ۱-۶- اطلاعات پارامترهای منابع آب‌های سطحی

اطلاعات نمونه‌برداری																
سایر اطلاعات ضروری و حوادث	تاسیسات بالادست ایستگاه	نام نمونه‌بردار	کاربری رودخانه	وضعیت ظاهری آب	سرعت جریان متر بر ثانیه	بده مترمکعب بر ثانیه	وضعیت جریان	ساعت و تاریخ و ساعت نمونه‌برداری		شیب رودخانه (متر/کیلومتر)	مشخصات رودخانه (متر)		نام ایستگاه سنجش	تاریخ بارش مهم	روز ماه سال	ردیف
								ساعت/دقیقه	روز/ماه/سال		عرض	عمق				
																۱
																۲
																۳
																۴
																۵
																۶
																۷
																۸
																۹
																۱۰

..... ماه

..... حوضه آبریز

..... رودخانه

..... استان

..... سازمان آب منطقه‌ای
..... سال

کاربرگ ۱-۹ - اطلاعات پارامترهای کیفی

..... سال:	 ماه:	 حوضه آبریز:	 رودخانه:	 استان:	 سازمان آب منطقه‌ای:					
راديو اکتیور	تراکم کل اشعه β Pci/l	سموم		فلزات سنگین						پارامترهای میکروبی و زیستی	نام ایستگاه سنجش	شماره			
		آلدین	D. D. T	سرب	جیوه	کرم	کادمیوم	آرسنیک	کلروفیل a				کل فرم کل	کل فرم مدفوعی	
		قسمت در بیلیون	قسمت در بیلیون	میلی گرم بر لیتر	میلی گرم بر لیتر	میلی گرم بر لیتر	میلی گرم بر لیتر	میلی گرم بر لیتر	میلی گرم بر لیتر	میلی گرم بر لیتر	میلی گرم بر لیتر	میلی گرم بر لیتر	میلی گرم بر لیتر		
															۱
															۲
															۳
															۴
															۵
															۶
															۷
															۸
															۹
															۱۰

۱-۵-۱- ایمنی در طی فعالیت میدانی

اطمینان از ایمنی در کارهای میدانی نیاز به شناخت کامل از خطرات بالقوه و آگاهی کامل از مقررات و دستورالعمل‌های توصیه شده دارد. کارمندان درگیر در فعالیت‌های میدانی با خطرات زیادی مانند موارد زیر روبرو هستند:

- تصادف جاده‌ای
- غرق شدن در رودخانه
- تماس بدن با مواد شیمیایی
- تماس با مواد آلوده
- احتمال بیماری‌های ناشی از آب آلوده
- خطر برخورد با حیوانات خطرناک و گزنده
- خطر جراحات ناشی از کار با تجهیزات
- خطر سقوط از ارتفاع در مناطق صعب‌العبور
- جراحات ناشی از لیز خوردن
- خفه شدن در مناطق مردابی و لجن زار
- گرم‌زدگی و سرمازدگی در فصول گرم و سرد

یکی از مهم‌ترین ملاحظات در اجرای برنامه‌های پایش کیفیت آب مساله تضمین سلامت کارمندان با هدف ایجاد شرایطی مطمئن برای پیشگیری از خطر، جراحات و یا از دست دادن افراد و روش برخورد مناسب با خطرات و حوادث می‌باشد.

افرادی که از منطقه یا ایستگاه‌ها بازدید می‌کنند باید وضعیت منطقه را از لحاظ ایمنی بررسی کرده و اطلاعات جدید را در پایگاه اطلاعات و داده‌ها ثبت و برنامه کاری یا دستورالعمل ایمنی کار براساس آن بازنگری شود. قبل از انجام عملیات میدانی در بازدیدهای اولیه باید اطلاعات زیر در مورد امکانات امداد و نجات و شرایط اضطراری، را جمع‌آوری کرده و در کاربرگ‌های مربوط ثبت کرد (تکمیل کاربرگ تلفن‌های اضطراری).

۱-۵-۱-۱- اصول کلی مقابله با خطر

- آگاهی از محیط
- استفاده از ذهن و تجربیات شخصی
- حفظ آرامش



۱-۵-۲- آماده‌سازی کاربرگ‌های اطلاعاتی و تلفن‌های ضروری

۱-۵-۲-۱- موارد عمومی

- استفاده از کاربرگ‌های اطلاعات و فهرست‌ها و کامل کردن آن با استفاده از آخرین اطلاعات (فهرست تجهیزات ایمنی کاربرگ ۱۰).
- حفظ و نگهداری پرونده اطلاعاتی هر ایستگاه که شامل اطلاعات زیر می‌باشد:
 - لیست و اطلاعات ایستگاهها
 - مشخصات و ویژگی‌های سایت (وضعیت خطرات، موقعیت پل‌ها، مسیر کابل‌ها، موقعیت قایق‌ها)
 - موقعیت سایت (نقشه، مسیر دسترسی)
 - موقعیت و شماره تلفن‌های اضطراری، بیمارستان‌ها، اورژانس، پلیس، آتش‌نشانی و غیره (کاربرگ ۱۱)
 - سایر اطلاعات از قبیل مناطق شکار، لباس مناسب
- برنامه زمان‌بندی (ایستگاه‌ها و به همراه زمان تقریبی دسترسی و بازدید و نمونه‌برداری) و نگهداری یک نسخه از آن در نزد همکاران در دفتر.
- داشتن تجهیزات ارتباطی (تلفن همراه و غیره)
- سعی شود همواره در عملیات میدانی، کار به اتفاق همراه انجام شود. برای این منظور تیم‌های متشکل از سه تا چهار نفر مناسب می‌باشد. به علاوه همواره باید موقعیت شخص به سایر اعضا گروه اطلاع داده شود.
- یک طرح ایمنی به اجرا گذارده شود. به این ترتیب که شماره تلفن‌های ضروری همواره باید در دسترس باشد. از سوی دیگر موقعیت نزدیک‌ترین مراکز بهداشتی و نحوه رسیدن سریع به آن‌جا در دسترس باشد. یکی از اعضای گروه به عنوان مسوول جمع‌آوری اطلاعات پزشکی و بهداشتی مربوط به نحوه ارائه کمک‌های اولیه در موارد ضروری، انتخاب گردد.
- در حین کار سعی شود همواره یک جعبه کمک‌های اولیه در دسترس باشد و از وضعیت سلامت هر یک از اعضا تیم کار (مانند ناراحتی‌های قلبی، واکنش‌های آلرژیک در مقابل برخی از گیاهان، نیش زنبور و...) اطلاع دقیقی کسب گردد.
- به پیش‌بینی وضع هوا توجه کافی مبذول شود و افراد هرگز در شرایط آب و هوایی که احتمال طغیان رودخانه وجود دارد برای نمونه‌برداری وارد رودخانه نشوند و در صورت نیاز به نمونه‌برداری، براساس روش نمونه‌برداری در شرایط سیلاب اقدام گردد.
- در آب‌های خروشان افراد هرگز برای نمونه‌برداری وارد رودخانه نشوند. در چنین شرایطی از پل‌های ارتباطی یا پل‌های تلفریک با استفاده از دستگاه‌های نمونه‌برداری استفاده شود. در چنین مواردی افراد هرگز از رودخانه‌های با جریان تند و با عمق بالاتر از زانو عبور نکنند. همواره در هنگام نمونه‌برداری از وسایل ایمنی چکمه و جلیقه نجات استفاده شود. در آب‌هایی که حاصل ضرب عمق رودخانه در سرعت جریان آب، بیش از ۳ مترمربع در ثانیه می‌باشد نباید وارد شد، زیرا خطرناک است.
- برخی از اشیاء مانند کیف دستی و کلیدها در جای مطمئن حمل شوند (مانند کیف‌های کمربند) زیرا بی‌احتیاطی در این مورد می‌تواند باعث سقوط این اشیاء به داخل رودخانه شود.



- افراد تیم برای نمونه‌برداری هرگز به محدوده خصوصی سایر افراد بدون اجازه آنها وارد نشود. برای این منظور بهتر است ضمن همراه داشتن کارت شناسایی تا حد امکان از نواحی با دسترسی عمومی مانند زیر پل‌ها یا تقاطع جاده‌ها اقدام به نمونه‌برداری کنند (در زمان انتخاب ایستگاه‌ها باید توجه داشت که ایستگاه‌های نمونه‌برداری را خارج از محدوده‌های خصوصی انتخاب کرد و در صورت نیاز به انتخاب ایستگاه در محدوده‌های خصوصی هماهنگی‌های لازم انجام شود).
- افراد تیم با استفاده از نقشه‌های دستی یا GPS اطمینان حاصل کنند که در محل صحیح برای نمونه‌برداری حضور دارند.
- افراد همواره مراقب حمله حیوانات وحشی، سگ‌های‌هار، زنبورگزیدگی و مارگزیدگی باشند. از نوع اقداماتی که باید در هنگام بروز چنین حوادثی انجام شود آگاهی کافی کسب کنند.
- هرگز از آب رودخانه برای آشامیدن استفاده نشود. برای این منظور قبل از شروع به کار آب کافی به‌همراه داشته و از آن استفاده شود. بعد از پایان عملیات دست‌ها با صابون خوب شسته شود.
- از آن‌جا که تماس بدن با آب‌های بسیار آلوده می‌تواند خطرناک باشد لذا قبل از نمونه‌برداری از چنین محل‌هایی، هماهنگی لازم با مسوول گروه به عمل آید.
- افراد در هنگام نمونه‌برداری از رودخانه‌هایی که دارای سواحل فرسایش‌پذیر هستند دقت کافی داشته و از هرگونه بی‌دقتی در هنگام نمونه‌برداری که باعث سقوط به درون رودخانه شود، پرهیز کنند.
- در مواردی که نمونه‌بردار برای نمونه‌برداری ناچار به ورود به درون رودخانه است باید نهایت دقت را داشته باشد. رودخانه‌های با بستر سنگی همواره پر خطر هستند. از سوی دیگر رودخانه‌های با بستر گلی نیز می‌توانند باعث به دام انداختن فرد در نواحی با عمق زیاد شوند. در چنین مواردی همواره فرد همراه نمونه‌بردار در ساحل رودخانه باید برای کمک به نمونه‌بردار در موارد اضطراری مانند سقوط به درون رودخانه آمادگی داشته باشد.
- این‌که نمونه‌بردار در هر مرحله از نمونه‌برداری که در ارتباط با خود یا محیط اطرافش احساس خطر کرد باید عملیات را متوقف کرده و محل را ترک نماید. نمونه‌بردار باید بداند که سلامتی وی به هر کار و موضوعی اولویت دارد.
- در ایستگاه‌هایی که در پایاب سد یا هرگونه سازه‌های آبی می‌باشند حتما قبل از شروع کار، هماهنگی با مسوول سد و دریچه‌ها انجام شود.
- افراد تیم در زمان کار در آب مراقب اجسام شناور مانند کنده درخت، گیاهان آبی، الوار و قایق‌ها باشد.



کاربرگ ۱-۱۰- فهرست تجهیزات ایمنی

وضعیت		عنوان	ردیف
NO	OK		
لوازم حفاظت فردی			
		جلیقه نجات	۱
		دستکش	۲
		چکمه کوتاه	۳
		چکمه بلند	۴
		کفش ایمنی (کوه پیمایی)	۵
		کلاه	۶
		بارانی	۷
		عینک آفتابی	۸
		لباس گرم یا خنک	۹
تجهیزات عمومی			
		طناب نجات	۱۰
		نقشه مسیر	۱۱
		فهرست تلفن‌های اضطراری	۱۲
		تلفن همراه یا بی سیم	۱۳
		کپسول آتش نشانی	۱۴
		جعبه کمک‌های اولیه	۱۵
		جعبه ابزار	۱۶
		چراغ قوه با باتری	۱۷
		کبریت یا فندک	۱۸
		قطب نما یا GPS	۱۹
		سوت	۲۰
		آب یا نوشیدنی	۲۱
		مواد غذایی خشک مقوی و کنسرو	۲۲
		پتو	۲۳
		رادیو	۲۴



کاربرگ ۱-۱۱- تلفن‌های اضطراری

- کارمندان

نام	شماره تلفن منزل	شماره تلفن محل کار
نام	شماره تلفن منزل	شماره تلفن محل کار
نام	شماره تلفن منزل	شماره تلفن محل کار

- شرکت آب منطقه‌ای

نام و شماره تلفن دفتر آب منطقه‌ای مورد مطالعه

- جهاد کشاورزی استان

نام و شماره تلفن جهاد کشاورزی استان
نام و شماره تلفن جهاد کشاورزی شهرستان
آدرس

- تلفن‌های اضطراری

نام بیمارستان: شماره تلفن:
آدرس:

نام درمانگاه: شماره تلفن:
آدرس:

نام ایستگاه پلیس: شماره تلفن:
آدرس:

نام آتش نشانی: شماره تلفن:
آدرس:

نام مرکز هلال احمر: شماره تلفن:
آدرس:



۱-۵-۲-۲- استفاده از مواد شیمیایی

- باید قبل از کار با مواد شیمیایی، برگه اطلاعات ایمنی مواد^۱ (MSDS) را تهیه و در اختیار کاربران مواد شیمیایی قرار داده و کاربران باید نسبت به این دستورالعمل‌ها آگاهی کافی داشته باشند.
- کاربران در زمان کار با مواد شیمیایی باید از لوازم حفاظت فردی مانند دستکش، عینک و سایر موارد عنوان شده براساس برگه اطلاعات ایمنی مواد (MSDS) آگاهی کافی داشته باشند.
- از تخلیه و ریزش غیرضروری مواد خودداری شود و باقیمانده مواد شیمیایی به صورت مطمئن پاک یا جمع‌آوری شود.
- در صورتی که در داخل ساختمان با مواد شیمیایی کار می‌شود، از وجود تهویه مناسب قبل از کار با مواد شیمیایی اطمینان حاصل شود.
- قبل از وارد شدن به محل نمونه‌برداری، اطلاعات کافی در خصوص تجهیزات، دستورالعمل‌ها و روش‌های نمونه‌برداری وجود داشته باشد. قبل از شروع کار تجهیزات پاک و برچسب‌ها نیز آماده شود.
- تجهیزات و مواد شیمیایی از کودکان دور نگه داشته شود. بسیاری از مواد شیمیایی که در پایش استفاده می‌شوند، سمی هستند. شماره تلفن مرکز تهیه مواد شیمیایی در جعبه کمک‌های اولیه باشد.
- از تماس مواد شیمیایی با پوست، چشم، بینی، و دهان خودداری شود. به‌هنگام تکان دادن نمونه هرگز از انگشت برای بستن بطری نمونه استفاده نشود. در زمان کار با مواد شیمیایی از دستکش‌های ایمنی استفاده شود.
- از روش‌های نگهداری و پاکسازی و دفع مواد شیمیایی آگاهی کافی وجود داشته باشد.
- از دماسنج‌های جیوه‌ای برای فعالیت‌های میدانی استفاده نشود.

۱-۵-۲-۳- استفاده از قایق

- قبل از سفر با قایق باید از شرایط آب و هوایی مطمئن شده و همچنین در مصب رودخانه‌های بزرگ جریان جزر و مد را در نظر گرفت.
- برای عملیات با قایق و شناور باید یک برنامه مشخص و جدول زمان‌بندی وجود داشته باشد. این برنامه شامل موارد زیر است:
 - تاریخ و هدف سفر
 - نام قایقران و مسافران
 - مقاصد و مسیر حرکت
 - زمان خروج و برآورد زمان بازگشت
 - نوع قایق و طول آن.
- قایق و شناور مورد استفاده باید دارای جعبه کمک‌های اولیه، چراغ قوه، طناب، تلفن همراه یا بی‌سیم و کپسول آتش‌نشانی باشد.
- کلیه افراد باید از جلیقه نجات استفاده کنند. در زمان استفاده از قایق از چکمه‌های بلند استفاده کنند.
- کارمندان درگیر باید آموزش‌های امداد و نجات مربوط به قایقرانی را طی کرده باشند.

¹ Material safety data sheet



- در صورت طوفان و شرایط جوی نامناسب سریعاً باید به ساحل رودخانه برگشت.
- در صورتی که افراد از قایق به داخل آب افتادند، وحشت نکنند.

۱-۵-۲-۴- کار بر روی پل ها

- از چراغ راهنمایی، تابلوهای ترافیک و زنجیر (برای بستن پل) برای هشدار به رانندگان استفاده شود.
- اطمینان از ایمنی و سلامت پل ها قبل از استفاده از آنها
- در زمان کار با جرثقیل و کابل، وجود وسیله مناسب برای بریدن کابل ضروری می باشد.
- افراد باید از جلیقه نجات و وسایل حفاظت فردی مناسب استفاده کنند.

۱-۵-۲-۵- استفاده از مسیرهای کابلی

- قبل از استفاده از مسیرهای کابلی، باید بازرسی های ظاهری انجام شود.
- باید از جلیقه نجات، کلاه ایمنی و دستکش های کار استفاده کرد.

۱-۵-۲-۶- آموزش

- افرادی که به عنوان راننده فعالیت می کنند، باید آموزش کافی داشته و گواهینامه رانندگی مربوط را نیز دارا باشند.
- بهتر است کلیه افراد تیم اجرایی، آموزش دوره امداد و نجات را دیده باشند.
- در صورت استفاده از تجهیزات خطرناک، افراد تیم باید آموزش مربوط را دیده باشند.

۱-۵-۲-۷- حمل و نقل

- از وسایل نقلیه متفاوت برای دسترسی به موقعیت ایستگاه ها استفاده می شود که باید افراد استفاده کننده این وسایل، آموزش های لازم را در خصوص بهره برداری و نگهداری وسایل گذرانده و در حدامکان گواهینامه مربوط را اخذ کرده باشند. موارد زیر را نیز باید در زمان استفاده از حمل و نقل رعایت کنند.
- بازرسی وسایل نقلیه قبل از استفاده از آن
- بستن بارهای اضافی به صورت مطمئن
- استفاده از کمر بند ایمنی
- رعایت کلیه مقررات راهنمایی و رانندگی
- در صورت استفاده از کاروان، باید بار وسیله نقلیه در حد ظرفیت آن باشد و از طریق رابط ثابت به وسیله نقلیه متصل باشد.



۱-۶- دستورالعمل نحوه بهره‌برداری و نگهداری، ایمنی تجهیزات و وسایل نمونه‌برداری و

آزمایش

۱-۶-۱- نحوه بهره‌برداری و نگهداری از تجهیزات و دستگاه‌های نمونه‌برداری و آزمایش

هر کدام از تجهیزات و دستگاه‌های نمونه‌برداری و آزمایش دارای دستورالعمل‌های بهره‌برداری و نگهداری می‌باشند. در این دستورالعمل‌ها کلیه موارد و ملاحظات که باید در نظر گرفته شود، بیان گردیده است. این دستورالعمل‌ها اغلب توسط شرکت‌های سازنده این تجهیزات یا آزمایشگاه‌های معتبر تدوین می‌شوند و به همراه تجهیزات به مصرف‌کننده ارائه می‌شود. لذا بیان نحوه بهره‌برداری، نگهداری تجهیزات در این دستورالعمل لازم نبوده و لیکن باید بیان کرد که در برنامه پایش کیفیت آب، فهرست تجهیزات مورد استفاده به همراه دستورالعمل‌ها و روش‌های بهره‌برداری، نگهداری و اسنچی آن مشخص شده و این دستورالعمل‌ها اجرا و نتایج آن ثبت شود.

۱-۶-۲- نحوه اسنچی تجهیزات و دستگاه‌های سنجش پارامترها

یکی از موضوع‌های اساسی در اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب، انجام اسنچی تجهیزات می‌باشد به عبارتی انجام اندازه‌گیری بدون اسنچی تجهیزات اندازه‌گیری بی معنی بوده و باید از آن خودداری کرد. برای انجام اسنچی تجهیزات باید اقدامات زیر انجام شود:

- دستورالعمل‌های نحوه اسنچی تجهیزات اندازه‌گیری (مستقیم یا آزمایشگاهی) از تأمین‌کنندگان یا سازندگان تجهیزات دریافت و به عنوان دستورالعمل‌های کنترلی کیفی^۱ (QC) شماره‌گذاری و ثبت شود. این دستورالعمل‌ها باید به‌گونه‌ای تدوین و نگهداری شود که برای استفاده‌کنندگان از تجهیزات مشخص، شفاف و در دسترس باشد.
- تجهیزات اندازه‌گیری که در عملیات میدانی استفاده می‌شوند و به صورت مستقیم اندازه‌گیری می‌کنند باید قبل از عزیمت به منطقه اسنچی شوند. همچنین در صورت امکان اسنچی این گونه تجهیزات در منطقه می‌توان وسایل و مواد مورد نیاز برای اسنچی را به همراه دستورالعمل مربوط در عملیات میدانی به همراه داشت تا در صورت مشاهدات غیرمنطقی از نتایج اندازه‌گیری، اسنچی انجام شود.
- در هر بار اندازه‌گیری باید انجام اسنچی، زمان و مهلت اسنچی تجهیزات در کاربرد مربوط ثبت شود.
- هر کدام از تجهیزات باید کاربرد شناسایی داشته باشند که در آزمایشگاه به همراه دستورالعمل‌های بهره‌برداری، نگهداری و اسنچی، نگهداری می‌شوند. پس از هر عملیات میدانی وضعیت اسنچی و یا مسایل و موضوع‌هایی که برای تجهیز مذکور در هر عملیات میدانی اتفاق افتاده در این کاربرد شناسایی ثبت می‌شود.
- استفاده‌کنندگان باید قبل از استفاده از تجهیزات، کاربرد شناسایی آن را بررسی کنند و از وضعیت آن آگاهی کامل داشته باشند.

¹ Quality control



۱-۶-۳- نیروی تخصصی و امکانات مورد نیاز

- استفاده‌کنندگان از تجهیزات باید آگاهی و توانایی کامل در خصوص بهره‌برداری، نگهداری و واسنجی تجهیزات را داشته باشند و از استفاده تجهیزات اندازه‌گیری، نمونه‌برداری و یا آزمایشگاهی توسط افراد غیرمتخصص باید خودداری کرد. برای کنترل استفاده از این تجهیزات توسط افراد متخصص می‌توان اقدامات زیر را انجام داد:
- افراد آموزش‌های لازم را در خصوص بهره‌برداری، نگهداری، واسنجی و تعمیر تجهیزات، توسط تأمین‌کنندگان یا افراد متخصص که توانایی آموزش را داشته باشند فرا گرفته و پس از اطمینان از آگاهی این افراد، گواهینامه‌ای برای این افراد در خصوص استفاده از تجهیزات مورد نظر صادر شود.
 - مسوول آزمایشگاه، تجهیزات را فقط در اختیار افرادی قرار دهد که گواهینامه استفاده از آن تجهیزات را کسب کرده‌اند و فهرست آنها در اختیار مسوول آزمایشگاه قرار گرفته است.

فصل ۲

آنالیز کیفی آب و فاضلاب



۲-۱- آزمایش‌ها شیمیایی آب و فاضلاب

۲-۱-۱- روش اندازه‌گیری یون بی‌کربنات در آب

اصول کلی:

قلیائیت آب بر اثر وجود یکی از ترکیبات کربنات، بی‌کربنات و هیدروکسیدها حاصل می‌گردد. معرف متیل اورانژ با این سه ترکیب شده و ایجاد رنگ زرد می‌کند. رنگ زرد حاصله پس از تیتراژ شدن با اسید و پایین آمدن pH محیط تغییر کرده و به رنگ گلبهی در می‌آید. در واقع اولین لحظه تغییر رنگ دائمی از زرد به گلبهی نقطه تیتراژ می‌باشد و در اینجاست که باید تیتراژ را متوقف نمود.

لوازم مورد نیاز:

۱- بورت

۲- مزور ۲۵ میلی‌لیتری

۳- ارلن شیشه‌ای ۵۰ میلی‌لیتری

۴- قطره چکان

مواد شیمیایی مورد نیاز:

۱- معرف متیل اورانژ: ۰/۰۱ گرم متیل اورانژ را در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل کنید.

۲- اسید سولفوریک نرمال: N میلی‌لیتر (بسته به خلوص اسید محاسبه می‌گردد) از اسید سولفوریک غلیظ را به حجم ۱۰۰۰ برسانید.

$$N = M / (2 \times P)$$

که در آن:

N = حجم اسید غلیظ مورد نیاز؛ M = گرم در مول اسید؛ P = چگالی اسید.

حجم اسید غلیظ مورد نیاز جهت تهیه اسید سولفوریک نرمال به درصد خلوص اسید غلیظ موجود و چگالی آن وابسته بوده و باید محاسبه شود.

۳- اسید سولفوریک N/۴۰: ۲۵ میلی‌لیتر از اسید سولفوریک نرمال را برداشته و با آب مقطر به حجم یک لیتر برسانید.

روش کار:

۲۵ میلی‌لیتر از آب مورد آزمایش را داخل ارلن ۵۰ ریخته و به آن ۵ قطره معرف متیل اورانژ اضافه کنید (نمونه زرد رنگ می‌شود). سپس نمونه را با اسید سولفوریک N/۴۰ تیتراژ کنید. تیتراژ را تا جایی ادامه دهید که رنگ نمونه از زرد به گل‌بهی یا نارنجی پوست پیازی تبدیل شود. لحظه تغییر رنگ دائمی همان نقطه پایان تیتراژ می‌باشد. مقدار اسید مصرفی را یادداشت کنید.

محاسبات:



۱- بر حسب میلی‌اکی‌والان در لیتر:

عدد قرائت شده = $\text{HCO}_3 \text{ (meq/L)}$

۲- بر حسب میلی‌گرم در لیتر:

$\text{HCO}_3(\text{ppm}) = 61.01 \times \text{HCO}_3(\text{meq/L})$

مراجع: (2, 12).



۲-۱-۲- اندازه‌گیری pH در آب

اصول کلی:

pH بر اساس میزان فعالیت یون H^+ در آب و توسط دستگاه pH متر اندازه‌گیری می‌شود.

وسائل مورد نیاز:

۱- دستگاه pH متر

مواد شیمیایی مورد نیاز:

ندارد.

روش کار:

برای قرائت pH، آبی را که به تازگی نمونه برداری شده داخل کاپ کاملاً تمیز ریخته و نمونه را زیر دستگاه pH متر قرار دهید و pH آب را اندازه‌گیری کنید. توجه کنید که قبل از قرائت، دستگاه را توسط بافرهای موجود کالیبره کرده باشید. اندازه‌گیری pH را تا ثابت شدن عدد ادامه دهید به طوری که عدد قرائت شده حداقل در دو تکرار متوالی یکسان باشد. در این زمان می‌توان عدد قرائت شده ثابت را به عنوان pH نمونه در نظر گرفته و یادداشت نمود. نکته: در صورتیکه عدد قرائت شده برای pH نمونه در تکرارهای متوالی متفاوت باشد باید این عمل را تا جایی ادامه داد که عدد قرائت شده در ۳ تکرار متوالی به یکدیگر بسیار نزدیک باشند، در این صورت می‌توان بین سه قرائت مشابه متوالی میانگین‌گیری نموده و عدد میانگین را به عنوان pH نمونه گزارش نمود. مراجع: (2, 12).

۲-۱-۳- اندازه‌گیری EC در آب

اصول کلی:

شوری آب بر حسب هدایت الکتریکی و توسط دستگاه شوری سنج (EC meter) اندازه‌گیری شده و بر حسب واحدهایی چون میکروموس بر سانتی‌متر، میلی‌زیمنس بر متر یا دسی‌زیمنس بر سانتی‌متر و..... گزارش می‌گردد.

وسائل مورد نیاز:

۱- دستگاه EC متر

روش کار:

برای قرائت EC، آبی را که به تازگی نمونه برداری شده داخل کاپ کاملاً تمیز ریخته و نمونه را زیر دستگاه EC متر کالیبره شده قرار داده و پس از ثابت شدن عدد دستگاه، مقدار شوری آب را یادداشت نمایید. نکته: معمولاً شوری نمونه‌های آب را بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر گزارش می‌دهند. مراجع: (2, 12).

۲-۱-۴- اندازه‌گیری یون سولفات در نمونه آب (روش کدورت سنجی)



اصول کلی:

در این روش اندازه‌گیری یون سولفات بر اساس کدورت سنجی و توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر انجام می‌شود. اسید کلریدریک غلیظ به منظور افزایش انحلال سولفات به نمونه‌ها اضافه می‌شود. سولفات موجود در عصاره با یون باریم طبق واکنش زیر ترکیب شده و رسوب سولفات باریم تشکیل می‌گردد:



لوازم مورد نیاز:

- ۱- سانتریفیوژ
- ۲- لوله پلی اتیلنی ۵۰ میلی لیتری
- ۳- مزور ۲۵ میلی لیتری
- ۴- پیپت ۱۰ میلی لیتری
- ۵- شیکر
- ۶- آون
- ۷- EC متر
- ۸- ظروف پلی اتیلن ۲۵۰ میلی لیتری

مواد شیمیایی مورد نیاز:

- ۱- سولفات پتاسیم: مقدار ۱/۸۱۲۵ گرم از سولفات پتاسیم را وزن کرده و در بالن یک لیتری به وسیله آب مقطر به حجم برسانید. به این ترتیب محلول استاندارد ۲۰۰ پی پی ام سولفات به دست می‌آید.
- ۲- سری محلول‌های استاندارد: مقدار ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ میلی لیتر از محلول استاندارد ۲۰۰ پی پی ام را به درون بالن‌های ۱۰۰ میلی لیتری پی پت کنید و به هرکدام از آنها ۱ میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ و ۱۰ میلی لیتر کلرور باریم ۵٪ اضافه کنید. سپس محلول‌ها را با آب مقطر به حجم برسانید. محلول‌های استاندارد حاصل به ترتیب حاوی مقادیر ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ پی پی ام سولفات می‌باشند.
- ۳- اسید کلریدریک غلیظ
- ۴- کلرور باریم ۵٪

روش کار:

دستگاه اسپکتروفوتومتر را بر روی طول موج ۴۲۰ نانومتر تنظیم نمایید. صفر دستگاه را توسط محلول شاهد تنظیم کرده و سری محلول‌های استاندارد را به دستگاه بدهید و جذب هر یک را جهت تهیه منحنی کالیبراسیون یادداشت نمایید. مقدار ۵ میلی لیتر از نمونه آب را به درون یک بالن ۱۰۰ میلی لیتری پی پت کرده و به آن ۱۰ میلی لیتر کلرور باریم ۵٪ و ۱ میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ اضافه نمایید و سپس نمونه را با آب مقطر به حجم ۱۰۰ برسانید. سل دستگاه را با محلول آماده سازی شده پر کرده و میزان جذب نمونه‌ها را قرائت کنید.

نکته: محلول شاهد ۱۰ میلی لیتر کلرور باریم ۵٪ و ۱ میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ است که با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شده است.

محاسبات:



با داشتن میزان جذب برای نمونه و انطباق آن بر روی منحنی استاندارد (کالیبراسیون)، که بر اساس رابطه بین میزان جذب و غلظت استانداردها رسم شده است، می‌توان غلظت سولفات در نمونه را بر حسب پی پی ام به دست آورد. عدد به دست آمده از منحنی \times ضریب رقت $\times 20 =$ غلظت سولفات بر حسب پی پی ام
مراجع: (2, 12).

۲-۱-۵- اندازه‌گیری یون سولفات در نمونه آب (روش هدایت الکتریکی)

اصول کلی:

در این روش اندازه‌گیری یون سولفات بر اساس اندازه‌گیری هدایت الکتریکی محلول و در واقع رابطه بین مقدار یون سولفات در نمونه و هدایت الکتریکی آن انجام می‌شود.

وسایل مورد نیاز:

- ۱- سانتریفیوژ
- ۲- لوله پلی اتیلنی ۵۰ میلی لیتری
- ۳- مزور ۲۵ میلی لیتری
- ۴- پیپت ۱۰ میلی لیتری
- ۵- شیکر
- ۶- آون
- ۷- EC متر
- ۸- ظروف پلی اتیلن ۲۵۰ میلی لیتری

مواد شیمیایی مورد نیاز:

۱- سولفات کلسیم $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: مقادیر ۰/۰۸۶۱، ۰/۱۷۲۲، ۰/۴۳۰۵، ۰/۸۶۱ و ۱/۷۲۲ گرم گچ را با دقت وزن کرده و در بالن‌های ۱۰۰۰ میلی لیتری به حجم برسانید. این محلول‌ها به ترتیب شامل ۱، ۲، ۵، ۱۰ و ۲۰ میلی‌اکی والان در لیتر گچ می‌باشند. هدایت الکتریکی این محلول‌ها به ترتیب ۰/۱۲۱، ۰/۲۲۶، ۰/۵۰۰، ۰/۹۰۰ و ۱/۵۸۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر می‌باشد.

۲- استن مرک

۳- آب مقطر



روش کار:

۲۰ میلی‌لیتر از نمونه اصلی آب را در لوله ۵۰ میلی‌لیتری (تیوپ سانتریفوژ) بریزید و ۲۰ سی سی استن به آن اضافه کنید. نمونه را ۵ دقیقه شیکر کنید و سپس آن را به مدت ۱۰ دقیقه به حال خود بگذارید تا رسوب کامل تشکیل شود. سپس در سانتریفوژ و در دور ۲۰۰۰ به مدت ۵ دقیقه قرار داده و سانتریفوژ نمایید. مایع رویی را با دقت کامل تخلیه نمایید (به طوریکه گچ تخلیه نشود). سپس مقدار ۱۰ میلی‌لیتر استن را طوری به تیوپ اضافه کنید که رسوب اطراف تیوپ با آن شسته شود و نمونه را به مدت ۵ دقیقه شیکر کنید و بعد از آن ۱۰ دقیقه به حال خود بگذارید تا رسوب کاملاً تشکیل شود، سپس در سانتریفوژ و در دور ۲۰۰۰ به مدت ۵ دقیقه قرار داده و سانتریفوژ نمایید. پس از اتمام سانتریفوژ مایع رویی را به آرامی دور بریزید و تیوپ را در آن در حرارت ۵۰ درجه قرار دهید تا تمامی استن تبخیر شده و نمونه خشک شود (دقت کنید که درب آن نباید بسته شود بلکه باید به حالت نیمه باز باشد). بعد از خشک شدن نمونه و تبخیر کامل استون، مقدار ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر را به رسوب تشکیل شده در ته تیوپ اضافه کنید، درب تیوپ را بسته و آنرا خوب به هم بزنید به طوریکه کلیه رسوبات در آب مقطر حل شوند و رسوبی در تیوپ مشاهده نشود. سپس هدایت الکتریکی استانداردها و نمونه را با دستگاه هدایت سنج قرائت کنید. با توجه به اینکه غلظت گچ در نمونه‌های استاندارد معلوم می‌باشد، با داشتن هدایت الکتریکی استانداردها می‌توان منحنی رسم نمود که یکی از محورهای آن هدایت الکتریکی استانداردها و محور دیگر آن غلظت سولفات کلسیم بر حسب میلی‌اکی والان باشد.

محاسبات:

با داشتن هدایت الکتریکی نمونه و انطباق آن بر روی منحنی استاندارد می‌توان غلظت سولفات در نمونه را بر حسب میلی‌اکی والان گچ به دست آورد. اگر عدد به دست آمده را در $۴۸/۰۳$ کنید، غلظت سولفات بر حسب ppm به دست می‌آید.

مراجع: (2, 12).



۲-۱-۶- اندازه‌گیری سدیم آب

اصول کلی:

شعله فلیم فتومتر نمونه مایع (آب، عصاره اشباع خاک، محلول هیدروپونیک) را به صورت بخار در می‌آورد. سدیم‌های موجود در عصاره اتمیزه گشته (یعنی به صورت اتم تغییر حالت می‌دهند) و مقداری اشعه از آنها منتشر می‌گردد که شدت این انتشار با کمک فیلتر سدیم دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری می‌شود.

وسائل مورد نیاز:

۱- بالن ژوژه

۲- پیپت

۳- دستگاه فلیم فتومتر

معرف‌های شیمیایی مورد نیاز:

۱- استاندارد ۱۰۰ میلی‌اکی والان در لیتر سدیم: حدود ۵/۸۴۵ گرم از کلرور سدیم خشک شده را توزین کرده و در بالن به حجم یک لیتر برسانید (وزن یک اکی والان سدیم = ۵۸/۴۵ گرم می‌باشد).

۲- استاندارد ۱۰ میلی‌اکی والان در لیتر سدیم: ۲۵ میلی‌لیتر از محلول ۱۰۰ میلی‌اکی والان در لیتر را در بالن ۲۵۰ میلی‌لیتری به حجم برسانید.

۳- سری محلول‌های استاندارد سدیم: ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۱۷۵، ۲۰۰ میلی‌لیتر از استاندارد ۱۰ میلی‌اکی والان در لیتر را در بالن ۱۰۰ به حجم برسانید محلول‌ها به ترتیب حاوی ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱/۰۰، ۱/۲۵، ۱/۵۰، ۱/۷۵ و ۲/۰۰ میلی‌اکی والان در لیتر سدیم خواهد بود.

روش کار:

پس از روشن کردن و تنظیم دستگاه (تنظیم دستگاه شامل صفر کردن آن به وسیله آب مقطر و قرائت اعداد مربوط به استانداردها جهت تهیه منحنی کالیبراسیون می‌باشد)، نمونه آب را به دستگاه داده و عدد قرائت شده را یادداشت نمایید. سپس عدد را بر روی نمودار کالیبراسیون برده و میلی‌اکی والان سدیم را از روی نمودار به دست آورید.

نکته ۱: در صورتیکه عدد قرائت شده برای نمونه از عدد قرائت شده برای بزرگترین استاندارد بیشتر باشد، باید آب را با استفاده از آب مقطر رقیق نموده و به دستگاه بدهید و در نهایت ضریب رقت را در عدد به دست آمده از نمودار تأثیر دهید.

نکته ۲: توجه داشته باشید که رقت لازم برای هر نمونه را می‌توان با توجه به EC آن نمونه تخمین زده و تهیه نمود.

محاسبات:

۱- بر حسب میلی‌اکی والان در لیتر:

$$\text{Na (meq/L)} = (A \times B)$$

که در آن:

A = عدد به دست آمده از نمودار؛ B = ضریب رقت؛ Na = غلظت سدیم بر حسب میلی‌اکی والان در لیتر.

۲- بر حسب میلی‌گرم در لیتر:



$$\text{Na (ppm)} = 23 \times \text{Na (meq/L)}$$

مراجع: (2, 12).

۲-۱-۷- اندازه‌گیری کلر در آب

اصول کلی:

کلر در آب به صورت کلرورهای قلیائی و قلیائی خاکی وجود دارد. در این روش (ولومتری) کلرور در محیط غیر قلیایی با نیترات نقره واکنش داده و تشکیل کلرور نقره می‌دهد. (در محیط قلیایی قبل از تشکیل کلرور نقره هیدروکسید نقره تشکیل می‌شود). کلرور نقره در مجاورت اندیکاتور کرومات پتاسیم و نقطه تعادل با آن، رسوب سخت کرومات نقره با رنگ قرمز را ایجاد می‌نماید. بنابراین نقطه پایانی تیترا لحظه تغییر رنگ دائمی نمونه از رنگ زرد به رنگ قرمز (نارنجی) می‌باشد.

لوازم مورد نیاز:

- ۱- بورت
- ۲- مزور ۲۵ میلی‌لیتری
- ۳- قطره چکان
- ۴- ارلن شیشه‌ای ۵۰ میلی‌لیتری

مواد شیمیایی مورد نیاز:

- ۱- معرف کرومات پتاسیم:

۰/۵ گرم از کرومات پتاسیم را توزین کرده و حدود ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه کنید، محلول را هم زده تا کاملاً حل شود. چند قطره نیترات نقره نرمال به آن اضافه کنید تا حدی که با افزایش یک قطره تولید رنگ نارنجی مداوم و دائمی شود. محلول را به حال خود رها کرده و پس از چند ساعت آن را صاف کنید. سپس حجم محلول صاف شده را با آب مقطر به صد میلی‌لیتر برسانید.

۲ - محلول استاندارد نیترات نقره $N/40$:

۴/۲۴۷۲ گرم نیترات نقره خالص را توزین کرده و در بالن ژوژه یک لیتری با آب مقطر به حجم برسانید.

روش کار:

۲۵ میلی‌لیتر از آب مورد آزمایش را در ارلن ۵۰ بریزید و به آن ۵ قطره معرف کرومات پتاسیم اضافه کنید. در اثر اضافه نمودن معرف رنگ نمونه زرد می‌گردد. سپس نمونه را با نیترات نقره $N/40$ تیترا کنید تا رنگ زرد به شیری و در پایان به قرمز کمرنگ (نارنجی) با رسوب تبدیل شود. میزان نیترات نقره مصرفی یادداشت گردد.



محاسبات:

۱- بر حسب میلی‌اکی‌والان در لیتر:

$$\text{Cl (meq/L)} = \text{عدد تیتراسیون}$$

۲- بر حسب میلی‌گرم در لیتر:

$$\text{Cl (ppm)} = 35/46 \times \text{Cl (meq/L)}$$

مراجع: (2, 12).

۸-۱-۲ روش اندازه‌گیری کلسیم در آب

اصول کلی:

در تیتراسیون‌های کمپلکسومتری آمینو اسیدهای پلی‌کاربوکسیلیک بهترین دارو در آنالیز بوده و دقیق‌ترین و ارزانترین آنها E.D.T.A می‌باشد. جهت تشکیل چنین کمپلکسی pH محیط باید قلیایی باشد که با افزودن بافر آمونیاکی این امر تحقق می‌یابد. در چنین محیط قلیایی با استفاده از اندیکاتور فلز قلیایی مناسب می‌توان مقدار آن فلز را تعیین نمود. همانطور که می‌دانیم فلز مس نیز با E.D.T.A تشکیل کمپلکس می‌دهد و در نتیجه می‌تواند در اندازه‌گیری کلسیم ایجاد مزاحمت نماید، لذا جهت رفع این مزاحمت از سود استفاده می‌شود زیرا سود کمپلکس پایدارتری با مس تشکیل می‌دهد و در نتیجه مانع از ایجاد مزاحمت مس در اندازه‌گیری کلسیم می‌گردد.

وسایل مورد نیاز:

۱- پیپت سرنگی

۲- بورت

۳- ارلن شیشه‌ای ۵۰ میلی‌لیتری

۴- مزور ۲۵ میلی‌لیتری

مواد شیمیایی مورد نیاز:

۱ - بافر آمونیاکی: ۶۷/۵ گرم نشادر کلرید آمونیوم را در ۵۷۰ میلی‌لیتر آمونیاک غلیظ وارد کرده و آن را به حجم یک لیتر برسانید.

۲ - سود ۴ مول: ۴۰ گرم سود را درون بشر شیشه‌ای ریخته و ۲۰۰ سی‌سی آب مقطر به آن اضافه کنید، بعد از حل شدن کامل در بالن ۲۵۰ میلی‌لیتری با آب مقطر به حجم برسانید.

۳ - پودر موراکساید: ۰/۵ گرم آمونیوم پورپورات را با ۱۰۰ گرم پودر سولفات پتاسیم درون‌هاون خوب بسائید تا یکنواخت شود و سپس در ظرف در بسته و در مکان خشک نگهداری کنید.

۴ - EDTA ۳/۷۲۲۵ N/۴۰: ۳/۷۲۲۵ گرم از نمک دی‌سدیک اتیلن دی‌آمینو تترا استیک اسید (EDTA) را به دقت توزین کرده و در بالن ژوژه یک لیتری به حجم برسانید.

روش کار:



۲۰ سی سی از نمونه آب مورد آزمایش را داخل ارلن ۵۰ ریخته و به آن ۱ سی سی بافر آمونیاکی و ۲ سی سی سود ۴ مول و کمی پودر موراکساید (تقریباً ۰/۳ گرم) اضافه کنید. محلول به رنگ سرخابی در می‌آید. سپس با EDTA N/40 به وسیله بورت تیتتر کنید تا جایی که محلول از رنگ سرخابی به رنگ بنفش در بیاید. عدد تیتتر را یادداشت کنید.

محاسبات:

۱- بر حسب میلی‌اکی والان در لیتر:

$$\text{Ca (meq/ L) = عدد تیتراسیون}$$

۲- بر حسب میلی‌گرم در لیتر:

$$\text{Ca (ppm) = Ca (meq/ L) } \times 20/04$$

مراجع: (2, 12).

۹-۱-۲ روش اندازه‌گیری یون کربنات در آب

اصول کار:

قلیائیت آب بر اثر وجود یکی از ترکیبات کربنات، بی کربنات و هیدروکسیدها حاصل می‌گردد. معرف فنل فتالین با یون کربنات ترکیب شده و ایجاد رنگ صورتی می‌نماید. رنگ صورتی ایجاد شده پس از تیتتر شدن با اسید و پایین آمدن pH محیط تغییر کرده و محلول دوباره بی رنگ می‌شود (به رنگ اولیه خود در می‌آید). در واقع اولین لحظه تغییر رنگ دائمی از صورتی به بی رنگ نشاندهنده نقطه اکی والان می‌باشد و در اینجاست که باید تیتتر را متوقف نمود.

لوازم مورد نیاز:

۱- بورت

۲- مزور ۲۵ میلی‌لیتری

۳- ارلن شیشه‌ای ۵۰ میلی‌لیتری

۴- قطره چکان

مواد شیمیایی مورد نیاز:

۱- معرف فنل فتالین

۲- اسید سولفوریک نرمال: N میلی‌لیتر از اسید سولفوریک غلیظ را به حجم ۱۰۰۰ برسانید

$$N = M / (2 \times P)$$

که در آن،

N = حجم اسید غلیظ مورد نیاز؛ M = گرم در مول اسید؛ P = چگالی اسید.

حجم مورد نیاز از اسید غلیظ جهت تهیه اسید سولفوریک نرمال به درصد خلوص اسید و چگالی آن بستگی دارد و باید محاسبه شود.



۳- اسید سولفوریک N/۴۰: ۲۵ میلی لیتر از اسید سولفوریک نرمال را برداشته و با آب مقطر به حجم یک لیتر برسانید.

روش کار:

۲۵ میلی لیتر از آب مورد آزمایش را داخل ارلن ۵۰ ریخته و به آن ۵ قطره معرف فنل فتالین اضافه کنید (در صورت وجود کربنات در نمونه رنگ آن صورتی می شود). سپس نمونه را با اسید سولفوریک N/۴۰ تیترا کنید. تیترا را تا جایی ادامه دهید که رنگ نمونه از صورتی به سفید تبدیل شود. لحظه تغییر رنگ دائمی همان نقطه پایان تیترا می باشد. مقدار اسید مصرفی را یادداشت کنید.

محاسبات:

۱- بر حسب میلی اکی والان در لیتر:

عدد قرائت شده = $\text{HCO}_3 \text{ (meq/L)}$

۲- بر حسب میلی گرم در لیتر:

$\text{HCO}_3 \text{ (ppm)} = 61.01 \times \text{HCO}_3 \text{ (meq/L)}$

مراجع: (2, 12).

۲-۱-۱۰- اندازه گیری منیزیم در آب

اصول کلی:

در تیتراسیون های کمپلکسومتری آمینو اسیدهای پلی کاربوکسیلیک از بهترین مواد در آنالیز به حساب می آیند که دقیق ترین و ارزانه ترین آنها E.D.T.A می باشد. جهت تشکیل کمپلکس با E.D.T.A نیاز به محیط قلیایی می باشد که در واقع با افزودن بافر آمونیاکی این امر تحقق می یابد. در چنین محیط قلیایی با استفاده از اندیکاتور فلز قلیایی مناسب، می توان مقدار آن فلز را تعیین نمود.

لوازم مورد نیاز:

۱- ارلن ۵۰ میلی لیتری

۲- قطره چکان

۳- بورت

۴- پیپت سرنگی

۵- مزور ۲۵ میلی لیتری

مواد شیمیایی مورد نیاز:

۱- بافر آمونیاکی:

۶۷/۵ گرم نشادر کلرید آمونیوم را در ۵۷۰ میلی لیتر آمونیاک غلیظ وارد کرده و آن را به حجم یک لیتر برسانید.

۲- معرف اریو کروم بلک T:



۰/۵ گرم از نمک خشک اریو کروم بلاک را با ۴/۵ گرم نمک هیدروکسیل امین هیدروکلراید در صد میلی لیتر اتانول ۰/۹۵٪ حل کنید. این اندیکاتور باید همیشه تازه و در جای خشک نگهداری شود.
۳- EDTA (N/40):

۳/۷۲۲۵ از نمک دی سدیک اتیلن دی آمینو تترا استیک اسید (EDTA) را به دقت توزین کرده و در بالن ژوژه یک لیتری به حجم برسانید.
روش کار:

۲۰ سی سی آب مورد آزمایش را در ارلن ریخته و به آن ۳ سی سی بافر آمونیاکی + ۳ قطره معرف اریو کروم بلاک T اضافه کنید. سپس با EDTA (N/40) به وسیله بورت تیترا کنید. ظهور رنگ آبی نفتی نشانگر پایان تیتراسیون می باشد. مقدار EDTA مصرفی را یادداشت کنید.
محاسبات:

۱- میزان مجموع کلسیم و منیزیم بر حسب میلی اکی والان در لیتر:

$$\text{Ca+Mg (meq/L)} = \text{عدد تیتراسیون}$$

۲- میزان منیزیم بر حسب میلی اکی والان در لیتر:

$$\text{Ca+Mg (meq/L)} - \text{Ca (meq/L)} = \text{Mg (meq/L)}$$

۳- میزان منیزیم بر حسب میلی گرم در لیتر:

$$\text{Mg (ppm)} = \text{Mg (meq/L)} \times 12/16$$

مراجع: (2, 12).

۲-۱-۱-۱۱- اکسیژن محلول (DO)

روش اصلاح شده آزاید

اصول کلی:

مقادیر اکسیژن محلول (DO) در طبیعت و فاضلاب به فعالیت های فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی در حجم آب بستگی دارد. آنالیز اکسیژن محلول یک آزمایش کلیدی در کنترل آلودگی آب و فرایند تصفیه فاضلاب به شمار می آید. چون اکسیژن محلول تحت تأثیر دما، فشار بار و متریک و غلظت جامدات محلول قرار می گیرد ضرورت دارد تا اکسیژن محلول نمونه ها، در زمان اخذ نمونه اندازه گیری شود.

مزاحمت:

در اندازه گیری اکسیژن محلول مواد مختلفی سبب مزاحمت می شود. این مواد شامل املاح آهن، مواد آلی، مواد معلق اضافی، سولفید، دی اکسید سولفور، کلر باقیمانده، کروم و سیانید می باشند.

لوازم مورد نیاز:

۱- بورت مدرج با دقت ۰/۱ میلی لیتر و ظرفیت ۵۰ میلی لیتر



۲- بطری BOD با در بطری سمباده‌ای، ۳۰۰ میلی لیتری

۳- ارلن مایر دهانه پهن، ۲۵۰ میلی لیتری

۴- پی پت اندازه‌گیری، ۱۰ میلی لیتری

۵- استوانه مدرج، ۲۵۰ میلی لیتری

۶- بالن ژوژه حجمی مناسب برای DO-BOD و مدرج با ظرفیت ۲۰۱ میلی لیتری

معرف‌های شیمیایی مورد نیاز:

۱- محلول سولفات منگنز: ۴۸۰ گرم بلور سولفات منگنز ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) را در حجم ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل نمایید. سپس با استفاده از کاغذ صافی آنرا صاف کنید، سپس به مایع صاف شده آب مقطر بیافزایید تا به حجم ۱ لیتر برسد.

۲- محلول قلیا، یداید، آزاید: ۱۰ گرم NaN_3 را در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل کنید، سپس ۴۸۰ گرم هیدروکسید سدیم (NaOH) و ۷۵۰ گرم یدور سدیم (NaI) اضافه کنید و به هم بزنید تا حل شود. کدورت سفید رنگ آن به دلیل کربنات سدیم (Na_2CO_3) خواهد بود، اما این ماده هیچ ضرری ندارد.

۳- اسید سولفوریک ۳۶ نرمال: از اسید سولفوریک غلیظ H_2SO_4 نوع Reagent – Grade استفاده کنید. (به دقت با آن کار کنید، زیرا این ماده دست‌ها و لباس‌ها را می‌سوزاند. بخش‌های مورد تماس با این معرف را به منظور پیشگیری از صدمه با آب شیر بشویید).

۴- محلول تیوسولفات سدیم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ و ۰/۴ گرم از هیدروکسید سدیم جامد (NaOH) را در آب مقطر تازه جوشیده و سرد شده حل نمایید، حداکثر تا یک لیتر آن را درست کنید و هر هفته محلول تازه‌ای آماده کنید.

۵- محلول نشاسته: با ۲۰ گرم از نشاسته قابل حل آزمایشگاهی و ۲ گرم اسید سالیسیلیک در مقدار کمی از آب مقطر، چسب نشاسته رقیقی بسازید. این چسب نشاسته را به داخل یک لیتر آب مقطر در حال جوش بریزید. فرصت دهید تا این مخلوط برای چند دقیقه بجوشد، سپس آنرا سرد کنید و بگذارید در طول شب ته نشین شود. بخش سطحی شفاف آن را خارج نموده، ذخیره سازید و باقیمانده را دور بریزید.

۶- اسید فنیل ارسین (PAO) ۰/۰۲۵ نرمال: همانند محلول ۰/۰۲۵ نرمال تیوسولفات سدیم، PAO توصیه شده از جانب EPA نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. این ماده به شکل استاندارد از منابع تجاری قابل تهیه است.

روش کار:

۱- بطری ۳۰۰ میلی لیتری BOD را کاملا با نمونه پر کنید، به این ترتیب که با سیفون کردن آهسته نمونه به داخل بطری، مدت زمانی به آن فرصت دهید تا از طریق سرریز، ۲ یا ۳ بار حجم بطری عوض شود. مطمئن شوید که هیچ هوایی در آن به دام نیفتاده است (توجه داشته باشید که نمونه‌های اکسیژن محلول مربوط به رودخانه‌ها یا دریاچه‌ها باید به وسیله یک نمونه گیری مخصوص اکسیژن محلول اخذ گردد. این وسیله از اغلب مراکز تدارک این گونه وسایل قابل تهیه است).

۲- نوک پی پت را زیر سطح مایع نگه دارید و ۱ میلی لیتر محلول سولفات منگنز و ۱ میلی لیتر محلول یدور آزاید سدیم اضافه نمایید.



۳- در بطری را جایگزین کنید، مطمئن بشوید که هیچ حباب هوایی به دام نیفتاده است و با واژگون کردن آهسته بطری آنرا خوب به هم بزنید. فرصت دهید تا رسوبات به منظور ته نشینی تشکیل گردد.

۴- در بطری را خارج کنید و ۱ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ را به آهستگی در طول گردن بطری اضافه کنید. پی پت را بالای سطح مایع نگه دارید، در بطری را جایگزین سازید و با واژگون کردن آهسته بهم بزنید تا هیچ فلاکی قابل رویت نباشد. فرصت دهید برای حداقل ۵ دقیقه ساکن بماند اما نه در نور مستقیم خورشید. محلول می تواند مطمئنا در این حالت به مدت ۲ ساعت ساکن بماند.

۵- حجم ۲۰۱ میلی لیتر از محلول را با استفاده از یک بالن ژوژه حجمی به داخل ارلن مایر بریزید و با محلول تیوسولفات سدیم (یا محلول PAO) تیتیر کنید تا تقریبا رنگ زرد ناپدید گردد. چون بطری استاندارد دارای حجم ۳۰۰ میلی لیتر است راه ساده آن است تا ۹۹ میلی لیتر آن را به داخل یک استوانه مدرج ریخته، ۲۰۱ میلی لیتر باقیمانده را مستقیما در همان بطری BOD تیتیر نماییم. در این روش دو عملیات حذف می شود.

۶- یک میلی لیتر محلول نشاسته به آن اضافه کنید و تیتراسیون را تا نابودی کامل رنگ آبی ادامه دهید.

محاسبات:

اکسیژن محلول موجود بر حسب میلی گرم در لیتر بیان می شود و با میزان کل میلی لیتر از محلول تیوسولفات سدیم ۰/۰۲۵ نرمال و یا محلول PAO ۰/۰۲۵ نرمال مورد استفاده در تیتراسیون (مرحله ۵ و ۶) مساوی است. یک میلی لیتر محلول $Na_2S_2O_3$ یا یک میلی لیتر محلول (PAO) با یک میلی گرم در لیتر از اکسیژن محلول برابر است.

- روش الکتروود غشایی:

سیستم های الکتروود غشایی پوشش دار دارای یک عنصر حساس (الکتروود) می باشند که به وسیله یک غشا قابل نفوذ اکسیژن حفاظت شده اند و به عنوان یک مانع در برابر نفوذ ناخالصی ها عمل می کند. وقتی جریان در حالت یکنواخت باشد جریان یا پتانسیل اندازه گیری شده ممکن است با غلظت های اکسیژن محلول همبستگی نشان دهد. انواع مختلفی از وسایل الکتروود غشایی تجارتي در دسترس اند، در کلیه این وسایل جریان نفوذی به طور خطی با غلظت اکسیژن ملکولی در نمونه آزمایش مناسب است این روش برای تعیین اکسیژن محلول نمونه هایی توصیه می شود که دارای مواد مزاحم برای روش اصلاح آرایید می باشند مثل نمونه های دارای مواد مزاحم سولفیت، تیوسولفات، کلر آزاد، رنگ، کدورت، لخته های بیولوژیکی، روش تنظیم و قرائت این وسایل در راهنمایهای شرکت سازنده وجود دارد.

مراجع: (8, 12).



۲-۱-۱۲- اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)

اصول کلی:

این آزمایش میزان مواد آلی فاضلاب را از طریق اندازه‌گیری اکسیژن مصرفی به وسیله میکروارگانیزم‌ها در تجزیه ترکیبات آلی فاضلاب تعیین می‌کند، آزمایش شامل اندازه‌گیری اکسیژن محلول قبل و بعد از ۵ روز انکوباسیون نمونه در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به منظور تعیین میزان اکسیژن مصرفی به روش بیوشیمیایی می‌باشد. به همراه اخذ نمونه از فاضلاب و پسابهای تصفیه‌خانه، ترقیق نمونه با آب رقیق سازی استاندارد انجام می‌گیرد و اکسیژن محلول قبل و بعد از پنج روز دوره انکوباسیون اندازه‌گیری می‌گردد. (توجه: اگر نمونه مورد آزمایش، کلرزنی، ازن زنی، اکسیده، گرم، استحاله و اسیدی شده باشد باید به بخش مربوط به پیش تصفیه و تعیین BOD توام با بذرپاشی نمونه مراجعه شود).

مزاحمت:

قلیائیت کواستیک، اسید معدنی، کلر آزاد و فلزات سنگین فاکتورهای هستند که ممکن است در صحت آزمایش تأثیر بگذارند. بطری‌های BOD باید بسیار تمیز باشند. محلول پاک کننده مشروح در فصل اول توصیه می‌شود. شدت اکسیداسیون ترکیبات نیتروژنه در طول دوره انکوباسیون ۵ روزه، به حضور میکروارگانیزم‌ها بستگی دارد که می‌توانند این اکسیداسیون را انجام دهند. معمولاً چنین میکروارگانیزم‌هایی در نمونه فاضلاب خام یا پساب اولیه، به منظور اکسیده کردن مقادیر قابل توجهی از اشکال نیتروژن احیا شده در آزمایش اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی پنج روزه (BOD_5) به تعداد کافی حضور ندارند. به طور متداول اغلب پساب‌های تصفیه بیولوژیکی در بردارنده تعداد کافی ارگانیزم‌های نیتروژن می‌باشند. چون اکسیداسیون ترکیبات نیتروژن دار، می‌تواند در این گونه نمونه‌ها اتفاق بیافتد جلوگیری از نیتریفیکاسیون برای موارد زیر توصیه می‌شود:

نمونه‌های پساب ثانویه، نمونه‌های پساب ثانویه با بذر میکروبی و نمونه‌های آب آلوده

لوازم مورد نیاز:

- ۱- بورت مدرج با دقت ۰/۱ میلی لیتر و ظرفیت ۵۰ میلی لیتر
- ۲- بطری‌های BOD با در بطری سمباده‌ای به ظرفیت ۳۰۰ میلی لیتر
- ۳- ارلن مایر دهانه پهن، ۲۵۰ میلی لیتری
- ۴- پی پت مدرج، ۱۰ میلی لیتری
- ۵- پی پت حجمی تخلیه
- ۶- انکوباتور با کنترل دما در ۲۰ درجه سلسیوس (به منظور پیشگیری از تولید اکسیژن محلول ناشی از فتوسنتز، درون آن باید کاملاً تاریک باشد).
- ۷- استوانه مدرج، ۲۵۰ میلی لیتری و
- ۸- هر گونه وسیله مورد نیاز دیگر برای تعیین اکسیژن محلول

معرف‌های شیمیایی مورد نیاز:

علاوه بر موارد زیر، کلیه معرف‌های لازم برای تعیین اکسیژن محلول مورد نیاز است.

- ۱- آب مقطر:



آب مورد استفاده برای تهیه محلول‌ها، باید از کیفیت بسیار بالایی برخوردار باشد. این آب نباید دارای مس یا مواد آلی تجزیه پذیر باشد. آب مقطر باتری معمولی برای این کار نامطلوب است.
۲- محلول بافر:

میزان ۸/۵ گرم فسفات مونوبازیک (KH_2PO_4) ۲۱/۷۵ گرم فسفات پتاسیم دی بازیک ($KHPO_4$)، مقدار ۳۳/۴ گرم بلور فسفات سدیم دی بازیک ($Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$) و ۱/۷ گرم کلرید آمونیوم (NH_4Cl) را در آب مقطر حل کنید و به حجم یک لیتر برسانید. pH این بافر، بدون تنظیم بیشتر باید ۷/۲ باشد.
۳- محلول سولفات منیزیم:

مقدار ۲۲/۵ گرم از بلورهای سولفات منیزیم ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) را در آب مقطر حل کنید و به حجم یک لیتر برسانید.
۴- محلول کلرید کلسیم:

مقدار ۲۷/۵ گرم از کلرید کلسیم بدون آب ($CaCl_2$) را در آب مقطر حل کنید و به حجم یک لیتر برسانید.
۵- محلول کلرید فریک:

مقدار ۰/۲۵ گرم کلرید فریک ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) را در آب مقطر حل کنید و به حجم یک لیتر برسانید.
۶- آب رقیق سازی:

یک میلی‌لیتر از هر یک از محلول‌های بافر فسفات، سولفات منیزیم، کلرید کلسیم و کلرید فریک را به هر لیتر از آب مقطر اضافه کنید. حتی الامکان این آب را در دمای محدود به ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری کنید، این آب نباید در طول ۵ روز انکوباسیون بیش از ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر کاهش اکسیژن محلول نشان دهد. همان گونه که در بخش دیگر این کتاب با عنوان "روش‌های تعیین BOD بذردار میکروبی" شرح داده شد در صورت تمایل، آب رقیق سازی ممکن است با میکروب بذردار شود.

۷- محلول سولفیت سدیم تقریباً ۰/۰۲۵ نرمال:

مقدار ۱/۵۷ گرم (Na_2SO_3) را در یک لیتر آب مقطر حل کنید. این محلول پایدار نیست. وقتی کلر زدایی نمونه فاضلاب ضرورت دارد به طور روزانه این محلول را آماده کنید.

۸- عامل بازدارنده نیتریفیکاسیون / Inhibitor (CTCMP):

معرف شیمیایی از دسته ۲ - کلرو ۶ - (تری کلرومیتل) پیریدین.
فرآورده‌های تجارتي نیز می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

۹- محلول هیدروکسید سدیم (NaOH)، ۱ نرمال:

این محلول تنها موقعی که تنظیم pH نمونه فاضلاب ضروری باشد مورد نیاز است.

۱۰ - محلول اسید سولفوریک (H_2SO_4)، ۱ نرمال:

این محلول نیز تنها موقعی که تنظیم pH نمونه فاضلاب ضروری باشد مورد نیاز است.

پیش تصفیه نمونه‌های فاضلاب:



چنانچه یکی از شرایط زیر موجود باشد، یک روش با چندین روش مطرح شده در این بخش لازم است:

- میزان pH نمونه در فاصله ۶/۵ تا ۷/۵ قرار ندارد،
- نمونه کلرزی شده است یا به وسیله ازن اکسیده شده باشد،
- نمونه‌ها نیاز به جلوگیری از نیتریفیکاسیون دارند (مثل پساب‌های تصفیه شده به روش بیولوژیکی، نمونه‌های بذر دار به همراه پساب‌های تصفیه شده به روش بیولوژیکی، آبهای رودخانه)،
- نمونه فاضلاب صنعتی هیچ میکرو ارگانیسمی ندارد و نیاز به بذر میکروبی دارد،
- فاضلاب درجه حرارت خیلی بالا یا خیلی پایینی دارد،
- مواد سمی در فاضلاب وجود دارد،
- نمونه فاضلاب سرد دارای اکسیژن محلول فوق اشباع باشد.

روش‌های لازم برای خنثی سازی نمونه‌هایی که دارای قلیائیت کوآستیک باشند یا اسیدی باشند:

نمونه‌ها را به وسیله محلول یک نرمال اسید سولفوریک (H_2SO_4) یا محلول یک نرمال هیدروکسید سدیم (NaOH) تا pH بین ۶/۵ الی ۷/۵ طوری خنثی سازید که به موجب آن، مقدار معرف شیمیایی بیش از ۰/۵ درصد نمونه را رقیق نسازد. pH آب رقیق سازی بذر دار نباید با پایین ترین رقت نمونه تحت تأثیر قرار بگیرد.

روش‌های لازم برای فاضلاب‌های دارای مواد سمی:

مسلماً فاضلاب‌های صنعتی (برای مثال فاضلاب‌های آبکاری) دارای فلزات سمی است. چنین نمونه‌هایی غالباً به مطالعات ویژه نیاز دارند و به وسیله آزمایشگاه‌های با تجربه کیفیت آب تصفیه می‌شوند. برای تعیین BOD این فاضلاب‌ها، باید بعد از حذف فلزات سمی، نمونه‌ها را مجدداً با میکروارگانیسم‌ها بذر دار کرد.

روش‌های لازم برای نمونه‌برداری نمونه‌های آب فوق اشباع از اکسیژن محلول (DO):

ممکن است در آبهای سرد یا آبهایی که در آن، فتوسنتز رخ می‌دهد با نمونه‌هایی مواجه گردیم که دارای بیش از ۹ میلی‌گرم در لیتر اکسیژن محلول در دمای ۲۰ درجه سلسیوس باشند. برای جلوگیری از کاهش اکسیژن محلول در طول انکوباسیون چنین نمونه‌هایی، در یک بطری نیمه پر در حالی که نمونه را با تکان دادن شدید یا به وسیله هوادهی با هوای فشرده بهم می‌زنید با رساندن دمای نمونه به ۲۰ درجه سلسیوس، اکسیژن محلول را تا حد اشباع کاهش دهید. نیازی به بذر دار کردن نمونه نیست.

روش‌های کلرزدایی نمونه‌ها:

هر موقعی که نمونه‌های فاضلاب کلرزی شده برای تعیین BOD جمع آوری می‌شود، باید به منظور حذف کلر، میزان کافی عامل احیا کننده به نمونه افزود. بعد از کلرزدایی باید مجدداً نمونه‌ها را با ارگانیسم‌ها بذر دار کرد. قبل از بذر دار کردن نمونه، روش‌های زیر باید برای تشخیص کلر در نمونه مرکب به کار گرفته شوند:

با دقت ۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه خوب مخلوط شده را به ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری انتقال دهید. سپس مقدار کمی کریستال‌های یدور پتاسیم (KI) را به نمونه اضافه کنید و کریستال‌ها را حل نمایید، ۱ میلی‌لیتر از اسید سولفوریک



غلظت (H_2SO_4) را اضافه و خوب مخلوط نمایید و در نهایت ۵ قطره از محلول نشاسته به آن بیافزایید، اگر رنگ آبی ظاهر نشد کلر حضور ندارد و BOD نمونه مرکب ممکن است بدون کلرزدایی تعیین شود، با وجود این نمونه باید بذردار شود. به هر حال اگر رنگ آبی ظاهر شد، ۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه مرکب خوب مخلوط شده را به وسیله سولفیت سدیم (Na_2SO_3) ۰/۰۲۵ نرمال، تا رسیدن به نقطه پایان تیتراسیون که بین قطره آخر رنگ آبی و محلول بی رنگ قرار دارد تعیین نمایید، تیتراسیون را خیلی آهسته انجام دهید. تعداد قطرات سولفیت سدیم ۰/۰۲۵ نرمال مصرفی را بشمارید و این شماره را یادداشت نمایید (n).

برای کلرزدایی یک نمونه به منظور آزمایش BOD، ۱۰۰ میلی‌لیتر دیگر از نمونه مرکب خوب مخلوط شده را به یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتر تمیز انتقال دهید. تعداد قطرات تعیین شده سولفیت سدیم ۰/۰۲۵ نرمال را که برای کلرزدایی در مرحله قبلی لازم است اضافه کنید و خوب مخلوط نمایید. از این نمونه به منظور تعیین BOD استفاده کنید. اگر نمونه بیشتری لازم است نمونه بیشتری (به دقت اندازه‌گیری شود) را به ظرف تمیز انتقال دهید و متناسب با آن تعداد قطرات سولفیت سدیم ۰/۰۲۵ نرمال را به منظور کلرزدایی اضافه نمایید.

روش آزمایشگاهی برای تعیین BOD بدون بذرپاشی نمونه:

۱- میزان pH، کلر باقیمانده (یا هر عامل اکسیدان یا ماده سمی شناخته شده دیگر) و تاریخ نمونه‌برداری را مشخص کنید. اگر میزان pH نمونه فاضلاب در هر جایی بین ۶/۵ تا ۷/۵ قرار داشت و نمونه کلرزی، ازن زنی، اسیدی یا گرمادهی نشده باشد از روش آزمایشگاهی مطرح شده در این قسمت پیروی می‌کند. (توجه: در غیر اینصورت به "روش‌های تعیین BOD توام با بذرپاشی" رجوع نمایید). مرحله بعد تعیین مقدار نمونه (S) اضافه شده به بطری BOD با ظرفیت ۳۰۰ میلی‌لیتر می‌باشد. برای این محاسبه باید دانست که آب مقطر در دمای اتاق دارای میزان تقریبی ۸ میلی‌گرم در لیتر اکسیژن محلول است. متعاقب آن اگر اکسیژن مورد نیاز نمونه مورد آزمایش از ۸ میلی‌گرم در لیتر بیشتر بود، نمونه باید رقیق شود. مطلوب است که حداقل ۱ میلی‌گرم در لیتر اکسیژن بلااستفاده بعد از ۵ روز انکوباسیون در نمونه داشته باشیم. وجود اکسیژن محلول به میزان حداقل ۲ میلی‌گرم در لیتر بعد از ۵ روز انکوباسیون قابل اعتمادترین نتایج را در بر دارد. برای تخمین میزان نمونه لازم به منظور افزودن به بطری BOD می‌توان از جدول زیر استفاده کرد. فاضلاب شهری خام معمولاً دارای ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر (BOD_5) می‌باشد که معمولاً ۳ تا ۶ میلی‌لیتر از نمونه برای این منظور به کار می‌رود. فاضلاب بعد از ته نشینی معمولاً دارای ۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر BOD_5 است و به طور معمول ۶ تا ۱۲ میلی‌لیتر از نمونه قابل کاربرد است. برای پساب‌های صافی کننده باید ۱۵ تا ۳۰ میلی‌لیتر نمونه به کار برد. برای پساب‌های لجن فعال بسته به کیفیت پساب، ۳۰ تا ۱۵۰ میلی‌لیتر از نمونه مورد نیاز است. فاضلاب‌های خیلی قوی یا فاضلاب‌های صنعتی رقیق می‌شوند - یک قسمت فاضلاب به ۹ قسمت آب رقیق سازی - قبل از افزودن ۳ تا ۶ میلی‌لیتر از نمونه رقیق شده فاضلاب به بطری BOD برای آنالیز این روش می‌تواند ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر از BOD را تحت پوشش قرار دهد.

۲- دو بطری ۳۰۰ میلی‌لیتر BOD را که حدوداً نیمه پر شده اند با آب رقیق سازی پر کنید. با یک پی پت تخلیه، میزان از قبل محاسبه شده نمونه (S) را به دو بطری ۳۰۰ میلی‌لیتری BOD انتقال دهید. هر بطری را با آب رقیق سازی پر کنید و در بطری‌ها را جایگزین سازید. تمامی حباب‌های هوا را خارج کنید.



جدول ۲-۱- راهنمای میزان نمونه انتخابی برای تعیین BOD

دامنه تغییرات مورد انتظار BOD		
نمونه اضافه شده به بطری ۳۰۰ میلی لیتری (میلی لیتر)	حداقل (میلی گرم در لیتر)	حداکثر (میلی گرم در لیتر)
۳	۲۱۰	۵۶۰
۶	۱۰۵	۲۸۰
۹	۷۰	۱۸۷
۱۲	۵۳	۱۴۰
۱۵	۴۲	۱۱۲
۱۸	۳۵	۹۴
۳۱	۳۰	۸۰
۳۴	۲۶	۷۰
۳۷	۲۴	۶۲
۳۰	۲۱	۵۶
۴۵	۱۴	۳۷
۶۰	۱۱	۲۸
۷۵	۸	۲۲
۱۵۰	۴	۱۲

توجه: اکسیژن محلول اولیه، همان میلی گرم در لیتر غلظت اکسیژن محلول مخلوط با آب مقطر و نمونه بلافاصله بعد از اختلاط اولیه فرض شد.

۳- دو بطری ۳۰۰ میلی لیتری BOD اضافی را تنها با آب رقیق سازی پر کنید و همانند مرحله ۲ در بطری‌ها را جایگزین سازید.

۴- یک بطری از نمونه رقیق شده (مرحله ۲) و یک بطری دیگر از آب رقیق سازی تنها (مرحله ۳) را در دمای ۲۰ درجه سلسیوس انکوباتور قرار دهید. مطمئن شوید که تا بخش فوقانی در بطری‌ها آب مقطر حضور دارد. به طور روزانه آن را کنترل کنید یا برای جلوگیری از تبخیر، بطری را بپوشانید.

۵- میزان اکسیژن محلول بطری BOD باقیمانده از مرحله ۲ را تعیین نمایید، میزان اکسیژن محلول اولیه را به عنوان D_1 یادداشت نمایید. میزان اکسیژن محلول بطری BOD باقیمانده از مرحله ۳ را نیز تعیین کنید و میزان اکسیژن محلول اولیه برای کنترل را به عنوان C_1 یادداشت نمایید.

۶- بعد از ۵ روز، اکسیژن محلول دو بطری BOD نگهداری شده در انکوباتور (مرحله ۴) را اندازه‌گیری کنید. میزان اکسیژن محلول نمونه رقیق نگهداری شده در انکوباتور (مراحل ۲ و ۴) را به عنوان D_2 یادداشت نمایید. میزان اکسیژن محلول آب رقیق سازی نگهداری شده در انکوباتور برای کنترل (مراحل ۳ و ۴) را به عنوان C_2 یادداشت نمایید. توجه کنید که میزان افزایش یا کاهش اکسیژن محلول در بطری‌های آب رقیق سازی تنها، نباید برای تصحیح نتایج نمونه رقیق شده به کار رود. این کار تنها یک اندازه‌گیری از کیفیت آب رقیق سازی است. نباید افزایش یا کاهش بیش از ۰/۲ میلی گرم در لیتر از اکسیژن محلول بین C_1 و C_2 وجود داشته باشد. تغییرات بیشتری ممکن است با روش‌های نامناسب انجام آزمایش یا آب رقیق سازی آلوده ایجاد شود. چنانچه در روز پنجم، تمامی اکسیژن محلول (تیوسولفات سدیم ۰/۰۲۵ نرمال یا محلول PAO مصرف شده در تیتراسیون به روش اصلاح شده آزاید برای آزمایش اکسیژن محلول



صفر میلی لیتر باشد) در نمونه نگهداری شده در انکوباتور حذف شده باشد می تواند خیلی ناامید کننده باشد و نتایج از بین رفته اند. بنابراین بهتر است دو نمونه رقیق آماده کنیم که یکی از آنها نصف غلظت دیگری باشد به طوری که نتیجه آن تضمینی باشد. برای مثال اگر حدود ۲ درصد درست است (یعنی ۰.۲٪ یا ۰/۰۲ = $\frac{6 \text{ میلی لیتر}}{300 \text{ میلی لیتر}}$ یا زمانی که BOD_5 به میزان ۱۰۵ تا ۲۸۰ میلی گرم در لیتر تخمین شده می شود)، صحیح تر از آن است تا یک نمونه رقیق ۱ درصد نیز آماده کنیم (یعنی ۰/۰۱ = $\frac{3 \text{ میلی لیتر}}{300 \text{ میلی لیتر}}$ به طوری که دامنه‌ای از BOD بین ۲۱۰ تا ۵۶۰ میلی گرم در لیتر را تحت پوشش قرار دهد. اگر کیفیت پساب نامتعادل به نظر برسد برای اطمینان به جای یک رقت ۱۰ درصد به تنهایی دو رقت ۵ درصد و ۱۰ درصد آماده می سازیم.

رابطه زیر برای رقیق سازی بدون بذر به کار می رود:

$$BOD_5 = 100 \cdot \frac{D_1 - D_2}{P} = 300 \cdot \frac{D_1 - D_2}{S} \quad (1)$$

لیتر

که در آن:

D_1 = اکسیژن محلول نمونه رقیق شده بلافاصله بعد از درست کردن آن، میلی گرم در لیتر؛ D_2 = اکسیژن محلول نمونه رقیق شده بعد از ۵ روز انکوباسیون در دمای ۲۰ درجه سلسیوس، میلی گرم در لیتر؛ S = حجم نمونه اضافه شده به بطری ۳۰۰ میلی لیتری BOD، میلی لیتر؛ و P = درصد نمونه اضافه شده = $100 \cdot \left(\frac{S}{300}\right)$.

توجه: اگر میزان باقیمانده اکسیژن محلول حداقل ۱ میلی گرم در لیتر و تفاوت اکسیژن محلول در $(C_1 - C_2)$ حداقل ۲ میلی گرم در لیتر باشد، اطلاعات BOD_5 می تواند به عنوان یک نتیجه قابل اعتماد مورد توجه قرار بگیرد.

روش های تعیین BOD با بذر پاشی نمونه:

هرگاه برای تعیین BOD از فاضلاب کلرزی شده نمونه اخذ می شود، باید برای حذف کلر عمل احیا کننده کافی به نمونه اضافه کرد. بعد از کلرزدایی، باید مجدداً نمونه را با ار گانیسم ها بذردار کرد. یک نمونه کلرزی نشده فاضلاب خام یا پساب اولیه را حدود ۲۴ ساعت، قبل از تعیین BOD نمونه های کلرزدایی شده و بذردار نگه دارید. حدود ۱ لیتر از نمونه کلرزی نشده را جمع آوری کنید و فرصت دهید در طول شب در دمای اتاق باقی بماند. قسمت شفاف نمونه را دور بریزید و باقیمانده را به عنوان بذر استفاده کنید. برای بذر دار کردن نمونه، یک میلی لیتر از بذر کهنه را به هر یک از بطری های BOD دارای نمونه کلرزدایی شده اضافه کنید. همچنین برای تعیین BOD بذر در سه بطری ۳۰۰ میلی لیتری مقادیر ۶، ۹ و ۱۲ میلی لیتر از نمونه های بذر را انتقال دهید.

محاسبات:

وقتی نمونه ها بذردار می شوند روابط زیر و آب رقیق سازی مورد استفاده قرار می گیرند:

$$BOD_5 = \frac{(D_1 - D_2)(300)}{S} \quad (2)$$

که در آن:



D_1 = میلی‌گرم در لیتر اکسیژن محلول در آب رقیق سازی بذر دار بلافاصله بعد از آماده سازی آن؛ D_2 = میلی‌گرم در لیتر اکسیژن محلول در آب رقیق سازی بذردار بعد از ۵ روز انکوباسیون در دمای ۲۰ درجه سلسیوس؛ $S = 300$ = حجم بطری BOD بر حسب میلی‌لیتر؛ و S = میلی‌لیتر بذر در بطری BOD.

مثال:

$$BOD_5 = \frac{(8.9-4.1)(300)}{12} = 120 \text{ میلی‌گرم در لیتر}$$

$$D_1 = 8/9 \text{ میلی‌گرم در لیتر}$$

$$D_2 = 4/1 \text{ میلی‌گرم در لیتر}$$

$$D_3 = 12 \text{ میلی‌لیتر}$$

پس:

$$BOD_5 = \left\{ D_1 - D_2 \frac{(BOD)}{300} \right\} \left\{ \frac{300}{S} \right\}$$

که در آن:

D_1 = اکسیژن محلول اولیه نمونه رقیق شده و بذر دار بلافاصله بعد از آماده سازی نمونه بر حسب میلی‌گرم در لیتر؛
 D_2 = اکسیژن محلول پنج روزه نمونه رقیق شده و بذردار بعد از انکوباسیون در ۲۰ درجه سلسیوس بر حسب میلی‌گرم در لیتر؛ $S = 300$ = حجم بطری BOD بر حسب میلی‌لیتر؛ ۱ میلی‌لیتر بذر کهنه در بطری BOD محتوی نمونه و آب رقیق سازی؛ و S = میلی‌لیتر نمونه در بطری BOD محتوی یک میلی‌لیتر از بذر کهنه و آب رقیق سازی.

مثال:

$$BOD_5 = \left\{ 7.8 - 2.4 \frac{(1)(120)}{300} \right\} \left\{ \frac{300}{6} \right\}$$

$$= (7/8 - 2/4 - 0/4) (50) = (5/9) (50)$$

$$= 295 \left(\frac{mg}{L} \right)$$

که در آن:

$D_1 = 7/8$ = میلی‌گرم در لیتر؛ $D_2 = 2/4$ = میلی‌گرم در لیتر؛ ۱ = میلی‌لیتر بذر در بطری BOD محتوی نمونه؛
 $BOD_5 = 120$ = میلی‌گرم در لیتر؛ و $S = 6$ = میلی‌لیتر نمونه موجود در بطری ۳۰۰ میلی‌لیتری (به همراه ۱ میلی‌لیتر بذر و ۲۹۳ میلی‌لیتر آب رقیق سازی بدون بذر).

مراجع: (8, 12).

۲-۱-۱۳- اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) روش تقطیر برگشتی

اصول کلی:



در تعیین میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، اکسیژن معادل آن بخش از مواد آلی نمونه، که می‌تواند به وسیله یک عامل اکسید کننده قوی به طریق شیمیایی اکسید شود اندازه‌گیری می‌شود. میزان COD در مطالعات فاضلاب صنعتی و کنترل تصفیه خانه فاضلاب مهم است. معمولاً BOD میزان ۵۰ تا ۷۰ درصد از COD را تشکیل می‌دهد که البته به نوع مواد آلی موجود در آب بستگی دارد مقادیر COD می‌تواند خیلی سریع‌تر از BOD (سه ساعت به جای پنج روز) تعیین بشود و لذا برای تخمین خیلی سریع کار تصفیه خانه قابل استفاده است. COD مفیدترین آزمایش برای پاییدن و کنترل است، خصوصاً بعد از مرتبط کردن آن با پارامترهایی مثل BOD و کربن آلی (TOC)، گسترش یافته است. در این آزمایش اکثر ترکیبات آلی به طور کامل اکسید می‌شوند.

مزاحمت:

معمولاً COD نمی‌تواند نمونه‌های دارای بالای ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلراید را به دقت اندازه‌گیری نماید.

لوازم مورد نیاز:

۱ - وسایل تقطیر برگشتی شامل یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری با دهانه سمباده‌ای به اندازه $\frac{24}{40}$ و مبرد با محافظ استیل همراه با لوله جانبی و دهانه سمباده‌ای به اندازه $\frac{24}{40}$.

۱- صفحه گرم کن الکتریکی (Hot Plate) با سطح حرارتی به میزان $\frac{1}{4} \frac{W}{cm^2}$

۲- استوانه مدرج ۵۰ میلی‌لیتری

۳- پی‌پته‌های مناسب

۴ - بورت با ظرفیت ۵۰ میلی‌لیتری با دقت ۰/۱ میلی‌لیتر

۵- پرل شیشه‌ای

معرف‌های شیمیایی مورد نیاز:

۱- محلول اسید سولفوریک - سولفات نقره

بیست و دو گرم از سولفات نقره (Ag_2SO_4) را در یک شیشه ۴/۱ کیلوگرمی از اسید سولفوریک غلیظ (H_2SO_4) حل نمایید، این مخلوط برای حل شدن سولفات نقره به یک تا دو روز زمان نیاز دارد. برچسبی به شیشه بچسبانید تا با H_2SO_4 خالص اشتباه نشود.

۲- محلول دی کرومات پتاسیم، ۰/۲۵ نرمال

مقدار ۱۲/۲۵۹ گرم از دی کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) را که قبلاً در دمای ۱۰۳ درجه سلسیوس و به مدت ۲ ساعت خشک شده است، در آب مقطر حل کنید و به حجم ۱ لیتر برسانید.



۳- محلول اندیکاتور فرئون

مقدار ۱/۴۸۵ گرم از ۱، ۱۰ - فنانترویلین مونوهیدرات ($C_{12}H_8N_2.H_2O$) را به همراه ۰/۶۹۵ گرم کریستال‌های سولفات فرو ($FeSO_4.7H_2O$) در مقدار کمی از آب مقطر حل کنید و تا حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رقیق سازید. (معمولا این محلول اندیکاتور ممکن است به صورت آماده شده خریداری شود).

۴- محلول سولفات فروآمونیموم (FAS)، ۰/۲۵ نرمال یا ۰/۲۵ مولار

مقدار ۹۸ گرم از سولفات فروآمونیموم ($FeSO_4(NH_4)_2SO_4.6H_2O$) را در آب مقطر حل کنید، ۲۰ میلی‌لیتر از اسید سولفوریک غلیظ را به آن اضافه کنید سپس بعد از سرد کردن به حجم ۱ لیتر برسانید، این محلول باید در برابر دیکرومات پتاسیم به طور روزانه استاندارد شود.

روش استاندارد کردن محلول سولفات فروآمونیموم:

با پی پت، ۱۰ میلی‌لیتر از دیکرومات پتاسیم را به ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری انتقال دهید و با آب مقطر تا حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر رقیق سازید. ۳۰ میلی‌لیتر از اسید سولفوریک غلیظ خالص (H_2SO_4) را به آن اضافه کنید و فرصت دهید تا محلول سرد شود. در مقابل محلول تیترا کننده سولفات فروآمونیموم با استفاده از ۲ یا ۳ قطره (۰/۱ تا ۰/۱۵ میلی‌لیتر) معرف فرئون آن را تیترا نمایید. از حجم مشابه فرئون برای کلیه تیتراسیون‌ها استفاده نمایید اولین تغییر رنگ شدید از سبز - آبی به رنگ قهوه‌ای متمایل به قرمز را به عنوان نقطه پایان تیتراسیون انتخاب کنید. حجم مصرفی $FeSO_4(NH_4)_2SO_4$ در تیتراسیون را بر حسب میلی‌لیتر یادداشت نمایید و همانند روش زیر محاسبه نمایید:

نرمالیتة (مولاریتة) سولفات فروآمونیموم (C):

$$\text{نرمالیتة } FeSO_4(NH_4)_2SO_4 = \frac{\text{(وزن } K_2Cr_2O_7 \text{ میلی نیر)}}{\text{میلی لیتر } FeSO_4(NH_4)_2SO_4}$$

مثال:

$$\text{نرمالیتة } FeSO_4(NH_4)_2SO_4 = ۰/۲۳ = \frac{(10)(0.25)}{10.8}$$

میلی‌لیتر دیکرومات پتاسیم = ۱۰؛ نرمالیتة در کرومات پتاسیم: ۰/۲۵؛ میلی‌لیتر سولفات فروآمونیموم = ۰/۸.

۱- سولفات جیوه ($HgSO_4$)، کریستال‌های با درجه آزمایشگاهی

۲- اسید سولفوریک غلیظ ۳۶ نرمال، بدون سولفات نقره

۳- محلول استاندارد COD، ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر

ابتدا پتاسیم اسید فنالات، ($HOCC_6H_4COOK$) را کمی خرد کنید و سپس در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت خشک کنید. ۴۲۵ میلی‌گرم از آن را در آب مقطر حل کنید و تا حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رقیق سازید. از نظر تئوری پتاسیم اسید فنالات دارای COD به میزان ۰/۱۷۶ گرم اکسیژن مولکولی در گرم است و این محلول از نظر تئوری دارای COD به میزان ۵۰۰ میلی‌گرم اکسیژن مولکولی در لیتر می‌باشد. چنانچه این محلول برای ۳ ماه منجمد شود و رشد بیولوژیکی قابل رویت نداشته باشد محلول پایداری است.

۴- کلرید سدیم (NaCl) کریستال‌های با درجه صنعتی ارزان قیمت برای COD تصفیه فاضلاب.

۵- هیدروکسید سدیم (NaOH) با درجه صنعتی ارزان قیمت به فرم‌های جامد یا مایع برای COD تصفیه فاضلاب.



روش کار

۱- تعدادی پرل شیشه‌ای تمیز را به ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری اضافه کنید. ۲۰ میلی‌لیتر نمونه را با پی پت به ارلن مایر منتقل کنید و ۰/۴ گرم سولفات جیوه به آن اضافه نمایید، سپس ۱۰ میلی‌لیتر محلول دیکرومات پتاسیم ۰/۲۵ نرمال به آن بیافزایید. (توجه: اگر COD مورد انتظار بالا باشد برای تناسب با ۱۰ میلی‌لیتر محلول دیکرومات پتاسیم باید از حجم نمونه‌ای کمتر از ۲۰ میلی‌لیتر استفاده نمایید). ۳۰ میلی‌لیتر از محلول اسید سولفوریک - سولفات نقره را به دقت به آن اضافه کنید. بعد از هر افزایش کمی آن را به هم بزنید. از اختلاط کامل مخلوط تقطیر برگشتی قبل از رساندن گرما به آن اطمینان حاصل نمایید. ارلن مایر را به مبرد وصل کنید و مخلوط را به مدت ۲ ساعت تقطیر برگشتی کنید، مخلوط را سرد کنید و سپس مبرد را با حدود ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر بشویید.

۲- مخلوط را تا حدود ۱۴۰ میلی‌لیتر رقیق سازید، تا دمای اتاق آن را سرد نمایید و دیکرومات اضافی را با محلول سولفات فروآمونیم و با استفاده از معرف فرئون تیتراسیون را تغییر رنگ شدید از رنگ سبز - آبی به قهوه‌ای متمایل به قرمز انتخاب کنید. حتی ممکن است برای دقایقی رنگ سبز - آبی مجدداً نمایان شود، حجم محلول سولفات فروآمونیم مصرفی برای نمونه را بر حسب میلی‌لیتر یادداشت نمایید (B، معادله ۲).

۳- یک محلول شاهد شامل ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر را به جای نمونه، همراه با معرف لازم، به روش مشابه مجدداً تقطیر برگشتی می‌شود. حجم محلول سولفات فروآمونیم مصرفی برای شاهد را بر حسب میلی‌لیتر یادداشت نمایید (A، معادله ۲).

۴- برای دفع صحیح فاضلابی که دارای فلزات سنگین سمی هستند باید COD آن تعیین شود. نخست باید برای ایجاد رسوب کلرید نقره، با محلول اشباع کلرید سدیم (NaCl)، فاضلاب را تصفیه کرد. رسوبات سفیدرنگ کلرید نقره را با ته نشینی جدا سازید. بخش فوقانی سبزرنگ نمونه را به وسیله هیدروکسید سدیم (NaOH) و رساندن pH به ۹/۴ به منظور رسوبدهی کروم، جیوه و آهن به طورت لجن‌های قهوه‌ای رنگ تصفیه نمایید. بخش فوقانی آبی رنگ نمونه را که عمدتاً شامل سولفات سدیم هستند می‌توان بعد از جداسازی لجن‌های قهوه‌ای رنگ با اطمینان کامل تخلیه کرد. لجن سفیدرنگ کلرید نقره و لجن قهوه‌ای رنگ را در دو شیشه جداگانه برای بازیافت فلزات پرارزش با همکاری شرکت بازیافت ذخیره کنید.

محاسبات:

$$\text{COD} = \frac{(A-B)(C) \times 8 \times 1000}{\text{میلی لیتر نمونه}} \text{ بر حسب میلی گرم در لیتر}$$

که در آن:

A = محلول سولفات آمونیوم فرو مصرفی برای شاهد بر حسب میلی‌لیتر؛ B = محلول سولفات آمونیوم فرو مصرفی برای نمونه بر حسب میلی‌لیتر؛ C = نرمالیت (یا مولاریته) محلول سولفات فرو آمونیوم؛ ۸ = وزن اکیوالان O_2 ؛ ۱۰۰۰ = میلی‌گرم در گرم؛ و میلی‌لیتر نمونه = حجم نمونه مصرفی در مرحله (۱) روش کار بر حسب میلی‌لیتر.



درجه خلوص و کیفیت معرف‌های شیمیایی با ۲۰ میلی‌لیتر از محلول استاندارد ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و آب مقطر به عنوان شاهد مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

مثال:

$$\text{COD} = \frac{(10.9-5.5)(0.23)(8000)}{20} = 497 \text{ بر حسب میلی‌گرم در لیتر}$$

که:

$$C = \text{FAS} = 0.23$$

و میلی‌لیتر ۱۰/۹ = حجم A (شاهد)

میلی‌لیتر ۵/۵ = حجم B (۲۰ میلی‌لیتر از محلول استاندارد ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر)

مراجع: (8, 12).

۱-۱-۱۴- باقیمانده فرار و ثابت در فاضلاب

اصول کلی:

ترکیبات فرار و ثابت موجود در مواد معلق کل ممکن است با سوزاندن نمونه در دمای ۵۰ ± ۵۵۰ درجه سلسیوس تعیین شود. این اندازه‌گیری به طور تقریبی میزان مواد آلی در بخش جامد فاضلاب، لجن فعال، مواد زائد صنعتی یا رسوبات بستر را تخمین می‌زنند.

مزاحمت:

کاغذ صافی فایبر گلاس اندکی بالاتر از ۵۵۰ درجه سلسیوس ذوب می‌شود و بنابراین مهم است تا زمانی که بوتله آزمایشگاهی یا کاغذ صافی می‌سوزد دما از این درجه بالاتر نرود.

معرف‌های شیمیایی مورد نیاز:

هیچ معرف شیمیایی لازم نیست.

روش کار:

نمونه توزین شده قبلی از مرحله چهار مواد معلق را در کوره الکتریکی گداز در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه قرار دهید. اجازه دهید ظرف تدریجاً در هوا خنک شود تا بیشتر حرارت آن کاهش یابد. سپس در دسیکاتور تا دمای اتاق سرد کنید و وزن آن را به عنوان W_3 بر حسب گرم یادداشت نمایید. اگر برای اندازه‌گیری باقیمانده غیر قابل صاف شدن (مواد معلق) از ظرف آلومینیومی برای نگهداری کاغذ صافی استفاده شد، باید کاغذ صافی را قبل از اشتعال به ظرف دیگری منتقل کرد زیرا ورقه‌های آلومینیومی نمی‌توانند در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس حرارت ببینند.

محاسبات:

$$\text{میلی‌گرم در لیتر باقیمانده فرار} = \frac{\frac{\text{میلی‌گرم}}{\text{میلی‌لیتر}} \times 1000 \times (W_2 - W_1)}{\frac{\text{میلی‌لیتر نمونه}}{\text{میلی‌لیتر}} \times 1000}$$

$$\text{میلی‌گرم در لیتر باقیمانده ثابت} = \frac{\frac{\text{میلی‌گرم}}{\text{میلی‌لیتر}} \times 1000 \times (W_2 - W_1)}{\frac{\text{میلی‌لیتر نمونه}}{\text{میلی‌لیتر}} \times 1000}$$



که در آن:

W_1 و W_2 و W_3 بر حسب گرم اندازه‌گیری می‌شوند.

W_1 = جرم بوته آزمایشگاهی یا کاغذ صافی آماده شده؛ W_2 = جرم بوته آزمایشگاهی یا کاغذ صافی بعد از مرحله صاف

شدن نمونه؛ و W_3 = جرم بوته آزمایشگاهی یا کاغذ صافی بعد از مرحله سوزاندن.

مراجع: (8, 12).

۲-۱-۱۵- اندیس حجم لجن (SIV)

اندیس حجم لجن (SIV) از لجن فعال به صورت حجم اشغال شده به وسیله ۱ گرم از لجن فعال بعد از ته نشینی ۳۰ دقیقه‌ای بر حسب میلی‌لیتر تعریف می‌شود. هر چه SIV کمتر باشد نشانه بهتر بودن کیفیت ته نشینی مایع مخلوط هوادهی شده است. همچنین مقادیر بالاتر SIV، کیفیت ضعیف ته نشینی را نشان می‌دهد. لجن با یک SIV معادل ۱۰۰ یا کمتر به عنوان ته نشینی خوب لجن ملاحظه می‌شود.

محاسبات:

نتایج به دست آمده از آزمایش مواد معلق و آزمایش قابلیت ته نشینی بر روی مایع مخلوط هوادهی شده برای تعیین SIV به کار می‌روند.

$$SIV = \frac{1000 \times \text{میزان لجن در مایع مخلوط ته نشین شده به مدت 30 دقیقه (میلی لیتر یا لیتر)}}{\text{مواد معلق مایع مخلوط بر حسب میلی گرم در لیتر}}$$

مراجع: (8, 12).

۲-۱-۱۶- مواد معلق - باقیمانده کل غیر قابل صاف شدن

اصول کلی:

باقیمانده کل غیرقابل صاف شدن که قبلاً از آن به عنوان مواد معلق یا جامدات معلق اشاره گردید، با صاف کردن یک نمونه از طریق کاغذ صافی فایبر گلاس تعیین می‌شود یک وسیله نگهدارنده صافی یا یک بوته آزمایشگاهی Gooch ممکن است مورد استفاده قرار بگیرد. باقیمانده کل غیر قابل صاف شدن ممکن است برای اندازه‌گیری میزان جامدات در واحد فرایندی که حذف جامدات را به عهده دارد به کار برود.

لوازم مورد نیاز:

۱- لوازم صافی غشایی یا بوته آزمایشگاهی Gooch

۲- پمپ خلا یا مکنده آب

۳- ارلن مایر خلا، تقریباً ۵۰۰ میلی‌لیتری

۴- آون خشک، 4 ± 103 درجه سلسیوس

۵- کوره الکتریکی گداز، که در دمای 50 ± 550 درجه سلسیوس تحت کنترل باشد.

۶- ترازوی حساس

۷- کاغذ صافی فایبر گلاس بدون چسب آلی مثل میلی پور ۴۰ - AH, AP - Reeves 934



Gelman Type $\frac{A}{E}$ Angel از نوع معادل به اتصال به لوازم صافی غشایی یا بوته آزمایشگاهی Gooch

۸- دسیکاتور

۹- استوانه مدرج

معرف‌های شیمیایی مورد نیاز:

هیچ معرف شیمیایی مورد نیاز نیست.

روش کار:

۱- یک کاغذ صافی فایبر گلاس را در قسمت فوقانی لوازم نگهدارنده صافی یا بوته آزمایشگاهی Gooch قرار دهید.
۲- پمپ خلا را به کار اندازید و صافی را در سه نوبت متوالی با ۲۰ میلی‌لیتر از آب مقطر بشویید. صافی‌های کاغذی را از لوازم نگهدارنده صافی خارج کنید و به یک ظرف آلومینیوم یا ظرف استیل ضد زنگ منتقل سازید. روش دیگر آن است که مجموعه بوته آزمایشگاهی Gooch و کاغذ صافی را خارج کنید. اگر جامدات فرار تعیین می‌شوند نمی‌توان از ظرف آلومینیومی برای نگه داشتن کاغذ صافی استفاده کرد چون ظروف آلومینیومی نمی‌توانند در ۵۵۰ درجه سلسیوس حرارت داده شوند.

۳- ظرف و کاغذ صافی (یا اگر بوته آزمایشگاهی Gooch به کار می‌رود مجموعه بوته آزمایشگاهی و کاغذ صافی) را برای یک ساعت خشک کنید یا خشک کردن را تا زمانی ادامه دهید که جرم ثابتی به دست آید یا تا زمانی که کاهش وزن کمتر از ۰.۴٪ وزن قبلی یا ۰/۵ میلی‌گرم بشود تا بیشتر حرارت آن کاهش یابد، سپس در یک دسیکاتور تا دمای اتاق آنرا سرد کنید. ظرف و کاغذ صافی (یا بوته آزمایشگاهی و کاغذ صافی) را قبل از استفاده بلافاصله وزن کنید. این وزن را به عنوان W_1 بر حسب گرم یادداشت کنید.

۴- نمونه را به شدت تکان دهید و حجم مورد نظر را به یک استوانه مدرج منتقل سازید. حجم نمونه را به کمک یک پمپ خلا یا مکنده آب از کاغذ صافی عبور دهید و تا زمانی که تمامی قطرات آب از کاغذ صافی عبور دهید و تا زمانی که تمام قطرات آب از کاغذ صافی عبور نمایند کار را ادامه دهید. در حالی که مکش به وسیله پمپ خلا ادامه دارد استوانه مدرج، کیف فیلتر، دیواره فیلتر و صافی را ۳ نوبت متوالی با آب مقطر شستشو دهید تا کلیه آب از صافی عبور نماید. سپس با دقت کاغذ صافی را از لوازم فیلتر جدا سازید و به ظرف منتقل کنید. روش دیگر آن است که بوته آزمایشگاهی Gooch و کاغذ صافی را خارج کنید و در دمای ۱۰۳ تا ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۱ ساعت تا رسیدن به جرم ثابت خشک نمایید. سپس در دسیکاتور تا دمای اتاق سرد کنید، بعد از این مرحله آنرا وزن کنید و حاصل را به عنوان W_2 بر حسب گرم یادداشت نمایید.

محاسبات:

$$\text{میلی گرم در لیتر مواد معلق کل} = \frac{\frac{\text{میلی گرم}}{\text{میلی لیتر}} * 1000 * \frac{\text{میلی لیتر}}{\text{لیتر}} * 1000 * (W_2 - W_1)}{\text{میلی لیتر نمونه صف شده}}$$

که در آن:

W_2 و W_1 بر حسب گرم اندازه‌گیری می‌شوند.

W_1 = جرم بوته یا کاغذ صافی آماده شده؛ W_2 = جرم بوته یا کاغذ صافی بعد از مرحله فیلتراسیون.

مراجع: (8, 12).



۲-۱-۱۷- روش سانتریفیوژ برای تخمین مواد معلق

سانتریفیوژ آزمایشگاهی روش سریع و آسان برای تخمین غلظت جامدات معلق مایع مخلوط یا لجن برگشتی فراهم می‌سازد، این روش به همراه روش وزن سنجی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مسلماً طبیعت دینامیکی سیستم‌های بیولوژیکی، فاکتور سانتریفیوژ را همان گونه که در قسمت (۱) در زیر عنوان روش کار تعیین می‌شود روشی مطمئن قلمداد خواهد کرد تنها به شرطی که سیستم بیولوژیکی کم یا بیش پایدار بماند. برای اهداف عملی، تعیین فاکتور سانتریفیوژ باید حداقل یکبار در هفته تکرار شود.

لوازم مورد نیاز:

۱- کلیه تجهیزات لازم برای تعیین مواد معلق به روش وزن سنجی

۲- سانتریفیوژ آزمایشگاهی با قابلیت ۱۲۰۰ تا ۲۰۰۰ دور در دقیقه

۳- تاکومتر برای سانتریفیوژ

۴- تایمر

۵- لوله‌های مدرج سانتریفیوژ با دقت ۰/۱ میلی‌لیتر

روش کار:

قسمت (۱):

تعیین فاکتور سانتریفیوژ:

جامدات معلق هر نمونه از مایع مخلوط یا لجن برگشتی را به روش وزن سنجی تعیین نمایید. سپس لوله‌های سانتریفیوژ را با بخشی از همان نمونه خوب بهم زده شده پر نمایید. سانتریفیوژ را بر طبق راهنماییهای شرکت سازنده، بارگذاری نمایید.

سپس سانتریفیوژ و تایمر را به کار اندازید. از تاکومتر برای تنظیم دور در دقیقه سانتریفیوژ استفاده کنید. زمان و سرعت سانتریفیوژ کردن معین و استاندارد نیست اما باید برای کلیه اندازه‌گیری‌ها یکسان باشد. پانزده دقیقه در ۱۵۰۰ دور در دقیقه توصیه می‌شود. بعد از توقف گردونه سانتریفیوژ لوله‌های سانتریفیوژ را خارج کنید حجم جامدات لخته شده در کف لوله را قرائت کنید و با دقت ۰/۱ میلی‌لیتر یادداشت نمایید.



محاسبات برای قسمت (۱):

$$\text{جامدات معلق (S.S) بر حسب میلی گرم در لیتر} = \frac{\text{فاکتور سانتریفیوژ}}{\text{حجم جامدات لخته شده بر حسب میلی لیتر}}$$

مثال:

$$\frac{1800}{1.5} = 1200 \text{ میلی لیتر / میلی گرم در لیتر}$$

که در آن:

جامدات معلق (S.S.) = ۱۸۰۰ میلی گرم در لیتر؛ قرائت لوله سانتریفیوژ = ۱/۵ میلی لیتر.

قسمت (۲):

تخمین جامدات معلق:

لوله‌های سانتریفیوژ را با نمونه خوب بهم زده شده پر نمایید. سپس آن را بارگذاری کنید و همانند مراحل ۳ و ۴ و ۵ از قسمت (۱) سانتریفیوژ را به کار اندازید.

محاسبات برای قسمت (۲):

(۲)

فاکتور سانتریفیوژ × قرائت لوله سانتریفیوژ بر حسب میلی لیتر = جامدات معلق بر حسب میلی گرم در لیتر

مثال:

$$\frac{\text{میلی گرم}}{\text{لیتر}} = 2160 = (1.8) * (1200) = \text{جامدات معلق}$$

میلی لیتر ۱/۸ = قرائت لوله سانتریفیوژ

مراجع: (8, 12).

۲-۱-۱۸- فسفر کل

اصول کلی:

فسفر در فاضلاب منحصرأ به صورت اشکال مختلف فسفات دیده می‌شود. فسفات‌ها ممکن است به فرم‌های محلول، ذرات غیر آلی یا اجرام میکروارگانیسم‌ها وجود داشته باشند.

لوازم مورد نیاز:

۱- گرم کن الکتریکی (Hot plate)

۲- عینک‌های ایمنی و محافظ

۳- ارلن مایر ۱۲۵ میلی‌لیتری



۴- اسپکتروفوتومتر یا فیلتر فوتومتر

۵- لوازم شیشه‌ای شستشوی اسید

معرف‌های شیمیایی لازم:

۱- پرسولفات آمونیوم، جامد

۲- هیدروکسید سدیم، NaOH، ۱ نرمال:

مقدار ۴۰ گرم از NaOH را در آب مقطر بدون CO₂ حل کنید و تا حجم ۱ لیتر رقیق کنید.

۳- محلول معرف فنل فتالئین:

مقدار ۸۰ میلی‌گرم فنل فتالئین را در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول حل کنید.

۴- محلول اسید سولفوریک:

مقدار ۳۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ را به آهستگی به حدود ۶۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه کنید. وقتی محلول

سرد شد، ۴ میلی‌لیتر اسید نیتریک HNO₃ غلیظ اضافه کنید و تا حجم ۱ لیتر آن را رقیق کنید.

۵- معرف شیمیایی مولیبدات آمونیوم:

مقدار ۲۵ گرم از $(NH_4)_6MO_7 \cdot O_{24} \cdot 4H_2O$ را در ۱۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر حل کنید. با احتیاط ۲۸۰ میلی‌لیتر

اسید سولفوریک غلیظ را به ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه کنید. سپس سرد کرده و محلول مولیبدات را اضافه کنید و

تا حجم ۱ لیتر رقیق سازید.

۶- معرف شیمیایی کلرید استانوز:

مقدار ۲/۵ گرم از SnCl₂·2H₂O تازه را در ۱۰۰ میلی‌لیتر گلیسرول حل نمایید. در بن ماری آن را گرما داده و با میله

شیشه‌ای بهم بزنید تا حل آن تسریع بشود.

۷- محلول استاندارد:

مقدار ۰/۲۱۹۵ گرم فسفات دی هیدروژن پتاسیم بدون آب را در آب مقطر حل کنید و تا حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رقیق

سازید. این حجم دارای ۵۰ میلی‌گرم در لیتر فسفات (PO₄ - P) یا (۵۰ میکروگرم در میلی‌لیتر) می‌باشد.

روش کار:

۱- نیمی از یک نمونه دارای کمتر از ۰/۲ میلی‌گرم فسفر را در یک ارلن مایر ۱۲۵ میلی‌لیتری به ۵۰ میلی‌لیتر برسانید و

۱ قطره معرف فنل فتالئین اضافه نمایید. اگر رنگ قرمز ظاهر شد محلول اسید سولفوریک را قطره قطره اضافه کنید تا

کاملاً رنگ محو شود. سپس ۱ میلی‌لیتر محلول اسید سولفوریک و ۰/۴ گرم پرسولفات آمونیوم جامد بیافزایید.

۲- به آهستگی محلول فوق را روی صفحه گرم کننده الکتریکی که از قبل گرم شده در زیر یک هود بخار به مدت ۳۰ تا

۴۰ دقیقه یا تا رسیدن به حجم ۱۰ میلی‌لیتر بجوشانید. مخلوط را سرد کنید و سپس با آب مقطر تا حجم ۳۰ میلی‌لیتر

رقیق کنید، ۱ قطره معرف فنل فتالئین اضافه کنید و با محلول NaOH تا رنگ صورتی کم‌رنگ آن را تنظیم کنید.

۳- محلول فوق را با آب مقطر تا حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر برسانید.



۴- همراه با بهم زدن کامل بعد از هر افزودن، ۴ میلی لیتر معرف شیمیایی مولیبدات و ۰/۵ میلی لیتر (۱۰ قطره) ماده کلرید استانوز اضافه نمایید. نمونه‌ها و استانداردها را با اختلاف ۲ درجه سلسیوس از یکدیگر و بین ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس نگهداری کنید.

۵- بعد از ۱۰ دقیقه اما قبل از ۱۲ دقیقه، از فواصل مشخص شده یکسان برای کلیه اندازه‌گیری‌های نورسنجی رنگ تا طول موج ۶۹۰ نانومتر استفاده نمایید. سپس با یک منحنی استاندارد و با استفاده از شاهد آب مقطر تطبیق نمایید مسیرهای نوری مناسب فوتومتر برای فواصل مختلف غلظت در جدول زیر آمده است.

جدول ۲-۲- مسیرهای نوری مناسب فوتومتر برای فواصل مختلف غلظت

مسیر نور (میلی متر)	تخمین فاصله P، (میلی گرم در لیتر)
۵	۰/۳ - ۲
۲۰	۰/۱ - ۱
۱۰۰	۰/۰۰۲ - ۰/۲

تهیه منحنی استاندارد:

۲،۱، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ میلی لیتر از محلول استاندارد فسفات را با آب مقطر تا حجم ۱۰۰ میلی لیتر رقیق کنید و همانند مراحل ۴ و ۵ رنگ را آشکار سازید. رنگ را در طول موج ۶۹۰ نانومتر اندازه‌گیری نمایید. این استانداردهای رقیق شده شامل ۰/۵، ۱، ۲،۵، ۵، ۱۲،۵، ۲۵ میلی گرم فسفر - فسفات (P - PO4) به طور نسبی می‌باشد. یک منحنی استاندارد از فسفر بر حسب میلی گرم را در برابر جذب یا انتقال رسم نمایید.

محاسبات:

$$\text{میلی لیتر} = \frac{1000 \times \text{میلی گرم فسفر (از منحنی)}}{\text{میلی لیتر نمونه}} = \text{فسفر بر حسب میلی گرم در لیتر}$$

مراجع: (8, 12).



۲-۱-۱۹- کلیات کل فاضلاب و لجن

اصول کلی:

کلیات یک آب عبارت از ظرفیت کمی آن برای خنثی سازی یک اسید قوی تا یک pH معین می باشد. تعیین میزان کلیات در نقاط مختلف یک تصفیه خانه به فهم و تفسیر فرایند تصفیه و مدیریتها ضمه، تصفیه لجن و بهبود لجن قبل از فیلتراسیون خلا کمک می کند.

مزاحمت:

مواد مداخله کننده مهمی در فاضلاب خانگی وجود ندارد.

وسایل مورد نیاز:

۱- بورت ۵۰ میلی لیتری

۲- بشرها

۳- مزورها

۴- بالن ژوژه های حجمی

۵- بطری های مناسب مورد نیاز

۶- pH متر و الکترودها

معرف های شیمیایی مورد نیاز:

۱- اسید سولفوریک ۱ نرمال: یک بالن حجمی ۱ لیتری را به میزان تقریبی ۵۰۰ میلی لیتر از آب مقطر پر کنید و در حالی که به هم می زنید با احتیاط ۲۸ میلی لیتر از اسید سولفوریک غلیظ را به آن بیافزایید و سپس آن را سرد کنید و تا حجم یک لیتر آن را رقیق سازید.

۲- اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال: ۱۰۰ میلی لیتر از اسید سولفوریک ۱ نرمال را در یک بالن ژوژه حجمی ۱ لیتری تا حجم ۱ لیتر رقیق سازید.

۳- اسید سولفوریک ۰/۰۲ نرمال: ۲۰ میلی لیتر از اسید سولفوریک ۱ نرمال را در یک بالن ژوژه حجمی ۱ لیتری تا حجم ۱ لیتر رقیق سازید.

انتخاب روش:

برای کلیات هایی که انتظار می رود کمتر از ۲۰۰ میلی گرم در لیتر باشد از اسید سولفوریک ۰/۰۲ نرمال به عنوان تیترا کننده استفاده کنید. برای کلیات هایی که انتظار می رود بیش از ۲۰۰ میلی گرم در لیتر باشد از اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال به عنوان تیترا کننده استفاده نمایید.

روش کار:

۱- برای انتقال ۵۰ میلی لیتر از نمونه به یک بشر ۱۰۰ میلی لیتری از یک پی پت یا مزور استفاده کنید.

۲- بورت را با اسید سولفوریک ۰/۱ یا ۰/۰۲ نرمال پر کنید.

۳- یک pH متر تنظیم شده را انتخاب کنید و با بهم زدن مداوم محتوی بشر، با اسید سولفوریک موجود در بورت تا pH مساوی ۴/۵ تیترا نمایید.



محاسبات:

$$CaCO_3 = \frac{(1000)(\text{وزن اکیوالان } CaCO_3)(\text{نرمالیتة } H_2SO_4)(\text{میلی لیتر } H_2SO_4)}{(\text{میلی لیتر نمونه})(\text{گرم})}$$

که در آن:

میلی لیتر اسید سولفوریک = میلی لیتر ماده تیترا کننده لازم برای رسیدن به نقطه پایانی تیتراسیون؛ نرمالیتة اسید سولفوریک = نسبت اکی والان اسید سولفوریک به لیتر ماده تیترا کننده؛ وزن اکی والان $CaCO_3 = 50$ (وزن اکی والان $CaCO_3$ ؛ و میلی لیتر نمونه = حجم نمونه منتقل شده به بشر .

مثال:

$$CaCO_3 (\text{میلی گرم در لیتر}) = \frac{(46)(0.1)(50)(1000)}{(50)} = 4600$$

میلی لیتر اسید سولفوریک = ۴۶

نرمالیتة اسید سولفوریک = ۰/۱ و

میلی لیتر نمونه = ۵۰

مراجع: (8, 12).

۲-۱-۲۰- کلرور

اصول کلی:

در مناطق ساحلی مقادیر زیاد کلراید در فاضلاب نفوذ آب شور به سیستم جمع آوری را نشان می دهد. کلراید ناشی از مرحله احیا ژئولیت و تبادل یونی در سختی گیرهای آب نیز به فاضلاب اضافه می شود. فاضلاب انسانی نیز موجب افزایش کلراید می شوند. میزان کلراید باید در داخل تصفیه خانه ثابت باقی بماند و هیچ اهمیتی در تفسیر تغییرات فرآیند یا راندمان ندارد. pH کم نشان دهنده ورود فاضلاب صنعتی دارای اسید هیدروکلریک است.

مزاحمت:

سولفید و قلیابیت اضافی منابع احتمالی مزاحمت هستند، اسیدی کردن و جوشاندن به دفع این مزاحمت ها کمک می کنند. مزاحمت کدورت با صاف کردن از یک صافی بدون کلراید کاسته می شود.

لوازم مورد نیاز:

۱- بورت، ۵۰ میلی لیتری

۲- ارلن مایر، ۲۵۰ میلی لیتری

۳- بشرها

۴- مزورها

۵- بالن ژوژه های حجمی ۱ لیتری

۶- بطری های مناسب بر حسب نیاز

۷- پی پت ۵ میلی لیتری



۸- وسایل فیلتراسیون برای مزاحمت کدورت

معرف‌های شیمیایی مورد نیاز:

۱- نیترات نقره، تقریباً ۰/۰۱۴۱ نرمال

به میزان ۲/۳۹۶ گرم از نیترات نقره ($AgNO_3$) را در آب مقطر حل کنید و تا حجم ۱ لیتر در یک بالن ژوژه حجمی رقیق سازید. سپس آن را در مقابل محلول کلراید سدیم ۰/۰۱۴۱ استاندارد کنید (روش کار را ملاحظه نمایید). یک میلی‌لیتر محلول نیترات نقره مساوی تقریباً ۰/۵ میلی‌گرم کلر است.

۲- کلراید سدیم، ۰/۰۱۴۱ نرمال

به میزان ۰/۸۲۴۱ گرم از کلراید سدیم (که در دمای ۱۴۰ درجه سلسیوس خشک شده باشد) را در آب مقطر حل کنید و در یک بالن ژوژه حجمی تا حجم ۱ لیتر رقیق سازید. یک میلی‌لیتر محلول کلراید سدیم مساوی ۰/۵ میلی‌گرم کلر است.

۳- اندیکاتور کرومات پتاسیم

مقدار ۵۰ گرم کرومات پتاسیم (K_2CrO_4) را حل کنید و با آب مقطر تا حجم ۱ لیتر رقیق نمایید.

روش کار:

۱- برای استاندارد کردن نیترات نقره، دقیقاً ۲۰ میلی‌لیتر از کلراید سدیم ۰/۰۱۴۱ نرمال را با پی پت به ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری انتقال دهید و ۱ میلی‌لیتر از معرف کرومات پتاسیم به آن بیافزایید. مطابق مرحله ۴ تیتراسیون نمایید. بنابراین:

$$\text{نرمالیتة } AgNO_3 = \frac{\text{نرمالیتة (NaCl) (میلی لیتر)}}{\text{میلی لیتر } AgNO_3}$$

۲- اگر نمونه کدر است آن را صاف کنید. ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه را (یا مقدار کمتری که تا ۱۰۰ میلی‌لیتر رقیق شده است) همراه آب مقطر به یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری انتقال دهید.

۳- یک میلی‌لیتر از معرف کرومات پتاسیم را با پی پت اضافه نمایید.

۴- با بهم زدن محتوی ارلن مایر محلول نیترات نقره را از بورت اضافه کنید تا زمانی که نقطه پایانی زرد متمایل به صورتی یکنواخت فرا برسد. حجم نیترات نقره اضافه شده را به عنوان M_1 بر حسب میلی‌لیتر یادداشت نمایید.

۵- مراحل ۲، ۳، ۴ را با ۱۰۰ میلی‌لیتر از آب مقطر به عنوان شاهد به جای نمونه تکرار نمایید. حجم نیترات نقره اضافه شده را به عنوان M_2 بر حسب میلی‌لیتر یادداشت نمایید.

محاسبات:

$$CL = (M_1 - M_2) * \frac{\text{نرمالیتة } (AgNO_3) (1000 \text{ میلی گرم}) (\text{وزن اکی والان } -CL)}{(1 \text{ گرم}) (\text{میلی لیتر نمونه})}$$

که در آن:

M_1 = حجم نیترات نقره به دست آمده از مرحله ۴؛ M_2 = حجم نیترات نقره به دست آمده از مرحله ۵؛ وزن اکیوالان

کلر = ۳۵/۴۵؛ نرمالیتة نیترات نقره = نرمالیتة نیترات نقره حاصل از مرحله ۱؛ و میلی‌لیتر نمونه = حجم نمونه ریخته

شده در ارلن مایر

مثال:

$$CL = \frac{(15-0.3)(35.45)(1000)(0.0145)}{(100)} = 76$$



که در آن:

$$M_1 = 15 \text{ میلی لیتر؛ } M_2 = 0.3 \text{ میلی لیتر؛ وزن اکیوالان کالر } = 35/45 \text{؛ نرمالیتته نیترات نقره } = 0.145 \text{؛ میلی لیتر نمونه} \\ = 100 =$$

مراجع: (8, 12).

۲-۱-۲۱- نیتروژن نیتراتی

اصول کلی:

با روش بیولوژیکی در فرآیندهای تصفیه ثانویه سیستم‌های صافی چکنده با بار استاندارد لجن فعال، مقداری نیتروفیکاسیون آمونیاک آزاد به نیتريت و سپس به نیترات اتفاق می‌افتد. ابتدا اکسیداسیون آمونیاک به نیتريت (NO_2) و سپس به نیترات (NO_3) روی می‌دهد. میزان تشکیل NO_3 از NO_2 چنان سریع است که با کمی استثنا تنها چند دهم از NO_2 بر حسب میلی گرم در لیتر یافت می‌شود. میزان نیتروژن NO_3 در پسابهای صافی چکنده با بار استاندارد (۲ تا ۱۵ میلی گرم در لیتر نیتروژن) نشانه خوبی از تکمیل فرایند تثبیت (نیتروفیکاسیون) است. نمونه ممکن است به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شود، با وجود این برای دوره‌های طولانی تر باید توام با ۵ میلی لیتر از کلروفورم در هر لیتر از نمونه نگهداری شود.

مزاحمت‌ها:

نیتريت عامل مزاحم است، اما این مزاحمت با حضور اسید سولفانلیک در معرف شیمیایی کاهش می‌یابد. کالر باقیمانده در پسابهای نهایی کلردار باید همانگونه که شرح داده شد با ارسنیت سدیم حذف گردد. کلرایدها تا غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر از NaCl مزاحمتی ایجاد نمی‌کنند.

لوازم مورد نیاز:

۱- اسپکتروفوتومتر برای استفاده در طول موج ۴۱۰ نانومتر

۲- فیلتر فوتومتر برای استفاده در طول موج ۴۰۰ تا ۴۲۵ نانومتر و

۳- بشرها

۴- مزورها

۵- بالن ژوژه‌های حجمی مناسب

۶- یک پی پت ایمنی بر حسب نیاز

معرف‌های شیمیایی مورد نیاز:

۱- محلول پایه نیترات:

مقدار ۰/۷۲۱۸ گرم نیترات پتاسیم بدون آب (KNO_3) را در آب مقطر حل کنید. سپس با آب مقطر تا حجم ۱

لیتر رقیق سازید. این محلول دارای ۱۰۰ میلی لیتر از نیتروژن نیترات است.

۲- محلول استاندارد نیترات:



صد میلی‌لیتر از محلول پایه نیترات ناشی از مرحله ۱ را با آب مقطر تا حجم ۱ لیتر رقیق سازید. این محلول دارای ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن نیترات می‌باشد.

۳- محلول ارسنیت سدیم:

پنج گرم از NaAsO_2 را حل کنید و با آب مقطر تا حجم ۱ لیتر رقیق کنید.

۴- معرف شیمیایی بروسین - سولفانلیک:

احتیاط: این معرف شیمیایی سمی می‌باشد.

یک گرم سولفات بروسین و ۰/۱ گرم اسید سولفانلیک را در ۷۰ میلی‌لیتر آب مقطر داغ حل کنید. ۳ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک غلیظ (HCL) را اضافه کنید و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر برسانید.

۵- اسید سولفوریک:

به دقت ۵۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ (H_2SO_4) را به ۷۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه کنید. تا دمای اتاق آنرا سرد نمایید و برای پیشگیری از جذب رطوبت هوا آن را سر بسته نگه دارید.

روش کار:

۱- استاندارد کردن وسایل:

صفر (شاهد)، ۵، ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول استاندارد (مرحله ۲) را با آب مقطر تا ۱۰۰ میلی‌لیتر رقیق کنید. همانگونه که شرح داده شد، هر یک از محلول‌ها را تحت روش‌هایی که در مراحل ۳ تا ۷ می‌آید تصفیه کنید. محلول‌ها بیان کننده صفر، ۰/۵، ۱/۵، ۲/۵، ۳/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن نیتراتی در نمونه آزمایش شده می‌باشند. برای تهیه منحنی استاندارد از فوتومتر انتخابی و دستورات مربوط به آن استفاده کنید. این کار با رسم غلظت نیتروژن در برابر میزان جذب انتقالی انجام می‌گیرد، که برای هر مقدار از محلول توسط فوتومتر نشان داده می‌شود.

۲- اگر پس‌آب کلر زنی می‌شود، نمونه‌ها را قبل از استعمال کلر تهیه نمایید. اگر این کار غی ممکن است یا قطره (۰/۵) میلی‌لیتر) از محلول ارسنیت سدیم را به ۵۰ میلی‌لیتر از نمونه برای هر ۰/۱ میلی‌گرم از کلر باقیمانده اضافه نمایید و سپس یک قطره اضافی بریزید. از این مرحله می‌توان با انتخاب یک نقطه مناسب نمونه‌برداری قبل از کلر زنی، صرف نظر کرد.

۳- دو میلی‌لیتر از نمونه صاف شده را با پی پت به هر یک از دو بشر ۵۰ میلی‌لیتری انتقال دهید.

۴- یک میلی‌لیتر آب مقطر به اولین بشر اضافه کنید که به عنوان شاهد صفر نیز می‌باشد و ۱ میلی‌لیتر از معرف بروسین - سولفانلیک را با استفاده از یک پی پت ایمنی به بشر دوم اضافه نمایید.

۵- ده میلی‌لیتر اسید سولفوریک را به هر بشر اضافه کنید. دو بشر دیگر را انتخاب کنید و شاهد و نمونه را از یک بشر به ۶ بشر دیگر انتقال دهید تا اختلاط کامل صورت بگیرد.

۶- به نمونه، حداقل ۳ دقیقه جهت ته نشینی و حداکثر ۱۰ دقیقه جهت تشکیل رنگ فرصت دهید.

۷- شدت رنگ بروسین - نیترات را توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۱۰ نانومتر (یا ۴۰۰ تا ۴۲۵ نانومتر در فیلتر فوتومتر) تعیین نمایید.



محاسبات:

از منحنی استاندارد به طور مستقیم، نیتروژن نیتراتی ($\text{NO}_3\text{-N}$) را بر حسب میلی گرم در لیتر قرائت کنید. اگر نمونه رقیق شده بود همراه با قرائت منحنی استاندارد، از ضریب رقیق سازی بشرها استفاده نمایید. توجه:

منحنی های استاندارد تهیه شده با اغلب فوتومترها، قابل کاربرد برای روش فوق نیستند. اپراتور باید منحنی استاندارد مربوطه را همانند مرحله ۱ روش آزمایش آماده سازد. مراجع: (8, 12).

۲-۱-۲- نیتروژن کل کجدال

اصول کلی:

نیتروژن کل کجدال عبارت از اندازه گیری نیتروژن آلی و نیتروژن آمونیاکی در فاضلاب است. رشد بیولوژیکی میکروارگانیسم ها به نیتروژن آمونیاکی نیاز دارد که به وسیله میکروارگانیسم ها با ترکیب سلول مبدل می شود. نیتروژن آلی شامل مواد طبیعی مثل پروتئین ها و پپتیدها، اسیدهای نوکلئیک و اوره و بسیاری از مواد آلی مصنوعی است و ممکن است از کمتر از ۱ میلی گرم در لیتر تا بیش از ۱۰ میلی گرم در لیتر تغییر نماید. نیتروژن آمونیاکی در بخش قبل بحث شده است.

مزاحمت:

این روش برای تعیین برخی از اشکال نیتروژن مثل آزاید، آکساین، آزو و هیدرازون با شکست مواجه می شود.

ملاحظات ایمنی:

تجزیه نیتروژن کل کجدال شامل استفاده از اسیدها و بازهای قوی در دمای بالا است. این مواد می توانند موجب سوختگی شدید شیمیایی اشخاص شوند و جهت فلزات و دیگر مواد، خورنده هستند. بنابراین کار با این مواد باید با احتیاط توأم باشد و از اقدامات مناسب حفاظتی باید تبعیت شود. این اقدامات شامل پوشیدن لباس مناسب حفاظتی مثل عینک های ایمنی، پیشبند های لاستیکی، دستکش های لاستیکی یا غیر آزبستی محافظ در برابر گرما می باشد و دارای مواد مناسب قابل دسترس برای تمیز کردن هرگونه ریختن های (Spillage) که ممکن است رخ بدهد باشد. علاوه بر آن هضم (Digestion) موجب ایجاد بخارهای SO_3 می شود که هم تحریک آمیز است و هم سمی است. وسایل هضم باید با روش های دفع بخارهای SO_3 مجهز شوند. شخص آزمایش کننده باید کاملاً با هر مرحله از روش کار برای هر کدام از مراحل آماده سازی معرف ها و آنالیز قبل از انجام آنالیز آشنا باشد. مراقبت های زیادی باید در کلیه مراحل به عمل آید، جایی که با محلول های داغ سر و کار دارند یا جایی که محلول شامل غلظت بالایی از یک باز به محلولی با غلظت بالای اسید اضافه می شود یا برعکس.

توجه: روش و حجم های مشخص شده، برای اندازه گیری های بزرگ کجدال (ماکرو کجدال) است. وسایل در دسترس است و مقادیر معرف و نمونه می تواند برای انجام آنالیز بر روی اشل جزئی اصلاح شود.

لوازم مورد نیاز:



۱- وسایل هضم کجدالال مجهز به سیستم دفع بخار (Fume) (در ظرفیت‌های از ۱ تا ۱۲ نمونه قابل تهیه است).

۲- وسایل تقطیر کجدالال با وسایل هضم مناسب

۳- پرل شیشه‌ای یا سنگهای جوش مقاوم در برابر اسید

۴- وسایل مربوط به تیتراسیون

معرف‌های شیمیایی مورد نیاز:

۱- آب مقطر بدون آمونیاک:

یک دهم میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ را به ۱ لیتر آب مقطر اضافه کنید و مجدداً تقطیر نمایید.

۲- اسید سولفوریک ۶ نرمال:

در حین بهم زدن ۱۶۷ میلی‌لیتر از اسید سولفوریک غلیظ را به آهستگی به ۸۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر بدون آمونیاک

اضافه کنید، تا دمای اتاق سرد کنید و با آب مقطر بدون آمونیاک تا حجم ۱ لیتر رقیق سازید.

احتیاط: افزودن اسید سولفوریک غلیظ به آب مقدار زیادی گرما تولید می‌کند.

۳- معرف شیمیایی هضم:

مقدار ۱۳۴ گرم K_2SO_4 را در ۶۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر بدون آمونیاک حل کنید و در حین بهم زدن، ۲۰۰ میلی‌لیتر

از اسید سولفوریک غلیظ را به آن اضافه نمایید.

احتیاط: افزودن اسید سولفوریک غلیظ به آب مقدار زیادی گرما تولید می‌کند. در حالی که بهم زدن انجام می‌گیرد،

محلول تهیه شده با حل کردن ۲ گرم از HgO قرمز (اکسید جیوه) در ۲۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۶ نرمال را به آن

بیافزایید. معرف شیمیایی هضم را به منظور جلوگیری از بلوری شدن بالای ۱۴ درجه سلسیوس نگهداری کنید.

۴- محلول معرف فنل فتالین:

مقدار ۸۰ میلی‌گرم فنل فتالین را در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول حل کنید.

۵- معرف شیمیایی هیدروکسید سدیم - تیوسولفات سدیم:

مقدار ۵۰ گرم $NaOH$ و ۲۵ گرم $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ را در حال بهم زدن در ۷۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل کنید،

سپس آنرا سرد کنید و تا حجم ۱ لیتر رقیق سازید.

احتیاط: افزودن مقادیر زیاد $NaOH$ به آب مقادیر زیادی گرما تولید می‌کند که شاید موجب جوشیدن محلول شود.

۶- محلول معرف مخلوط شده (Mixed indicator solution):

مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم معرف متیل رد را در ۱۰۰ میلی‌لیتر از اتیل الکل ۹۵ درصد یا الکل ایزوپروپیل حل کنید.

۱۰۰ میلی‌گرم متیلن بلو را در ۵۰ میلی‌لیتر از اتیل الکل ۹۵ درصد یا الکل ایزوپروپیل حل کنید. محلول‌ها را با هم

مخلوط کنید.

۷- محلول اسید بوریک شاهد:

مقدار ۲۰ گرم H_3BO_4 را در آب مقطر بدون آمونیاک حل کنید، ۱۰ میلی‌لیتر از محلول معرف مخلوط را اضافه

کنید و با آب مقطر بدون آمونیاک تا حجم ۱ لیتر رقیق کنید.

۸- محلول اسید سولفوریک، ۰/۰۲ نرمال:



با افزودن ۲۷/۸ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ به ۸۰۰ میلی لیتر آب مقطر بدون آمونیاک و رقیق سازی تا حجم ۱ لیتر، اسید سولفوریک ۱ نرمال را آماده سازید.

احتیاط: با افزودن اسید سولفوریک غلیظ به آب گرما تولید می شود. اسید سولفوریک ۰/۰۲ نرمال را به وسیله رقیق سازی ۲۰ میلی لیتر از اسید سولفوریک ۱ نرمال تا حجم ۱ لیتر با آب مقطر بدون آمونیاک تهیه نمایید.

روش کار:

توجه: نیتروژن آلی می تواند از اختلاف بین نیتروژن کجدال (روش زیرین را ملاحظه کنید) و نیتروژن آمونیاکی (بخش نیتروژن آمونیاکی را ملاحظه کنید) به دست آید.

۱- یک نمونه ۲۵۰ میلی لیتری را به ارلن مایر ۸۰۰ میلی لیتری کجدال انتقال دهید تا حجم ۳۰۰ میلی لیتر آن را رقیق سازید و تا pH مساوی ۷ آنرا خنثی کنید. یک شاهد ۲۵۰ میلی لیتر نیز باید تهیه شود.

۲- به دقت با بهم زدن ۵۰ میلی لیتر معرف شیمیایی هضم را به هر ارلن مایر اضافه کنید. احتیاط: با افزودن معرف شیمیایی هضم به نمونه گرما تولید خواهد شد.

۳- بعد از اختلاط ارلن ها را روی وسایل هضم قرار دهید. از وجود سیستم دفع بخارها مطمئن شوید و سپس وسایل هضم را روشن سازید. مطابق معمول جوشیدن مخلوط را ادامه دهید تا محلول شفاف شود (بی رنگ یا به رنگ کهربایی کم رنگ شود). برای ۳۰ دقیقه دیگر بجوشانید، سپس وسایل هضم را خاموش کنید.

۴- فرصت دهید ارلن ها سرد شوند (اجازه ندهید تا محتوی آن منجمد شوند) و با افزودن آب مقطر بدون آمونیاک به ارلن مایر تا حجم ۳۰۰ میلی لیتر رقیق کنید. ۰/۵ میلی لیتر از محلول فنل فتالین را به هر یک از ارلن ها اضافه کنید و بهم بزنید.

۵- ارلن مایر را کج کنید و به آهستگی ۵۰ میلی لیتر معرف شیمیایی هیدروکسید سدیم تیوسولفات سدیم را به قسمت پایین دیواره ارلن هضم بریزید.

احتیاط: محلول ها را بهم بزنید، مقادیر زیادی گرما تولید خواهد شد و آمونیاک موجب ارتعاش محلول می گردد.

۶- با رعایت شرایط ایمنی ارلن مایر کجدال را به وسایل تقطیر وصل کنید. ۵۰ میلی لیتر محلول اسید بوریک شاهد را به ارلن مربوطه اضافه کنید و مطمئن شوید که نوک پی پت زیر سطح اسید بوریک است.

۷- محتوی ارلن کجدال متصل شده را با تکان دادن بهم بزنید.

احتیاط: مقادیر زیادی گرما با اختلاط معرف شیمیایی هیدروکسید سدیم قلیایی تیوسولفات سدیم و مخلوط اسیدی هضم تولید خواهد شد.

۸- وسایل تقطیر را روشن کنید و زیر سطح اسید سولفوریک شاهد، ۲۰۰ میلی لیتر مایع تقطیر شده را جمع آوری کنید. در طول جمع آوری چند میلی لیتر آخر مایع تقطیر، لوله جمع آوری را به بالای سطح محلول شاهد اسید بوریک بیاورید. این کار موجب می شود به هنگامی که وسایل تقطیر خاموش می شود از برگشت محلول مکیده شده به داخل ارلن هضم جلوگیری شود.

۹- وسایل تقطیر را خاموش کنید. ارلن مربوطه را خارج کنید و نیتروژن کجدال در نمونه تقطیر شده را با ماده تیتیر کننده استاندارد ۰/۰۲ نرمال اسید سولفوریک تیتیر کنید. حجم ماده تیتیر کننده را به عنوان A یادداشت نمایید.



۱۰- آب مقطر شاهد را با ماده تیترا کننده استاندارد ۰/۰۲ نرمال اسید سولفوریک تیترا نمایید. حجم ماده تیترا کننده را به عنوان B یادداشت نمایید.

محاسبات:

$$\text{نیتروژن کل کج‌دال، میلی‌گرم در لیتر} = \frac{(A - B)(0.02)(14)(1000)}{\text{میلی لیتر نمونه}}$$

که در آن:

A = میلی‌لیتر ماده تیترا کننده مورد نیاز برای نمونه؛ B = میلی‌لیتر ماده تیترا کننده مورد نیاز برای شاهد؛ ۱۴ = وزن اکی‌والان نیتروژن، ۱۰۰۰ میلی‌گرم در گرم؛ ۰/۰۲ = نرمالیتت اسید سولفوریک؛ و ۱۰۰۰ = میلی‌گرم در گرم.
مراجع: (8, 12).

۲-۱-۲۳- نیتروژن آمونیاکی

اصول کلی:

نیتروژن برای کنترل تصفیه خانه فاضلاب مهم است. چنانچه فاضلاب‌های صنعتی خاص حضور داشته باشند معمولاً نیتروژن آمونیاکی در فاضلاب ممکن است از ۱۰ تا ۴۰ میلی‌گرم در لیتر یا بیشتر متنوع باشد. میزان آمونیاک در حین عبور فاضلاب از ته نشینی اولیه ممکن است به دلیل مقداری آمونوفیکاسیون پروتئین‌ها و اوره در فاضلاب محلول یا ته نشین شده، اندکی افزایش یابد. در صافی‌های چکنده با بار زیاد کمی تغییر وجود دارد در حالی که در صافی‌های استاندارد، بسته به تکمیل اکسیداسیون، آمونیاک در مقادیر مختلفی به نیترات اکسیده می‌شود. در تصفیه خانه لجن فعال ممکن است تبدیل آمونیاک به نیترات‌ها صورت بگیرد. این عمل را نیتریفیکاسیون می‌نامند.

مزاحمت:

رنگ، کدورت و منیزیوم، منابع ابتدایی مزاحمت هستند. آمونیاک موجود در هوا و ناشی از تدخین دخانیات در فضای ساکن (اتاق مسکونی)، عوارض بالایی را در بر خواهد داشت.

لوازم مورد نیاز:

۱- وسایل رنگ سنجی، یکی از وسایل زیر ممکن است مورد استفاده قرار بگیرد:
اسپکتروفوتومتر برای استفاده در طول موج ۴۲۵ نانومتر، فیلتر فوتومتر برای استفاده در طول موج ۴۰۰ تا ۴۲۵ نانومتر و تهیه منحنی استاندارد برای آمونیاک و یا لوله‌های نسلر مناسب

۲- بشر

۳- مزور

۴- بالن ژوژه حجمی

۵- بطری‌های مناسب مورد نیاز

معرف‌های شیمیایی مورد نیاز:

۱- سولفات روی:



صد گرم از سولفات روی ($ZnSO_4$) را وزن کنید و در آب بدون آمونیاک حل کرده و به حجم یک لیتر برسانید. (کلیه معرف‌های لازم برای این آزمایش باید با آب بدون آمونیاک آماده شود). مقادیر جزئی آمونیاک در آب مقطر را با افزودن ۰/۱ میلی‌لیتر اسید سولفوریک (H_2SO_4) قوی به یک لیتر آب مقطر و تقطیر مجدد آن حذف نمایید. راه دیگر آن است که آب مقطر را با مقادیر کافی محلول برم یا کلر به منظور تولید یک باقیمانده آزادهاوزن از ۲ تا ۵ میلی‌گرم در لیتر و تقطیر مجدد بعد از ساکن ماندن حداقل ۱ ساعته آن تصفیه کنید. ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اولیه را دور بریزید. آب مقطر را جهت قابلیت آن به عنوان یک شاهد خوب امتحان کنید. خیلی مشکل است تا آب بدون آمونیاک را در آزمایشگاه ذخیره کنید بدون آنکه با بخارهای آمونیاکی آلوده شود. با وجود این، اگر ذخیره آن لازم است از یک ظرف شیشه‌ای در پوش دار استفاده نمایید که حدود ۱۰ گرم رزین تبادل یون (ترجیحاً رزین تبادل کننده کاتیونی اسیدی قوی) به ۱ لیتر از آب بدون آمونیاک اضافه می‌شود. اجازه بدهید تا رزین ته نشین شود و آب بدون آمونیاک مورد استفاده را به آهستگی خالی نمایید. اگر میزان بالایی از محلول شاهد مورد نیاز است، رزین را مجدداً جایگزین سازید یا آب تازه بدون آمونیاک تهیه کنید.

۲- هیدروکسید سدیم:

دویست و پنجاه گرم از NaOH را در آب بدون آمونیاک حل کرده و به حجم یک لیتر برسانید.

۳- محلول نمک Rochelle (تارتارات سدیم پتاسیم):

پانصد گرم از $(KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O)$ را در یک لیتر آب حل کرده، ۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول را بجوشانید و مجدداً با

آب مقطر به حجم نهایی ۱ لیتر برسانید.

۴- محلول استاندارد کلرید آمونیوم:

مقدار ۳/۸۱۸ گرم از NH_4Cl را در آب مقطر بدون آمونیاک حل کرده و تا حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رقیق کنید.

۵- ده میلی‌گرم در لیتر نیتروژن استاندارد:

ده میلی‌لیتر از محلول استاندارد کلرید آمونیوم را با آب مقطر بدون آمونیاک تا حجم ۱ لیتر رقیق کنید.

۶- معرف شیمیایی مربوط به نسلر:

صد گرم از یداید جیوه بدون آب (HgI_2) و ۷۰ گرم از یداید پتاسیم بدون آب (KI) را در مقدار کمی از آب بدون آمونیاک حل کرده و مخلوط را در حال بهم زدن به آهستگی به یک محلول سرد که از مقدار ۱۶۰ گرم هیدروکسید سدیم (NaOH) در ۱۵۰ میلی‌لیتر آب بدون آمونیاک درست شده اضافه نمایید، سپس آنرا با آب بدون آمونیاک تا حجم ۱ لیتر رقیق سازید و دور از نور خورشید در یک بطری پیرکس با در بطری لاستیکی ذخیره نمایید و با علامتی آن را متمایز کنید.

روش کار:

۱- اگر نمونه‌ها اسیدی هستند توسط محلول رقیق هیدروکسید سدیم تا $pH = 7$ خنثی کنید.

۲- صد میلی‌لیتر از نمونه را با افزودن ۱ میلی‌لیتر از محلول سولفات روی صاف کنید و کاملاً بهم بزنید. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر محلول هیدروکسید سدیم به آن اضافه کرده و مجدداً بهم بزنید. به منظور انعقاد خوب، چند دقیقه‌ای به آن فرصت دهید. سپس صاف کنید، ۲۵ میلی‌لیتر از محلول صاف شده اولیه را دور بریزید.



۳- پنجاه میلی لیتر یا کمتر نمونه را به لوله نسلر انتقال دهید و با ۵۰ میلی لیتر آب مقطر رقیق کنید. حجمی را انتخاب کنید که کمتر از ۵ میلی گرم در لیتر نمونه رقیق شده نیتروژن آمونیاکی ایجاد نماید.

۴- یک یا دو قطره از محلول نمک Rochelle به آن اضافه کنید.

۵- یک میلی لیتر از معرف شیمیایی مربوط به نسلر را اضافه کنید و با واژگون کردن لوله، آنرا به هم بزنید. از یک در بطری استفاده کنید.

۶- بعد از ۱۰ دقیقه، شدت رنگ را در یک اسپکتروفوتومتر یا فیلتر فوتومتر یا در مقایسه با یک سری از استانداردها در لوله‌های نسلر یا شیشه‌های مقایسه کننده رنگ (شیشه‌های رنگ سنج) اندازه‌گیری نمایید.

استاندارد کردن:

اندازه‌گیری به روش نورسنجی (فوتومتریک): یک سری از استانداردها را با رقیق کردن حجم‌های زیرین از ۱۰ میلی گرم در لیتر نیتروژن استاندارد تا ۵۰ میلی لیتر، توسط آب مقطر بدون آمونیاک تهیه نمایید:
صفر (شاهد)، ۲، ۵، ۱۵، ۲۰، ۲۵ میلی لیتر. این رقت‌ها به طور نسبی، ۵۰ میلی لیتر نمونه دارای نیتروژن با غلظت‌های ۰/۴، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ میلی گرم در لیتر در بر دارند. همانند مراحل ۴ و ۵ و ۶ رنگ را اندازه‌گیری کنید و منحنی استاندارد جذب را در برابر غلظت (بر حسب میلی گرم در لیتر) رسم نمایید. منحنی جدیدی برای هر سری تازه از معرف نسلر رسم کنید.

مقایسه چشمی:

یک سری استانداردها برای اندازه‌گیری به روش نورسنجی آماده سازید. همزمان با نمونه‌ها رنگ این استانداردها را با مقایسه چشمی به دست آورید.

محاسبات:

اندازه‌گیری به روش نورسنجی:

$$\frac{50 * \text{غلظت به دست آمده از منحنی استاندارد}}{\text{میلی لیتر نمونه}} = NH_3 - N \text{ بر حسب میلی گرم در لیتر}$$

مقایسه چشمی:

$$\frac{50 * \text{غلظت به دست آمده از مقایسه استاندارد}}{\text{میلی لیتر نمونه}} = NH_3 - N \text{ بر حسب میلی گرم در لیتر}$$

مراجع: (12, 8).



۲-۲- آزمایش‌ها میکروبی

۲-۲-۱- روش صافی‌غشایی برای مجموع کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی

اصول کلی:

روش‌ها و فنون مورد تیز برای آزمایش تعیین مجموع کلیفرم‌ها و کلیفرم‌های مدفوعی اساساً مشابه است. استثنائاتی در انتخاب محیط کشت، انکوباتور، دمای انکوباسیون، میزان ماکزیمم کلنی‌های رشد یافته بر روی صافی، زمان مجاز قبل از قرائت کلونی‌ها و اختلاف در رنگ کلنی‌های آزمایش وجود دارد. جزئیات بیشتری در مورد کلیفرم‌های مدفوعی در طی این متن ارائه می‌شود.

لوازم مورد نیاز:

موقعی که وسایل و مواد مورد نیاز برای روش صافی‌غشایی انتخاب می‌شود آزمایش‌کننده گزینه‌های مختلفی را در پیش رو دارد. از آنجاییکه اغلب آزمایشگاهها مخصوصاً آزمایشگاههای کوچکتر با محدودیت‌های بودجه روبه‌رو هستند باید مقداری هماهنگی وجود داشته باشد. لذا فهرست زیر، گزینه‌های مختلفی را ارائه می‌نماید، که می‌توان مناسب‌ترین آنها را بر حسب نیازهای خاص انتخاب نمود. جائی که تسهیلات مناسب یا پرسنل کافی نداشته باشد وسایل یا مواد مصرفی لیست شده می‌تواند راه حل ممکن باشد. با وجود این بایستی تیم‌های انتخابی مثل محیط کشت آماده و ظروف کشت جهت تضمین کیفیت مطلوب و رضایت بخش بر طبق توصیه "روش‌های استاندارد" از طریق سازنده آنها تأیید شود.

وسایل غیر مصرفی (Nondisposable):

- ۱- انکوباتورها (با کنترل دمای ۳۵ و ۴۴/۵ درجه سلسیوس).
- برای مجموع کلیفرم‌ها از اتافک هوا، دمای یکسان و ثابت 0.5 ± 35 درجه سلسیوس استفاده نمایید، برای کلیفرم مدفوعی از بن ماری یا محفظه آلومینیومی استفاده کنید که دما را در 0.2 ± 44.5 درجه سلسیوس کنترل می‌کند.
- ۲- استریل‌کننده‌ها، از موارد زیر انتخاب کنید:
 - اتوکلاو (یا دیگر استریل‌کننده‌های با بخار تحت فشار)، استریل‌کننده کوره‌ای یا استریل‌کننده ماورا بنفش (UV)
 - ۳- ترازو (با دقت ۰/۱ گرم)،
 - ۴- pH متر،
 - ۵- پمپ خلا، ۱۱۵ ولت، ۶۰ هرتز،
 - ۶- بشرهای آزمایشگاهی ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتری، ۱ یا ۲ لیتری،
 - ۷- مزور ۱۰۰ میلی‌لیتری،
 - ۸- ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری با در بطری پیچی،
 - ۹- صفحه گرم‌کننده الکتریکی (هات پلیت) و بهم‌زدن مغناطیسی با کنترل‌های متغیر،
 - ۱۰- بطری‌های نمونه، ۱۲۰ میلی‌لیتر (۴ اونس)، شیشه بروسیلیکات یا پلی‌پروپیلن قابل اتوکلاو،
 - ۱۱- پی‌پت‌های ۱۰ میلی‌لیتری و ۱ میلی‌لیتری، شیشه‌ای مقاوم به گرما، مدرج شده (موهر یا سرولوژیکی)،
 - ۱۲- بطری‌های رقیق‌سازی، با خط نشانه ۹۹ میلی‌لیتر،



- ۱۳- گیره‌ها، فولاد ضد زنگ، با نوک غیر دندان‌های،
 ۱۴- ارلن‌های خلا، ۱ لیتری (۲ لیتری)،
 ۱۵- لوله خلا، چسب لاستیکی یا سیلیکون لاستیکی، ۱/۵ متر طول، ۵ میلی‌لیتر $\frac{3}{16}$ اینچ قطر داخلی،
 ۱۶- نگهدارنده صافی غشایی، ۴۷ میلی‌لیتر (شیشه‌ای)، پلاستیکی قابل اتوکلاو، استریل یکبار مصرف، یا استیل ضد زنگ،
 ۱۷- چراغ بونزن یا چراغ الکلی،
 ۱۸- میکروسکوپ با عدسی درشت نما با بزرگنمایی ۱۰ برابر و ۲۰ برابر همراه با چراغ فلورسنت

وسایل و مواد مصرفی:

- ۱- صافی‌های غشایی، از قبل استریل شده، مشبک با قطر ۴۷ میلی‌متر، بسته بندی شده همراه با صفحات جاذب یا بدون آن و مطابق با آخرین "روش‌های استاندارد"
 ۲- پتری دیش پلاستیکی از قبل استریل شده، ۴۷ میلی‌متر (همراه با صفحه یا بدون آن)،
 ۳- آبگوشت M – Endo، شیشه ۱۰۰ گرمی $\frac{1}{4}$ پوند برای مجموع کلیفرم‌ها،
 ۴- آبگوشت M – Fc، آمپولهای ۲ میلی‌لیتری،
 ۵- اسید روزالیک، بطری ۲۵ گرمی،
 ۶- فسفات دی هیدروژن پتاسیم (KH_2PO_4)، (درجه معرف (Reagent Grade)،
 ۷- تیوسولفات سدیم، درجه معرف
 ۸- دانه‌های بلور هیدروکسید سدیم، درجه معرف
 ۹- متانول (تکنیکال) و اتانول (ذرات خالص ۹۵٪ طبیعی (Non – denatured))،
 ۱۰- پی‌پت‌های استریل، قابل دسترس (Prefabricated)، که با ۱ میلی‌لیتر و ۱۰ میلی‌لیتر مدرج شده اند،
 ۱۱- وسایل صافی استریل، از قبل آماده شده، به اندازه روزنه ۰/۲۲ میکرومتر یا ۰/۴۵ میکرومتر (یک گزینه برای صاف کردن استریل محلول تامپون).
- توجه: آب خالص آزمایشگاهی باید برای آماده سازی آب رقیق سازی تامپون فسفات و آب شستشو به کار برود. آب مقطر (به دست آمده از دستگاه تقطیر که به طریق تولید بخار انجام می‌شود) یا آب صاف شده به روش یون زدایی (De ionized water – (از واحدی که دارای ستون کربن است) برای استفاده مناسب است. برای کیفیت توصیه شده جهت آب خالص آزمایشگاهی به جداول منتشره در "روش‌های استاندارد" رجوع کنید. آنالیز کننده باید آگاه باشد که دستگاه تقطیر و برخی از انواع سیستم‌های یون زداینده آب می‌توانند کلر، کلرآمین‌ها و آمین‌های سمی دیگ بخار را از خود عبور دهند. این عوامل و یا فلزات سنگین می‌توانند برای ارگانیسیم‌های آزمایش سمی باشند و جواب منفی ناصحیح در بر داشته باشند.

آماده سازی محلول‌های مربوط به محیط کشت و تامپون و خنثی سازی:



برای آزمایشگاه‌هایی که کمتر از ۱۵۰ آزمایش در روز انجام می‌دهند، آمپول‌های تضمینی ۲ میلی‌لیتری (یا آمپول‌های ۵۰ میلی‌لیتری) از آبگوشت M – Endo تهیه شود، یا آبگوشت M – Fc که ارزان‌تر هستند و برای استفاده مناسب‌ترند. جایی که آماده‌سازی محیط کشت و مواد مورد نیاز است موارد زیر مفید خواهد بود:

آبگوشت M – Endo (مجموع کلیفرم‌ها):

- ۱- مقدار ۴/۸ گرم از محیط کشت M – Endo بدون آب را داخل ظرف (دیش) توزین شده بریزید و وزن کنید.
- ۲- دو میلی‌لیتر از اتیلن الکل ۹۵ درصد طبیعی را به ۱۰۰ میلی‌لیتر آب خالص آزمایشگاهی در یک مزور اضافه کنید.
- ۳- به طور تقریبی ۲۰ میلی‌لیتر از محلول را از مزور به ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری با در بطری پیچشی سرازیر کنید.
- ۴- مقادیر مربوط به پتری دیش توزین شده را به داخل ارلن مایر اضافه کنید و بهم بزنید تا محیط مجدداً آبدار شود.
- ۵- مقادیر باقیمانده مزور را به ارلن مایر اضافه کنید و کاملاً آنرا مخلوط نمایید.
- ۶- ارلن مایر را همراه با پوشش نرم در بن ماری یا در یک بشر موقت و حمام آب صفحه داغ الکتریکی قرار دهید.
- ۷- محیط کشت را برای ۳ تا ۵ دقیقه حرارت داده، به نقطه جوش برسانید اما اجازه ندهید بجوشد.
- ۸- سپس آنرا خارج کرده و تا ۴۵ درجه سلسیوس سرد کنید. pH محیط را کنترل کنید اگر لازم است pH را بین ۷/۱ و pH مساوی ۷/۳ با NaOH یا HCL یک نرمال تنظیم کنید. pH محیط خشک احیا شده به ندرت به تنظیم نیاز دارد.

- ۹- مقدار ۱/۸ تا ۲ میلی‌لیتر از محیط کشت را به داخل ظروف پتری ۴۷ میلی‌متری محتوی صفحه جاذب پخش کنید.
- ۱۰- محیط کشت باقیمانده ممکن است در ۲ تا ۱۰ درجه سلسیوس برای حداکثر ۹۶ ساعت سرد شود. (بعد از تهیه در یک ظرف درپوش دار ذخیره می‌شود). با وجود این بهتر است به طور روزانه محیط تازه تهیه شود. برای نتایج مناسب باید این محیط کشت را در برابر محیط کشت‌های معروف آزمایش کرد.

آبگوشت M – Fc (کلیفرم مدفوعی):

- ۱- صد میلی‌لیتر از آب خالص آزمایشگاهی را ۳/۷ گرم از محیط خشک M – Fc در یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری با در بطری پیچشی بیافزایید.
- ۲- در یک ارلن دیگر، ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول هیدروکسید سدیم ۰/۲ نرمال (۰/۸ گرم از NaOH در ۱۰۰ میلی‌لیتر) را به ۱ گرم از اسید روزالیک برای تولید محصول ۱٪ اسید روزالیک اضافه نمایید (میزان محلول پایه اسید روزالیک ممکن است در ۲ تا ۱۰ درجه سلسیوس در محیط تاریک ذخیره شود و بعد از ۲ هفته دور انداخته شود و یا اگر رنگ آن از قرمز تیره به قهوه‌ای خاکی تغییر نماید فوراً دور ریخته می‌شود).
- ۳- یک میلی‌لیتر از محلول ۱٪ اسید روزالیک را به آبگوشت خشک M – Fc انتقال دهید.
- ۴- محیط را در یک ارلن با پوشش نرم تا نقطه جوش حرارت دهید، سپس فوراً آن را خارج سازید و زیر ۴۵ درجه سلسیوس آن را سرد کنید. اتوکلاو نکنید pH نهایی باید ۰/۲ ± ۷/۴ باشد.
- ۵- (همانند آبگوشت M – Endo) در دمای اتاق آن را تقسیم نمایید. بخش استفاده نشده آن را در دمای ۲ تا ۱۰ درجه سلسیوس نگه دارید و بعد از ۹۶ ساعت دور بریزید.



تامپون فسفات:

تامپون فسفات برای رقیق سازی و شستن نمونه‌ها بکار می‌رود. این محلول باید استریل شود چون هریک از ارگانسیم‌های حاضر در تامپون ممکن است با رشد زیاد در غشا، تولید مواد سمی یا رقابت بر سر مواد غذایی در شمارش کلیفرم‌ها مزاحمت ایجاد می‌نماید.

تهیه تامپون:

۱- محلول پایه اول: ۳۴ گرم از فسفات دی هیدروژن پتاسیم (KH_2PO_4) را در ۵۰۰ میلی‌لیتر از آب خالص آزمایشگاهی حل نمایید. pH را با NaOH یک نرمال تا pH مساوی ۷/۲ تنظیم کنید و سپس به منظور تولید ۱ لیتر محلول پایه تامپون با آب خالص آزمایشگاهی تا حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر رقیق سازید. تامپون پایه را سرد کنید. اگر تامپون کدر شد آن را دور بریزید.

۲- محلول پایه دوم: ۳۸ گرم از کلرید منیزیم (MgCl_2) یا ۸۱/۴ گرم از $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ را در ۱ لیتر آب خالص آزمایشگاهی حل نمایید.

۳- محلول مورد عمل ۱/۲۵ میلی‌لیتر از محلول پایه اول را به ۵ میلی‌لیتر از محلول پایه دوم اضافه کنید و با آب خالص آزمایشگاهی تا حجم ۱ لیتر رقیق کنید و کاملاً مخلوط نمایید.

محلول تیو سولفات سدیم (۱۰٪):

۱- ده گرم از تیوسولفات سدیم را در یک ظرف توزین وزن کنید.

۲- سپس به داخل یک بشر تمیز کوچک بریزید.

۳- بیست و پنج میلی‌لیتر از آب خالص آزمایشگاهی را به آن اضافه کرده و بهم بزنید یا تکان دهید تا کاملاً حل بشود.

۴- مقادیر (حل شده) را به داخل بطری تمیز رقیق سازی (یا ازلن مایر ۱۲۵ میلی‌لیتری با در بطری پیچشی) بریزید.

۵- هفتاد و پنج میلی‌لیتر از آب خالص آزمایشگاهی به آن اضافه کرده و در بطری را قرار دهید.

۶- بخوبی آن را تکان دهید تا مطمئن شوید که تیوسولفات سدیم کاملاً مخلوط و حل شده است.

توجه: وقتی به استفاده از آن نیاز دارید، ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول را به بطری‌های نمونه ۴ اونس بریزید و به عنوان ظروف نمونه برای پساب‌های کلردار استفاده کنید.

استریل کردن لوازم و مواد:

وقتی لوازم و مواد غیر مصرفی استریل مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، نگهدارنده‌های صافی، محیط کشت، تامپون، بطری‌های نمونه، بطری‌های رقیق سازی و پی‌پت‌ها باید قبل از استفاده استریل بشوند. بسته به واحدهای مورد استفاده روش‌های موجود عبارتند از: بخار تحت فشار، حرارت خشک، تابش با اشعه UV و صاف کردن غشایی.

روش اتوکلاو:

برای تامپون شستشو، محلول را در یک ظرف بروسیلیکات ۱ لیتری نگهداری کنید یا در داخل بطری‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری بریزید یا در بطری یا پوشش نرمی سر آنها را ببندید و در ۱۲۱ درجه سلسیوس و ۱۵ پوند بر اینچ مربع فشار به مدت ۱۵ دقیقه (صد میلی‌لیتر یا کمتر) یا ۳۰ دقیقه (۵۰۰ میلی‌لیتر تا حجم ۱ لیتر) اتوکلاو کنید.

برای بطری‌های رقیق سازی آن را به مقادیری قسمت کنید که ۲ ۹۳ میلی‌لیتر یا ۲ ۹۴ میلی‌لیتر فراهم بشود. درپوش نرم آن را بگذارید و در ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱۵ پوند بر اینچ مربع برای ۱۵ دقیقه اتوکلاو کنید.



روش‌های صافی غشایی:

اگر اتوکلاو در دسترس نیست یا راندمان و راحتی کار مهم است ذرات را به وسیله تامپون صاف کردن همراه با نگهدارنده صافی با قطر ۴۷ میلی‌متر و غشا صافی به اندازه ۴ میکرومتر و پیش صافی ۴۲ میلی‌متری با الیاف ریز پشم شیشه حذف کنید. محلول صاف شده را به یک ظرف استریل انتقال دهید و سپس بر حسب نیاز (در موقع صاف کردن نمونه) مستقیماً آن را به داخل قیف صافی برای مرحله شستشو بریزید یا به داخل بطری رقیق سازی (بطری‌ها) با استفاده از یک سرنگ ۵۰ میلی‌لیتری متصل به یک واحد صافی قابل دفع و از قبل استریل شده با منافذی به اندازه ۰/۴۵ میکرومتر یا ۰/۲۲ میکرومتر بریزید.

بطری‌های نمونه/رقیق‌سازی:

توصیه‌هایی برای استفاده از شیشه‌های بروسلیکات یا بطری‌های نمونه پلی پروپیلن (با ظرفیت ۱۲۰ میلی‌لیتر) وجود دارد. اگر آب مورد نمونه‌گیری، کلرینه می‌شود، ۱ میلی‌لیتر محلول ۱ درصد تازه تهیه شده تیوسولفات سدیم را به بطری، قبلاً استریل کرده اضافه نمایید. سر و گردنه بطری را با زورق آلومینیومی یا کاغذ کرافت بپوشانید و در ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه اتوکلاو کنید، بطری‌های شیشه‌ای خالی یا پی‌پت‌های شیشه‌ای را یا در ۱۲۱ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه اتوکلاو کنید یا در حرارت خشک در ۱۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۱ ساعت (۲ ساعت برای پی‌پت‌های شیشه‌ای بکار می‌رود اگر در ظروف فلزی قرار بگیرند) استفاده کنید.

نگهدارنده صافی:

کلیه نگهدارنده‌های شیشه‌ای غیرمصرفی یا فولادی ضد زنگ را می‌توان با اتوکلاو کردن، استریل کردن با UV یا حرارت خشک استریل نمود.

اتوکلاو با بخار:

قیف و پایه را با کاغذ کرافت یا دیگر کاغذهای اتوکلاو بپوشانید و در ۱۲۱ درجه سلسیوس و ۱۵ پوند بر اینچ مربع (PSI) به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه اتوکلاو کنید. وسایل تا موقع باز شدن استریل باقی می‌مانند.

اشعه ماورا بنفش (UV):

جایی که اتوکلاو یا کوره حرارت خشک در آزمایشگاه موجود نیست استریل سازی با UV به مدت ۲ تا ۳ دقیقه برای نگهدارنده‌های صافی، کاملاً مؤثر یافت شده‌اند.

حرارت خشک بافور:

این روش تنها برای نگهدارنده‌های شیشه‌ای یا فولادی ضد زنگ توصیه می‌شود، در بطری لاستیکی را جدا کرده با زورق آلومینیومی بپوشانید و به مدت ۱ ساعت در دمای ۱۷۰ درجه سلسیوس حرارت دهید. وسایل تا موقع باز شدن استریل باقی می‌مانند.

روش‌های متناوب استریل سازی:

برای کاربردهای صحرائی یا جاییکه شرایط اجازه استفاده از روشهای مشروحه قبل را نمی‌دهد یکی از دو روش متناوب زیر ممکن است بکار برود:

۱- جوشاندن:



هر یک از نگهدارنده‌ها یا بطری‌های نمونه شیشه‌ای یا پلی پروپیلن ممکن است درست قبل از استفاده، با فرو بردن در آب جوش به مدت ۱۰ دقیقه استریل شوند سپس با استفاده از گیره فلزی آنها را خارج کرده و دهانه آنها را بپوشانید و سطح اصلی را با زورق آلومینیومی براق بپوشانید. بلافاصله بعد از سرد کردن مورد استفاده قرار دهید.

۲- الکل:

اتانول طبیعی ۷۰٪ ترجیح دارد یا اگر قابل دسترسی به آن نیست الکل ایزوپروپیل از ۸۰ درصد تا درصدهای بالاتر

قابل قبول است. وسایل را در الکل به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه غوطه ور کنید. اجازه دهید تا خشک شود و سپس بلافاصله استفاده نمایید. مرجع: (6).



منابع مورد استفاده

- ۱- آمارنامه سال ۱۳۸۵، سازمان آمار کشور.
- ۲- تشریح روش‌ها و بررسی‌های آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های آب و خاک از نظر کشاورزی نشریه شماره ۱۶۸ موسسه تحقیقات خاک و آب کشور
- ۳- دستورالعمل نمونه‌برداری آب نشریه شماره ۲۷۴ - سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۴- دستورالعمل تعیین اسیدیته و قلیائیت و تعیین نیتروژن آب نشریه شماره ۲۶۶، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۵- دستورالعمل آمار برداری منابع آب نشریه شماره ۳۳۰، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۶- دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب نشریه شماره ۲۵۹، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۷- دستورالعمل آماربرداری منابع آب، کد فرم (۰۴-۱۸۱-الف) نشریه ۲۳۹ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.
- ۸- وی دین آدامز. صادقی. راهنمای آزمایش آب و فاضلاب، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۹.
- ۹- راهنمای کنترل و تضمین کیفیت نمونه‌برداری از آب‌های سطحی و خروجی فاضلاب، گروه آلاینده‌های محیط زیست پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی.
- ۱۰- مهارآلودگی آب ناشی از فعالیت‌های کشاورزی، گروه کار سیستم‌های آبیاری در مزرعه، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۱.
- ۱۱- مهدوی، م. ۱۳۷۱. هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران.

12-A.P.H.A.(1992) Standard methods for the examination of water and water.18th.edition;
APHA; AWWA.

13- Burden, FR. 2002. Environmental Monitoring Handbook . Mc Graw Hill. 2002.

14- EPA-841-B-99-007. Protocol for Developing Nutrient Edition. 1999.

15- EPA-822-B00-001. Nutrient Criteria Technical Guidance Manual, Lakes And Reservoirs.
First Edition. April 2000.

16- Eckenfelder, W. W., 1989. Industrial Water Pollution Control. Mc. Graw Hill. International
Editions, New York.

17- Mikio, H., Water Quality and its Control, IAHR, A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands,
1994.

18- Martin, L.J., Mccutcheon, S.C., Hydrodynamics and Transport for Water Quality Modeling,
Lewis Publishers, 1999.

19- National Field Manual for the Collection Of Water Quality Data . USGS. 2005.

20- Principles of Surface Water Quality Modeling And Control. Robert V. Thomann , John A.



Muller – Harper & Row Publishers New York. 1987.

21- Shiati, K., Salinity Management In River Basin; Modeling And Management of The Salt Affected Jarreh Reservoir (Iran), Doctoral Dissertation, Wageningen Agricultural University, The Netherlands, 1991.

22- Virginia Department of Environmental Quality Millennium 2000 Water Quality Monitoring Strategy 2004.

23- Jamic B- E&FN Spon Water Quality Monitoring .(UNEP-WHO) .1996.

24- Water Quality Standards. Hand Book . Second Edition. EPA. August 1994.





مهندسی آب و فاضلاب

www.abfaeng.ir

جلوتر از دیگران حرکت کنید

اطلاعات آموزشی

اطلاعات فنی و مهندسی

اخبار روز آب و فاضلاب

اخبار استخدامی کارفرمایان



[T.me/mohandesifazelab](https://t.me/mohandesifazelab)



[Instagram.com/abfaeng](https://www.instagram.com/abfaeng)