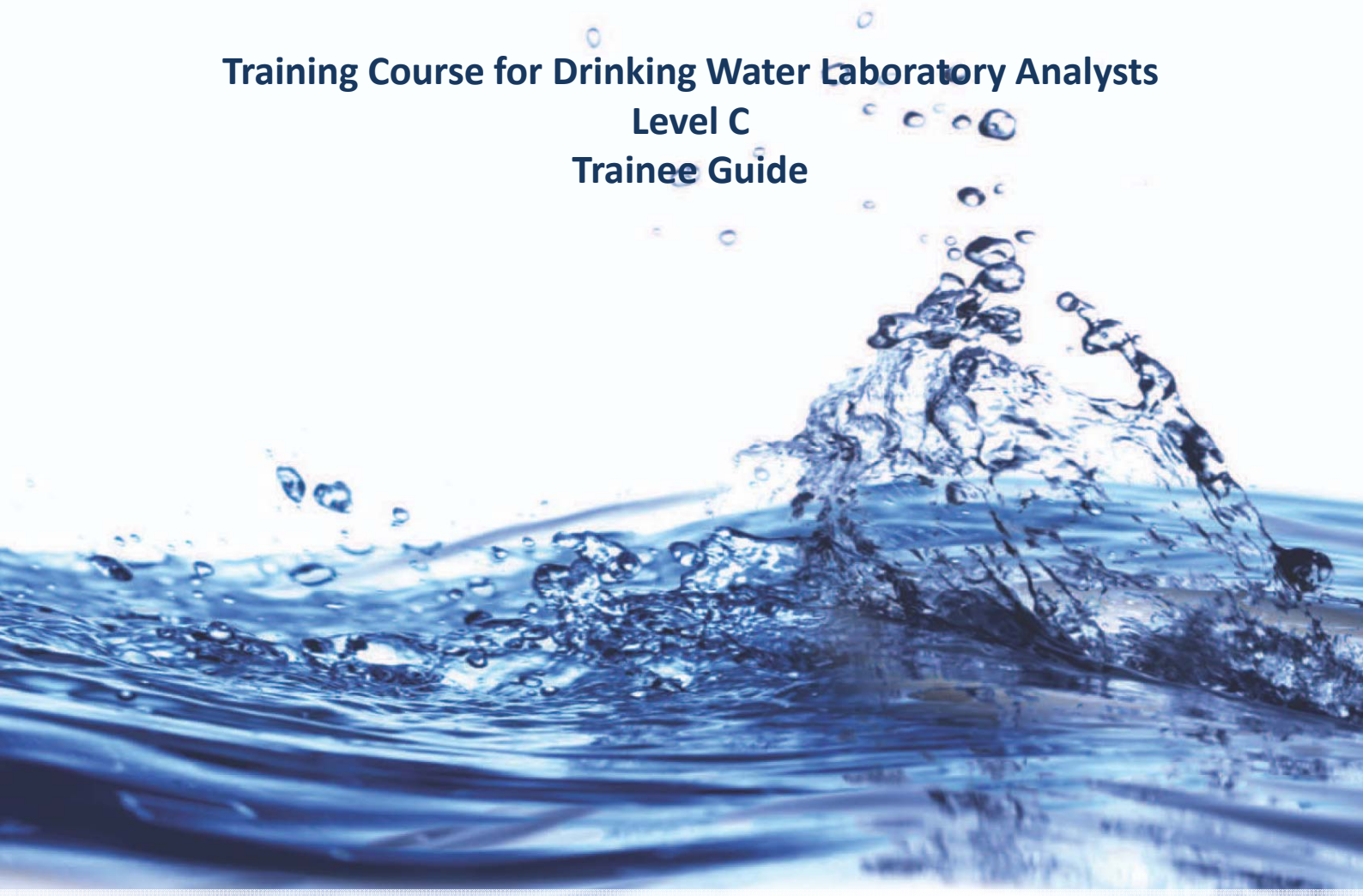
USAID | EGYPT
FROM THE AMERICAN PEOPLE

الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج اعتماد مشغلى مرافق مياه الشرب و الصرف الصحى
Certification Program for Water and Wastewater Treatment Plant Operators and Lab. Analysts

دليل المتدرب
البرنامج التدريبي لمحللي معامل تحاليل مياه الشرب
المستوى (ج)

Training Course for Drinking Water Laboratory Analysts
Level C
Trainee Guide



تم اعداد هذا المستند بواسطة مشروع دعم قطاع المياه و الصرف الصحي الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية

برنامج اعتماد مشغلى مرافق مياه الشرب و الصرف الصحى
Certification Program for Water and Wastewater Treatment Plant Operators and Lab. Analysts

مشروع دعم قطاع مياه الشرب و الصرف الصحي
ممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية

دليل المتدرب
البرنامج التدريبي لمحللي معامل تحاليل مياه الشرب
المستوى (ج)

Training Course for Drinking Water Laboratory Analysts
Level C
Trainee Guide

Contract No. EPP-I-00-04-00020-00, Order No. 3 **T-2013.04.219**

مقدمة

هذا الدليل يمثل حلقة في سلسلة من أعمال التطوير الشامل والدائم في أداء قطاع مياه الشرب والصرف الصحي وكافة مرافقه، كجزء من برنامج "اعتماد مشغلي ومحللي مرافق مياه الشرب والصرف الصحي" والذي يهدف لتأهيل العاملين في هذا القطاع بصورة معتمدة وترتبط بأفضل الممارسات الدولية المعروفة في الدول المتقدمة، بحيث يتم وضعهم في مستويات تمكنهم من تبادل خبراتهم مع كافة المستويات المساوية في أي دولة في العالم واكتساب الخبرات التي تيسر لهم الاطلاع على كل ما هو جديد في مجال أعمالهم واستيعاب التجارب والأبحاث والتقنيات الجديد في هذا المجال.

ومن المؤكد أن برنامج "اعتماد مشغلي ومحللي مرافق مياه الشرب والصرف الصحي" يخدم العديد من الأغراض على مستويات مختلفة، كما يهدف لإنجاز أهداف عديدة للجهات التي سعت إلى وضعه والتخطيط لتنفيذه، فمن أهم أغراض هذا البرنامج أن أي جهة تشارك فيه سوف تكون قادرة على أن:

- تشارك في تنفيذ السياسات القومية للحفاظ على البيئة والصحة العامة وحماية المجتمع من سلبيات أي قصور في أداء مرافق الخدمات العامة.
- تحقق مستويات أداء فني وإداري للمرافق تضمن الحفاظ على استثمارات البنية الأساسية ومشروعاتها وكفاءة تقديم خدماتها وأصول مرافقها ومنشآتها.
- تطور أداء الكوادر الفنية والإدارية المختصة بالتشغيل والصيانة وإدارتها في منشآت مرافق المياه والصرف الصحي لمستويات الدول المتقدمة.
- تضع تصنيفاً واقعيًا لمنشآت المياه والصرف الصحي يرتبط بمستويات تأهيل فني وإداري متميز للقائمين على تشغيلها وجودة خدماتها.
- تطور النظم القائمة للتسجيل والمتابعة والتقييم لأداء كافة أعمال التشغيل والصيانة وفق أحدث النظم ومتطلبات الحفاظ على جودة الخدمات.
- تراجع متطلبات العمالة المدربة والمؤهلة للأداء الأمثل في المرافق وتتبع سياسات متطورة في الاستجابة لهذه المتطلبات مع تطور الأعمال وحجمها.
- تشارك في إنشاء وإتباع نظام تأهيل مستدام ودائم التطور يضمن تدريب وتقييم العاملين في تشغيل المرافق ومعاملها موثقة ومتجددة.

وأهمية البرنامج هو أنه بتحقيق هذه الأغراض يضع قطاع المياه والصرف الصحي ومنشآتها في مصاف مثيلاتها بالدول المتقدمة ويساهم في تحقيق سياسات الجهات المعنية بهذا القطاع، بداية من وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية والشركة القابضة للمياه والصرف الصحي وشركاتها التابعة، وجهاز تنظيم مياه الشرب والصرف الصحي والمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، وصولاً إلى كافة المرافق والمنشآت والوحدات بمرافق وخدمات القطاع.

وفي إطار هذه الأغراض، تم إعداد هذا الدليل ليغطي احتياجات السادة "**محللى معامل تحاليل مياه الشرب**"، **وذلك في المستوى (ج)** من برنامج الاعتماد، وتم فيه مراعاة كل ما يضمن الوفاء باحتياجات بناء قدرات هذه الفئة الهامة من العاملين في مرافق المياه وتوفير مادة مرجعية يسهل الرجوع إليها، وكذلك عند التعامل مع مواقع ومنشآت ومعدات العمل في محطات تنقية مياه الشرب، وما تنطوي عليه من أهمية وارتباط مباشر بالصحة العامة ورضا وثقة العملاء الذين يتلقون هذه الخدمة الحيوية.

والدليل يتم إعداده بواسطة هذا المشروع هو النواة الأولى لسلسة من ثلاث مستويات حيث يتبعه مستويان آخران أكثر تقدما هما (ب، أ) حيث سيتم إضافة ما يحقق ويستوفى الأهداف الموضوعة لهذين المستويين الأعلى منه مباشرة ، كما يشكل هذا الدليل أساسا للملامح الرئيسية للعديد من مناهج ودورات التدريب التالية، وهذا الدليل يحتوى بلا جدال على معارف هامة شارك في وضعها خبراء حائزون على خبرات عالية ومتخصصة ، حيث تخصصوا وعملوا مع جهات دولية عديدة في مجال تشغيل وصيانة معامل التحاليل بشكل عام، ومعامل مرافق ومحطات تنقية المياه بصورة خاصة، وقد تم الاعتماد فى الإعداد بصورة أساسية على المراجع المعدة لتشغيل معامل تحاليل المياه مثل كتاب الطرق القياسية لفحص مياه الشرب ومياه الصرف الصحى المعد بواسطة هيئة أشغال المياه الأمريكية
- "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", AWWA
مع مرجعية لا يمكن تجاهلها لعديد من المصادر الأخرى المرموقة في هذا المجال، ممثلة في مساهمات واضعي المواد التدريبية التي تم الرجوع إليها بواسطة أصحابها ومن خلال الجهات التي أشرفت على أعمالهم.

وهذا الدليل يغطي كافة الجوانب العملية لإجراء التحاليل المعملية لمياه الشرب بما تتضمنه من منشآت ومعدات وأجهزة وعمليات، وسوف نجد كل ما يختص بجودة المياه وخواصها وكيفية تحديدها والاختبارات الكيميائية والبكتريولوجية والبيولوجية والمواد المستخدمة وجرعاتها وطرق إجراء كل

ذلك وضوابطه وأنواع المعدات والأجهزة وأغراض استخدامها وصيانتها، كذلك إجراءات الأمن والصحة المهنية وسلامة العاملين وكافة ما يختص بعمليات تشغيل المعامل، والجوانب الإدارية المرتبطة بكل ذلك.

ونأمل أن تكون هذه المادة وافية وعلى المستوى الذي يكافئ متطلبات تنفيذ هذا المستوى من البرنامج الهام والضروري والذي يمثل إضافة خبرة ومسئولية كبرى لمن يشارك فيه، لما له من أهمية وضرورة تمس وترتبط مباشرة بكافة سياسات الدولة في مجالات الخدمات الهامة والسكان والصحة العامة والبيئة وإدارة الموارد الطبيعية لصالح المجتمع والمواطنين والله الموفق.

المحتويات

الفصل الأول: الأسس النظرية والعملية للتحاليل الكيميائية

أهداف الأداء (التعلم) ١-١
طرق التعبير عن نتائج التحاليل ١-٢
العيارية والمولارية ١-٣
تحضير المحاليل العيارية ١-٦
استخدام الماصات ١-٨
الأدلة ١-١١
المحاليل المنظمة ١-١٦
بعض العلاقات الرياضية فى التحاليل الكيميائية ١-١٩

الفصل الثانى: مصادر وخصائص ومواصفات مياه الشرب ومصادر تلوثها

أهداف الأداء (التعلم) ٢-١
مقدمة ٢-٢
مصادر مياه الشرب ٢-٢
خصائص مياه الشرب ٢-٣
مصادر تلوث مياه الشرب ٢-٧
مواصفات المياه المستخدمة فى الشرب ٢-١٣
المتطلبات الضرورية لمياه الشرب ٢-١٨

الفصل الثالث: متطلبات الجودة فى معامل التحاليل (متطلبات مواصفة الأيزو ١٧٠٢٥)

أهداف الأداء (التعلم) ٣-١
مقدمة ٣-٢
المتطلبات الإدارية ٣-٣
نظام الجودة ٣-٦
التحكم فى أعمال الاختبارات غير المطابقة ٣-٨
الإجراءات الوقائية ٣-٩
المتطلبات الفنية ٣-١١
جمع وتداول العينات ٣-١٨

الكواشف والمواد المرجعية والكيماويات القياسية ٣-٢٠
قياس اللا يقين Uncertainty Measurement ٣-٢٢

الفصل الرابع: الأمان والسلامة فى معامل التحاليل الكيميائية
أهداف الأداء (التعلم) ٤-١
الوقاية من مخاطر المعمل وتجهيزاته ٤-٢
توصيلات الكهرباء ٤-٣
خزانات الغازات والتهوية ٤-٧
التسخين والتجفيف ٤-٨
الخراطيم والسدادات المطاطية ٤-٨
استخدام الماصات ٤-١٢
التعامل مع الأجهزة الزجاجية والزجاج المكسور ٤-١٢
تخزين الكيماويات ٤-١٦
التخلص الآمن من المخلفات والنفايات الكيميائية ٤-١٩
التخلص من المخلفات البيولوجية الخطرة ٤-٢١
التعامل مع الانسكابات ٤-٢٨
معدات الوقاية الشخصية ٤-٣٠
الإسعافات الأولية ٤-٣٢

الفصل الخامس: تقنيات جمع عينات المياه للتحاليل
أهداف الأداء (التعلم) ٥-١
العينات الممثلة واختيار موقع أخذ العينات ٥-٢
حجم العينات ٥-١٢
خطة مراقبة وتأكيد الجودة فى جمع العينات ٥-١٣
سجلات العينات ٥-١٨

الفصل السادس: الأجهزة الرئيسية المستخدمة في قياسات ملوثات مياه الشرب وطرق معايرتها
أهداف الأداء (التعلم) ٦-١
مقدمة ٦-٢
الأجهزة المستخدمة فى قياسات العناصر الفلزية ٦-٢
الأجهزة المستخدمة فى قياسات المركبات العضوية ٦-٢

الفصل السابع: الأجهزة المساعدة والتقنيات المعملية

أهداف الأداء (التعلم) ٧-١

أولاً: الأجهزة المساعدة ٧-٢

ثانيًا: التقنيات المعملية ٧-١٥

الفصل الثامن: التحاليل الكيميائية لمياه الشرب

أهداف الأداء (التعلم) ٨-١

أنواع التحاليل التى تجرى على المياه ٨-٢

التحاليل الكيميائية والفيزيائية ٨-٣

الفصل التاسع: التحليل البكتريولوجى لمياه الشرب باستخدام طريقة الأنابيب المتعددة

أهداف الأداء (التعلم) ٩-١

مقدمة ٩-٢

طرق التحاليل البكتريولوجية ٩-٢

البيئات وماء التخفيف ٩-٩

استمارات التسجيل ٩-٢٤

الفصل العاشر: التحليل البكتريولوجى باستخدام طريقة الترشيح الغشائى

أهداف الأداء (التعلم) ١٠-١

المبدأ الأساسى ١٠-٢

التجهيزات ١٠-٣

المستنبتات (الأوساط) وماء التخفيف ١٠-٤

تعيين إجمالى القولونيات ١٠-٥

مصادر الخطأ فى التحاليل البكتريولوجية ١٠-٩

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند جمع العينة ١٠-١٠

اختبارات مراقبة الجودة ١٠-١٠

الفصل الحادى عشر: التحاليل البيولوجية (الميكروسكوبية) لمياه الشرب

أهداف الأداء (التعلم) ١١-١

الغرض من التحاليل البيولوجية ١١-٢

المتاعب التى تنتج عن وجود الطحالب فى مصادر إمداد المياه ١١-٤

الفحص الميكروسكوبى ١١-٤
المحاليل المستخدمة ١١-٦
طريقة عد الطحاليب ١١-٦

الفصل الثانى عشر: أنواع ومصادر الأخطاء وضبط وتأكيد جودة التحاليل

أهداف الأداء (التعلم) ١٢-١
أولا : أنواع ومصادر الأخطاء فى التحاليل المعملية ١٢-٣
ثانياً: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب ١٢-٦
رسومات الضبط البيانية Control Charts ١٢-٨
عينات الجودة الضابطة ١٢-١٤
ثالث: تأكيد جودة تحاليل مياه الشرب ١٢-١٩
جمع العينات ومعالجتها ١٢-٢٣
المراجعة والتفتيش ١٢-٢٦

الفصل الثالث عشر: إعداد وتداول وحفظ التقارير والسجلات والوثائق

أهداف الأداء (التعلم) ١٣-١
حفظ السجلات وصيانتها وحمايتها واستدعائها ١٣-٣
أنواع السجلات ١٣-٤
تسجيل النتائج ١٣-٩
السجلات Records ١٣-١١
تقارير الاختبارات ١٣-١٢
ضبط البيانات ١٣-١٤
ضبط الوثائق ١٣-١٤
استخدام الحاسبات ١٣-١٥
حماية البيانات ١٣-١٨
قابلية التطبيق ١٣-١٩
حفظ السجلات/ الأرشيف

المراجع

References:

1. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", AWWA, Edition 21.

2. " Water Treatment Plant Operation ", Office of Water Programs, College of Engineering, and Computer Science, California State University, Sacramento. (Fifth Edition), 2008, Volume II.

المراجع العربية:

دورات تدريبية سابقة من كيمونكس مصر للاستشارات ومنها:

- " التحاليل المعملية لمياه الشرب والصرف الصحى SC (8-03) A " مشروع المدن الثانوية الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية – ٢٠٠٤.
- خطوات العمل القياسية للتحاليل المعملية لمياه الشرب والصرف الصحى " SC (8-03) P، مشروع المدن الثانوية الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية – ٢٠٠٤.
- "إدارة نظم السلامة والصحة المهنية لقطاع مياه الشرب والصرف الصحى" DHV (8-42) A، ضمن مشروع التدريب الإداري لقطاع مياه الشرب والصرف الصحي الممول من الوكالة الهولندية للتنمية الدولية

الفصل الأول

الأسس النظرية والعملية للتحاليل الكيميائية

الفصل الأول

الأسس النظرية والعملية للتحاليل الكيميائية

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـى أن:

- يعبر عن نتائج التحاليل الكيميائية بالوحدات الفيزيائية والكيميائية المناسبة.
- يعرف العيارية والمولارية واستخداماتها.
- يشرح كيفية تحضير المحاليل العيارية وخصائص المواد التى تستخدم فى ذلك.
- يذكر الطرق المختلفة التى تستعمل لخلط المحاليل والطريقة الصحيحة لقراءة الماصات والسحاحات والمخابير المدرجة.
- يعرف الأدلة وما هى فائدتها ويشرح معنى خطأ الدليل.
- يعرف المحاليل المنظمة واستخداماتها وكيفية تحديد كميات الأحماض والأملاح اللازمة لتحضير المحلول المنظم.
- يحدد بعض العلاقات المستخدمة فى التحليل الحجمى والطيفى والجهدى والتحليل بالتوصيل الكهربى.

طرق التعبير عن نتائـج التحاليل

يعبر عن نتائج التحاليل الكيميائية لأنواع المياه المختلفة بوحدات فيزيائية وكيميائية، ويبين الجدول رقم (١-١) بعض هذه الطرق.

والجدير بالذكر بأنه وحدة الأوزان هى الجرام ووحدة الحجوم هى اللتر ويبين الجدول رقم (١-٢) الوحدات الوزنية المستخدمة والتى تقل عن الجرام.

وتعبر نسبة الكتلة إلى الحجوم عن التركيز، فمثلاً الملليجرام فى اللتر هو جزء فى المليون (ppm) وهو نفسه الميكروجرام فى الميللتر الواحد، والميكروجرام المذاب فى لتر هو جزء من البليون (ppb) وهو نفسه النانوجرام فى الميللتر الواحد.

جدول رقم (١-١)
طرق التعبير عن التركيز ووحداتها

الأساس	العلاقة	وحدة التعبير
وزن وحدة الحجم	ملليجرام/ لتر من المحلول	ملليجرام/ لتر(mg/L)
	جرام/ لتر من المحلول	جرام/ لتر (g/L)
نسبة الوزن	ملليجرام/ كيلوجرام أو لتر من المحلول	جزء فى المليون (ppm)
نسبة حجم	ميلليلتر/ لتر من المحلول	ملليلتر/ لتر (ml/L)
الكثافة	كتلة المحلول/ وحدة الحجم	جرام/ ملليلتر (g/ml)
النسبة المئوية وزناً	وزن المذاب × ١٠٠/ وزن المذاب + وزن المذيب	% وزناً (%wt)
النسبة المئوية حجماً	حجم المذاب × ١٠٠/ وزن المذاب + وزن المذيب	حجم% (Vol %)
العيارية	وزن مكافئ جرامى من المذاب/ لتر من المحلول	ع (N)
المولارية	الوزن الجزئي الجرامى للمذاب/ لتر من المحلول	مولاري (M)
المولالية	الوزن الجزئي الجرامى للمذاب/ كيلوجرام من المحلول	مولالى (L)
الكسر المولى	عدد جزيئات المكون (أ) الجرامية/ عدد جزيئات جميع المكونات الجرامية	نسبة

جدول رقم (١-٢)
وحدات الوزن المستخدمة الأصغر من الجرام، وقيمتها ورمزها

الوحدة	القيمة بالجرام	الرمز
ملليجرام	$١٠^{-٣}$	(mg)
ميكروجرام	$١٠^{-٦}$	(µg)
نانوجرام	$١٠^{-٩}$	(ng)
بيكوجرام	$١٠^{-١٢}$	(pg)
فمتوجرام	$١٠^{-١٥}$	(fg)
أوتوجرام	١٠^{-18}	(ag)
زبتوجرام	$١٠^{-٢٤}$	(zg)

وتسجل نتائج الاختبارات الكيميائية والفيزيائية عادة بالميلليجرام/ لتر، وإذا كانت النتائج أقل من ٠.١ ملليجرام/ لتر فإنه من الأفضل التعبير عنها بالميكروجرام/ لتر، وإذا كانت النتائج أكبر من ١٠.٠٠٠ ملليجرام/ لتر فإنه من الأفضل التعبير عنها بالنسبة المئوية (%) حيث أن كل ١% يعادل ١٠.٠٠٠ ملليجرام/ لتر.

العيارية والمولارية تستخدم العيارية والمولارية عادة للتعبير عن تحضير المحاليل القياسية، فالعيارية هى عدد المكافئات الجرامية من المادة فى لتر من المذيب، والوزن المكافئ الجرامى من المادة يساوى (الوزن الجزيئ الجرامى/ س) حيث (س) تعتمد على طبيعة المادة (حمض – قلوى – مادة مؤكسدة – مادة مختزلة .... إلخ)، ففى حالة الأحماض فإن (س) = عدد ذرات الأيدروجين البدول فى الحامض.

مثال:
الوزن المكافئ الجرامى لحمض الأيدروكلوريك = ٣٦.٥ ÷ ١ = ٣٦.٥ جرام
الوزن المكافئ الجرامى لحمض االكبريتيك = ٩٨ ÷ ٢ = ٤٩ جرام
الوزن المكافئ الجرامى لحمض الفوسفوريك = ٩٨ ÷ ٣ = ٣٢.٧ جرام

حيث ١ و ٢ و ٣ هى أعداد ذرات الأيدروجين البدول فى هذه الأحماض على الترتيب.

وفى حالة القلويات والقواعد فإن (س) = عدد المكافئات من الحمض التى يتفاعل معها.

الوزن المكافئ الجرامى لهيدروكسيد الصوديوم = ٤٠ / ١
الوزن المكافئ الجرامى لكربونات الصوديوم = ٤٠ / ٢

حيث ١ و ٢ هى عدد المكافئات من الحمض التى تتفاعل مع وزن جزىء واحد من المادتين على الترتيب:

$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$

$Na_2CO_3 + 2\ HCl = 2\ NaCl + H_2O + CO_2$

وفى حالة المواد المؤكسدة أو المختزلة فإن (س) = التغير فى رقم التأكسد (عدد الإلكترونات المكتسبة أو المفقودة فى التفاعل).

مثال:
الوزن المكافئ الجرامى لبرمنجنات البوتاسيوم فى الوسط الحامض = الوزن الجزيئى الجرامى لبرمنجنات البوتاسيوم ÷ ٥

وحيث أن رقم التأكسد لعنصر المنجنيز فى الصورة المؤكسدة = ٧ وفى الصورة المختزلة = ٢ فالتغير = ٧ – ٢ = ٥

$MnO_4- = Mn_2+$

وفى الوسط القاعدى فإن التغير فى رقم التأكسد لعنصر المنجنيز ٧ – ٤ = ٣

$MnO_4- = MnO_2$

وبنفس الطريقة فإن التغير فى رقم التأكسد لمادة مؤكسدة أو مختزلة يمكن حسابها بمعرفة الصورة المؤكسدة والصورة المختزلة كما هو مبين فى الجدول رقم (١-٣).

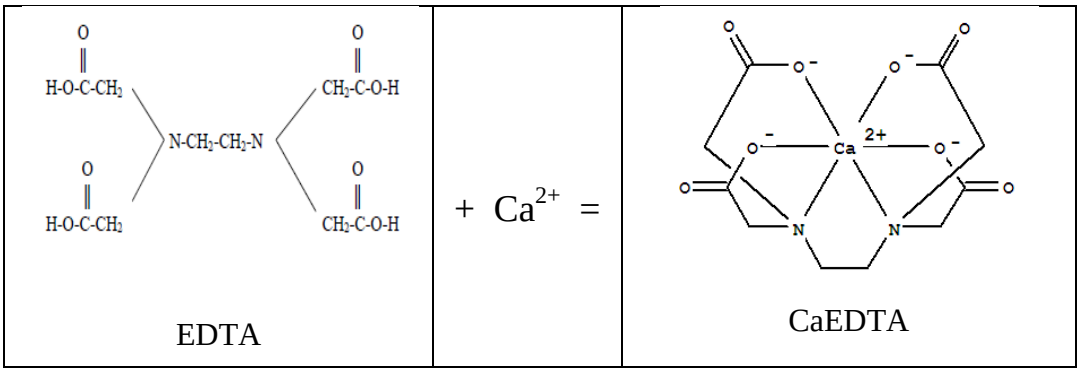
جدول رقم (١-٣)
التغير فى رقم التأكسد لبعض المواد

الصورة المؤكسدة	الصورة المختزلة	التغير فى رقم التأكسد
Fe^{3+}	Fe^{2+}	1
Sn^{4+}	Sn^{2+}	2
$Cr_2O_7^{2-}$	$2\ Cr^{3+}$	6
As^{5+}	As^{3+}	2
I_2	$2I^-$	2
$S_4O_6^{2-}$	$2S_2O_3^{2-}$	1
IO_3^-	I^-	6
$Mn^{7+}(OH^-)$	Mn^{4+}	3
$Mn^{7+}(H^+)$	Mn^{2+}	5
Ce^{4+}	Ce^{3+}	1
OCl^-	Cl^-	2

وفى حالة المواد المستخدمة فى تفاعلات الترسيب أو تكوين المتراكبات فان الوزن المكافئ يساوى الوزن الذى يتفاعل مع أو يعطى أيون موجب واحد أحادى التكافؤ أو نصف أيون ثنائى التكافؤ.

مثال:

$Ag^+ + Cl^- = AgCl$



الوزن المكافئ = الوزن الجزيئى

والمعروف أن المواد الكيميائية تتفاعل مع بعضها بنسبة أوزانها المكافئة (مكافئ مع مكافئ).

(N X V = N' X V')

وبما أن:

العيارى (ع) = مكافئ/ لتر= مللى مكافئ/ ملليلتر (١)

وحيث أن المكافئ = الوزن بالجرام/ الوزن المكافئ (٢)

فإن الميللى المكافئ = الوزن بالميلليجرام/ الوزن المكافئ (٣)

وعليه فإن ع = الوزن بالملليجرام/ (الوزن المكافئ × ملليلتر) (٤)

أى أن:

(mg/ equivalent weight = N X V)

تحضير المحاليل العيارية

لتحضير محاليل قياسية تستخدم مواد تتميز بالخصائص الآتية والتى إذا توافرت يكون المحلول المحضر محلول قياسى أولى:

١. درجة عالية من النقاوة وخالية من الشوائب.
٢. يتطابق الرمز الكيميائى مع تركيبها فعدد جزيئات ماء التبلر مثلا يجب تطابقة مع الرمز الكيميائى.
٣. ذو تركيب كيميائي ثابت.
٤. ذو وزن مكافئ مرتفع.

ويحسب الوزن المكافئ للمادة ويوزن القدر المطلوب للحجم المراد تحضيره ويذاب فى قارورة عيارية محددة الحجم وتستخدم مباشرة.

ومن أمثلة هذه المواد: حمض الأكساليك، وكربونات الصوديوم، وفثلات البوتاسيوم الأيدروجينية، وثانى كرومات البوتاسيوم ويودات البوتاسيوم.

ولا يمكن تحضير محاليل قياسية أولية من بعض المواد الأخرى التى لا ينطبق عليها المتطلبات السابقة ويجب بعد تحضيرها إجراء معايرة لها لتحديد تركيزها الحقيقى. وعلى سبيل المثال عند تحضير محلول من أحماض

الهيدروكلوريك والكبريتيك والنيتريك والفوسفوريك وأيدروكسيد الصوديوم وبرمنجنات البوتاسيوم يلزم إجراء معايرة لها بعد التحضير لمعرفة العيارية الحقيقية الدقيقة لها حيث أن هذه المواد ليست مواد قياسية أولية.

وعند تحضير محاليل من الأحماض السائلة لا توزن الكميات المطلوبة بل تؤخذ الحجوم المناظرة. وفى هذه الحالة يجب معرفة نسبة الحمض وكثافته.

مثال:
كيف تحضر ٢٥٠ ميلليلتر من حمض أيدروكلوريك ٠.١ عيارى (كثافة الحمض ١.١٤ جم/ ملليلتر ونسبة الحمض المئوية ٢٨.١٨%) الوزن المكافئ للحمض ٣٦.٥.

لتحضير ٢٥٠ ميلليلتر من محلول ٠.١ عيارى يلزم ٣٦.٥ × ٠.١ × ٢٥٠ ÷ ١٠٠٠ = ٠.٩١٢٥ جم

ونظرًا لعدم سهولة وزن أحماض سائلة وتأثيرها على تآكل مكونات الميزان تحول هذه القيمة إلى حجم يسهل قياسه ونقله باستخدام الماصات، وعليه فإن ٠.٩١٢٥ جم تكافئ ٠.٩١٢٥ ÷ ١.١٤ = ٠.٨٠٠ ميلليلتر إذا كان محلول الحمض بتركيز ١٠٠ %، ونظرًا لأن تركيز الحمض ٢٨.١٨ % فيكون الحجم اللازم = ٠.٨ × ١٠٠ ÷ ٢٨.١٨ = ٢.٨٤ مليليتر، وبذلك فإن إذابة ٢.٨٤ ملليلتر من الحامض المركز فى قارورة عيارية سعتها ٢٥٠ ميلليلتر وتكملة الحجم حتى العلامة يعطى محلول عياريته ٠.١ عيارى تقريبًا ويجب معايرة المحلول لتحديد عياريته على وجه الدقة.

ويمكن استخدام العلاقة الآتية لمعرفة الحجوم اللازمة من الأحماض المركزة لتحضير محاليل عيارية:

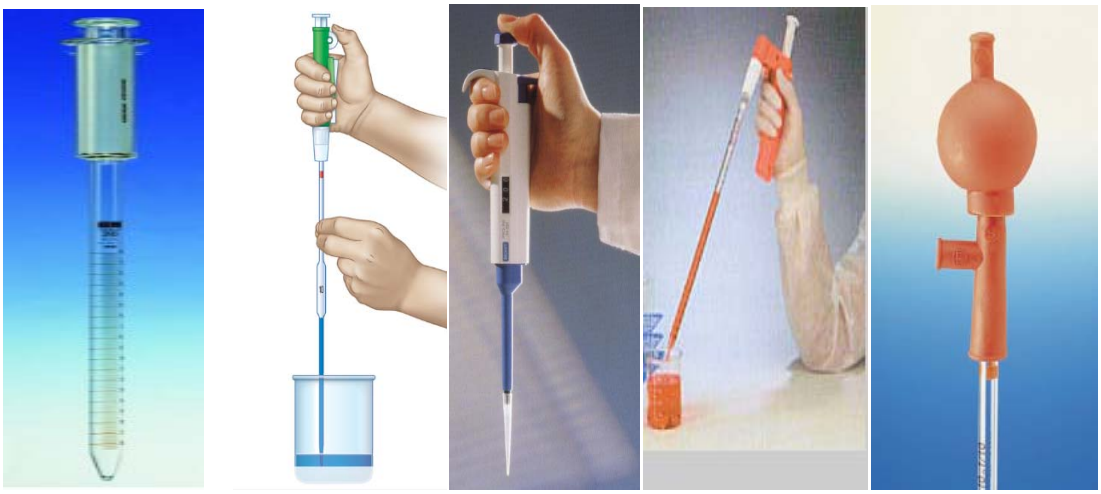
الحجم المطلوب = (الوزن المكافئ للحمض × العيارية المطلوبة × الحجم المطلوب) ÷ (١٠ × كثافة الحمض × نسبة تركيز الحمض).

وتنقل الحجوم من الأحماض أو القلويات أو المواد القياسية أو المطلوب معايرتها باستخدام الماصات.

استخدام الماصات

تستخدم الماصات فى نقل وقياس حجوم مختلفة من المحاليل القياسية أو محاليل المواد المراد تقديرها، والماصات الزجاجية عبارة عن أنبوبة زجاجية ذات طرف مسحوب وقد تكون مدرجة إلى حجوم مختلفة، أو غير مدرجة ذات انتفاخ بسعة واحدة، أو متغيرة الحجوم، كما هو موضح بالشكل رقم (١-١)، ولا يجب ملئها بواسطة الفم أو تفريغها بالنفخ بل يلزم استخدام وسائل آمنة مثل المضخات المطاطية أو المكابس أو الساحبات الأوتوماتيكية كما هو موضح بالشكل رقم (١-٢). ويجب تنظيف الماصات بغسلها بالمنظفات الصناعية والماء المقطر والاحتفاظ بها فى وضع رأسى، كما يجب معايرتها بصورة دورية بالطرق القياسية.

شكل رقم (١-١)
بعض أنواع الماصات المستخدمة فى التحاليل



شكل رقم (١-٢)
بعض وسائل ملء وتفريغ الماصات

خلط المحاليل

هناك ثلاثة طرق لخلط المحاليل وتخفيفها:

الطريقة الأولى:

وفيها تغطى العبوة وتمسك فى وضع رأسى وتقلب وتعاد لوضعها الأصلى وتكرر العملية عدة مرات.

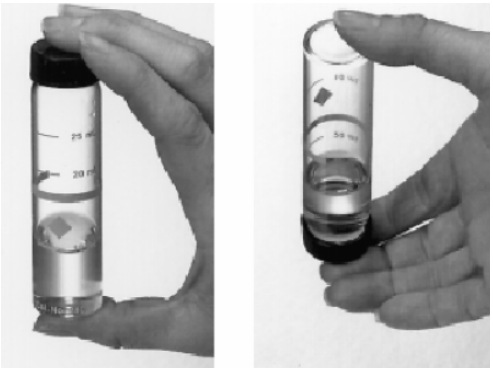
الطريقة الثانية:

وتستخدم مع القوارير العيارية وفيها يمسك عنق القارورة وغطاؤها بيد والانتفاخ أو باقى القارورة باليد الأخرى وتقلب برجها دورانيا وسريعا فى الاتجاهين المتعاكسين.

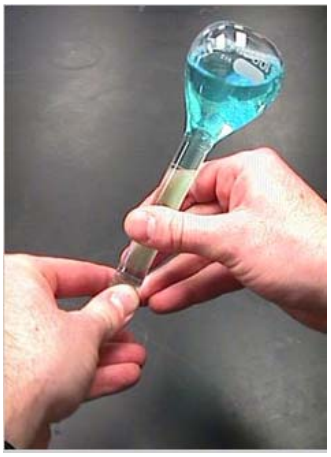
الطريقة الثالثة:

وتستخدم لرج وخلط المحاليل فى المخابير أو دوارق المعايرة حيث يمسك طرف المخبار أو الدورق بأطراف ثلاثة أصابع بحيث تميل بزاوية ٤٥ درجة وتحرك حركة دائرية.

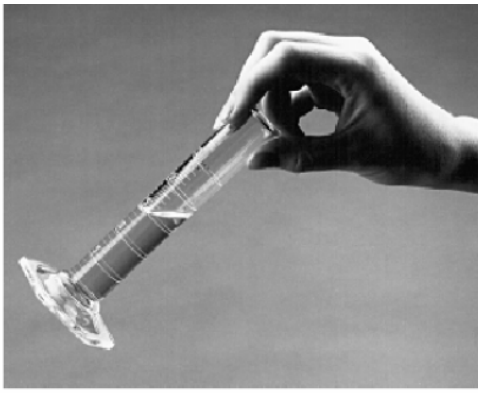
ويوضح الشكل رقم (١-٣) الطرق المختلفة لخلط المحاليل.



الطريقة الأولى لخلط المحاليل



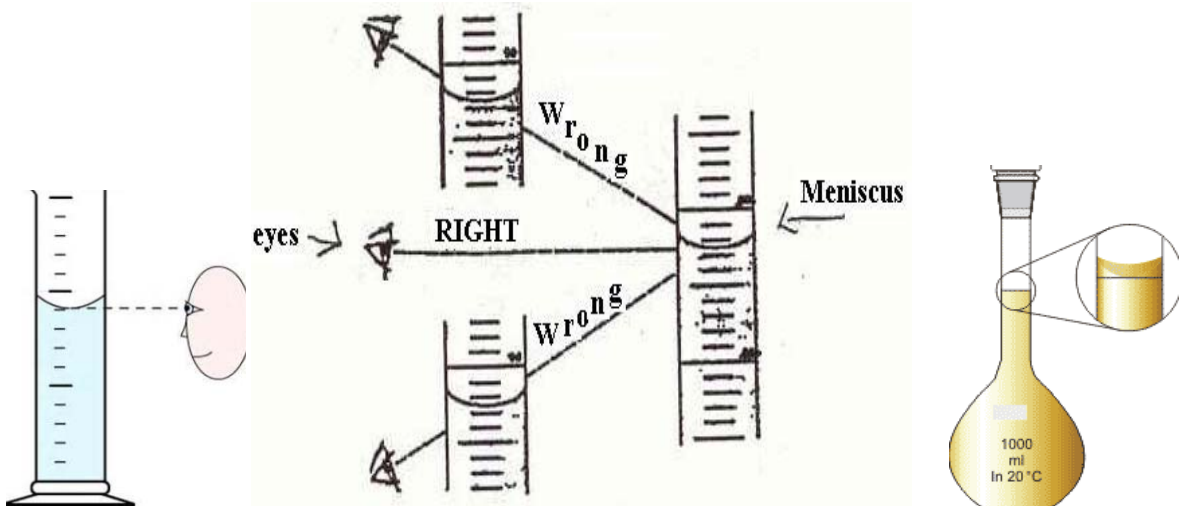
الطريقة الثانية لخلط المحاليل



الطريقة الثالثة لخلط المحاليل

شكل رقم (١-٣)
طرق خلط المحاليل

وعند قراءة الماصات والسحاحات والمخابير المدرجة يراعى أن يكون مستوى العين على استقامة القراءة كما هو مبين بالشكل رقم (١-٤).



شكل رقم (١-٤)

الطريقة الصحيحة لقراءة الماصات والسحاحات والمخابير المدرجة

الأدلة Indicators

تنقسم التفاعلات المستخدمة فى التحاليل الحجمية إلى عدة أنواع:

١. تفاعلات التعادل.
٢. تفاعلات الأكسدة والاختزال.
٣. تفاعلات الترسيب.
٤. تفاعلات تكوين المتراكبات.

ويلزم لتقدير المادة إدخالها فى أحد هذه التفاعلات وذلك حسب طبيعتها بمعايرتها مع محلول قياسى معلوم التركيز وإيجاد تركيز المادة المجهولة، وبمعرفة حجم وتركيز المحلول العيارى المستخدم مع حجم معلوم من المادة المجهولة يمكن إيجاد تركيز المادة مجهولة التركيز، ويلزم لذلك استخدام أدلة أو مستشعرات لتحديد نقطة التكافؤ أو نهاية التفاعل.

والأدلة هى مركبات معظمها عضوية وقليل منها غير عضوية تغير لونها بتغير الوسط (من حمضى إلى قاعدى وبالعكس، ومن مؤكسد إلى مختزل وبالعكس، ومن الصورة الحرة إلى الصورة التى يتكون فيها متراكبات).

ونظرًا لأن الدليل لا يغير لونه عند نقطة التكافؤ فى تفاعلات التعادل أو الأكسدة والاختزال أو الترسيب أو تكوين المتراكبات بالضبط بل يتم تغير اللون عند نقطة قريبة منها، فإن ذلك يؤدى إلى حدوث خطأ يعرف بخطأ الدليل.

خطأ الدليل
Indicator Error

عند معايرة حمض الأيدروكلوريك ٠.١ عيارى مع أيدروكسيد الصوديوم عيارى ٠.١ مثلاً يتكون كلوريد الصوديوم عند نهاية المعايرة ويكون الرقم الأيدروجينى للمحلول يساوى ٧، فإذا استخدم دليل الميثيل البرتقالى الذى يتغير لونه عند رقم أيدروجينى ٤ فإن الوسط سوف يحتوى على زيادة من الحمض عن الكمية المكافئة ويكون خطأ الدليل:

الخطأ % (لأيون الهيدروجين) =

$$(10\text{-}4 \times 2V_1/10\text{-}1 \times V_1) \times 100 = -0.2\ \%$$

حيث V_2, V_1 هما حجم المحلول المعاير قبل المعايرة وبعدها وعند استخدام دليل الفينولفثالين الذى يغير لونه عند رقم أيدروجينى ٩ فإن الوسط سوف يحتوى على زيادة من القلوى عن الكمية المكافئة ويكون خطأ الدليل:

الخطأ % (لأيون الهيدروكسيل) =

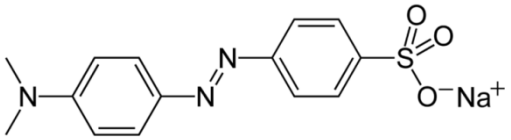
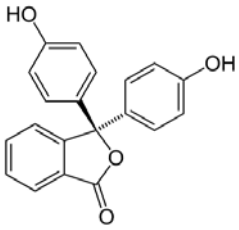
$$[\ 10\text{-}(14\text{-}9) \times 2V_1 / 10\text{-}2 \times V_1\ ] \times 100 = +0.02\ \%$$

وبذلك يفضل استخدام دليل الفينولفثالين فى هذه الحالة نظرًا لصغر الخطأ.

ويعرض الجدول رقم (١-٤) بعض الأدلة المستخدمة فى تفاعلات التعادل، بينما يعرض الجدول رقم (١-٥) بعض أدلة التلألؤ المستخدمة فى تفاعلات التعادل، فى حين يعرض الجدول رقم (١-٦) بعض الأدلة المستخدمة فى تفاعلات الأكسدة والإختزال، كما يعرض الجدول رقم (١-٧) بعض ادلة الادمصاص المستخدمة فى تفاعلات الترسيب.

جدول رقم (١-٤)

بعض الأدلة المستخدمة فى تفاعلات التعادل

الدليل	مدى pH	اللون فى الوسط الحامضى	اللون فى الوسط القاعدى
Crystal violet	0.1 – 2.0	أصفر	أزرق
Thymol Blue	1.2-2.8	أحمر	أصفر
Methyl yellow	2.9-4.0	أحمر	أصفر
Methyl orange	3.1-4.4	أحمر	برتقالى
Bromphenol blue	3.0-4.6	أصفر	بنفسجى
Bromcresol green	4.0-5.6	أصفر	أزرق
Methyl red	4.4-6.2	أحمر	أصفر
Bromcresol purple	5.2-6.8	أصفر	قرمزى
Bromphenol blue	6.2-7.6	أصفر	أزرق
Thymol blue	8.0-9.6	أصفر	أزرق
Phenolphthalein	8.0-10.0	لا لون	أحمر
Crystal violet	0.1 – 2.0	أصفر	أزرق
Methyl orange			
Phenolphthalein			

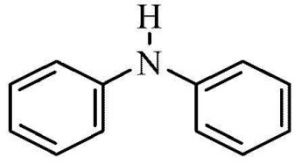
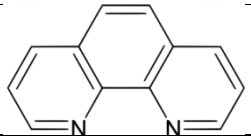
جدول رقم (١-٥)

بعض أدلة التلألؤ المستخدمة فى تفاعلات التعادل

الدليل	مدى pH	اللون فى الوسط الحامضى	اللون فى الوسط القلوى
2-Naphthol -3,6-disulfonic acid	8.5 – 9.5	لا لون	أزرق متلألئ
Chromotropic acid	3.5 – 4.5	لا لون	أزرق
Naphthionic acid	12.0 – 13.0	زرق	أخضر
Salicylic acid	2.5 – 3.5	لا لون	أزرق
Eosin B	10.0 – 14.0	لا لون	أصفر مخضر متلألئ
Eosin Y	1.0 – 3.5	أحمر مصفر	أخضر مصفر
Fluoroscein sodium	4.0 – 4.5	لا لون	أخضر

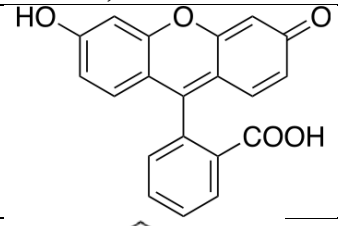
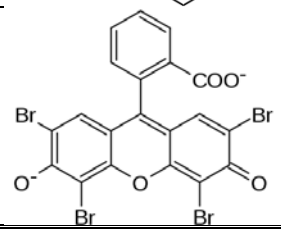
جدول رقم (١-٦)

بعض الأدلة المستخدمة فى تفاعلات الاكسدة والإختزال

الدليل	جهد التأكسد		اللون فى الوسط المؤكسد	اللون فى الوسط المختزل
	pH = 0	pH = 7		
Neutral red	+0.24	-0,29	بنفسجى محمر	لا لون
Safranine	+0.24	-0.29	بنفسجى مزرق	لا لون
Indigo carmine	+0.29	-0.11	أزرق	أصفر
Methylene blue	+0.53	+0.01	أزرق	لا لون
2,6-Dichloroindophenol	+0.67	+0.23	أزرق	لا لون
Diphenylamine	+0.76	-	بنفسجى مزرق	لا لون
o-Phenanthroline	+1.14	+1.06	أزرق	برتقالى محمر
Diphenylamine				
o-Phenanthroline				

جدول رقم (١-٧)

بعض أدلة الادمصاص المستخدمة فى تفاعلات الترسيب

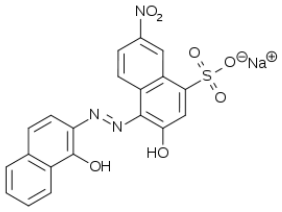
الإستخدام فى تقدير	الدليل
Bromids, iodides	Eosine B
Bromine, peroxide	Fluorescein acid
Chloride , bromide, iodide	Fluorescein sodium
Nitrates	Alizarin saturated
Br omide , chloride	Bromophenol blue
	Fluorescein
	Eosin Y Eosin B (NO2 instead of Br)

بعض الأدلة المستخدمة فى المعايرة باستخدام تفاعلات الترسيب:

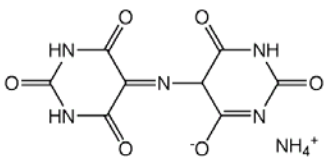
- Sodium alizarinsulfonate
- Bromophenol blue
- Bromophenol blue sodium salt
- Ferric ammonium sulfate
- Potassium chromate

بعض الأدلة المستخدمة فى المعايرة باستخدام تفاعلات تكوين المتراكبات:

- Eriochrome black T
- Murexide
- Morin
- Eriochromocyanine
- Hematoxylin
- Sym.Diphenylcarbazide
- Xylenol Orange



Eriochrome black T



Murexide

المحاليل المنظمة Buffer Solutions

هى محاليل لها القدرة على مقاومة التغير فى الرقم الأيدروجينى للمحاليل عند إضافة حجوم صغيرة من الأحماض أو القلويات مما يحافظ على ثبات الرقم الأيدروجينى، والمحاول المنظم يتكون من مخلوط من حمض ضعيف واحد أملاحه بتركيز محدد ويمكن استخدام العلاقة الآتية فى تحديد كمية الحمض وملحه اللازمة لتحضير محلول منظم ذو رقم أيدروجينى معين.

$$pH = pKa + \log [A^-]/[HA]$$

حيث:

pKa هى ثابت تأين الحمض.

[AH] تركيز الحامض.

[A-] تركيز ملح الحمض.

ومن أكثر المحاليل المنظمة شيوعًا محاليل الخلات والفوسفات والسترات والبورات والكربونات.

ويوضح الجدول رقم (١-٨) ثابت تأين بعض الأحماض الضعيفة المستخدمة فى تحضير بعض المحاليل المنظمة شائعة الإستخدام، ويوضح الجدول رقم (١-٩) ثابت تأين بعض القلويات والقواعد الضعيفة المستخدمة فى تحضير بعض المحاليل المنظمة شائعة الإستخدام.

جدول رقم (١-٨)

ثابت تأين بعض الأحماض الضعيفة المستخدمة

فى تحضير بعض المحاليل المنظمة شائعة الاستخدام

الحمض	ثابت التأين pKa	Ka
Acetic acid	4.75	1.75×10^{-5}
Phoshoric acid	2.12 7.20 12.32	7.54×10^{-3} 6.23×10^{-8} 4.78×10^{-13}
Carbonic acid	6.35 10.25	4.47×10^{-7} 5.62×10^{-11}
Citric acid	3.1 4.7 6.4	8.7×10^{-4} 1.8×10^{-5} 3.9×10^{-7}
Boric acid	9.24	5.8×10^{-10}
Oxalic acid	1.30 4.29	5.01×10^{-2} 5.13×10^{-5}

جدول رقم (١-٩)
ثابت تأين بعض القلويات والقواعد الضعيفة المستخدمة
فى تحضير بعض المحاليل المنظمة شائعة الاستخدام

القلوى او القاعدى	ثابت التأين pK_b	K_b
Ammonia	4.76	$1.75x10^{-5}$
Pyridine	8.97	$1.07x10^{-9}$
Hydroxylamine	8.18	$6.6x10^{-9}$
Triethylamine	3.18	$6.53x10^{-9}$

الرقم الأيدروجينى للأحماض والقلويات القوية والضعيفة

يعرف الرقم الأيدروجينى بأنه يساوى: $pH = -\log [H^+]$ وتركيز الأيدروجين يعبر عنه بالمولار، والأحماض القوية مثل الأيدروكلوريك والكبريتيك والنيتريك تتأين تأينا كاملا ويكون تركيز الحمض بالمولار هو نفسه تركيز أيون الأيدروجين.

وعليه فإن محلول حامض أيدروكلوريك تركيزة ٢×١٠^{-٣} مولار يكون رقمه الأيدروجينى كما يلى:

$[H^+] = 2.0 \times 10^{-3}$ M
$pH = -\log (2.0x10^{-3})$
$= 3 - \log 2.0$
$= 3 - 0.3 = 2.70$

ويمكن أيضًا حساب الرقم الأيدروجينى للقلويات القوية كاملة التأين بنفس الطريقة مع الأخذ فى الاعتبار أن:

$pH + pOH = 14.00$

ولحساب الرقم الأيدروجينى لمحلول هيدروكسيد صوديوم بتركيز ٢×١٠^{-٣} فإن:

$[pOH] = 2.0 \times 10^{-3}$ M
$[pOH] = -\log (2.0x10^{-3})$
$= 3 - \log 2.0$
$= 3 - 0.3 = 2.70$
$pH = 14.00 - 2.7 = 11.3$

أما الأحماض والقلويات الضعيفة مثل حمض الخليك والأمونيا فتحسب أرقامها الأيدروجينية على النحو التالى:

حمض الخليك :

$HA = H^+ + A^-$
$HA-x \quad x \quad x$
$K = [x]\,[x]/[HA-x]$

الأمونيا:

$A\text{-}OH = A^+ + OH^-$
$A\text{-}OH - x \quad x \quad x$
$K = [x]\,[x]/[A\text{-}OH\text{-}x]$

حيث x هى مقدار ما يتفكك من الحمض أو القلوى وهى كمية ضئيلة، وكذلك فإن تركيز أيون الأيدروجين أو الهيدروكسيل يساوى أيون الحمض أو القاعدة على الترتيب، ونظرًا لأن ثابت تفكك حمض الخليك يساوى ثابت تفكك الأمونيا كما هو مبين من الجدولين السابقين وهو 1.75×10^{-5} فتكون العلاقة على النحو التالى:

$K = [x]^2/[HA-x] = 1.75 \times 10^{-5}$
$K = [x]^2/[AOH-x] = 1.75 \times 10^{-5}$

ولحساب الرقم الأيدروجينى لمحلول حمض الخليك ومحلول أمونيا تركيز كل منهما 1.00×10^{-3} M فإن:

$1.75 \times 10^{-5} = x^2 / 1.00 \times 10^{-3}$
$x = 1.32 \times 10^{-4}$ M [H or OH]

ويكون الرقم الأيدروجينى لحمض الخليك هو:

$pH = -\log 1.32 \times 10^{-4} = 3.88$

أما بالنسبة للأمونيا فان

$pOH = -\log 1.32 \times 10^{-4} = 3.88$

وبذلك فالرقم الأيدروجينى للآمونيا هو:

$pH = 14.00 - 3.88 = 10.12$

بعـض العلاقات الرياضيـة فـى التحاليل الكيميائية

نعرض فيما يلى بعض العلاقات المستخدمة فى التحاليل الكيميائية الآتية: التحليل الحجمى، والتحليل الطيفى، والتحليل الجهدى، والتحليل بالتوصيل الكهربي.

التحليل الحجمى Volumetric analysis

$$N \times V = N` \times V`$$
$$mg = Eq.wt \times N \times V$$

حيث:

N و V هما العيارية والحجم.

Eq.wt هو الوزن المكافئ.

mg هو الكتلة بالميللجرامات.

التحليل الطيفى Spectrophotometric analysis

$$A = \varepsilon \times C \times L$$

$$mg/\ ml = \frac{A \times MW}{L \times \varepsilon}$$

$$A = 2\text{-}\log (\%T)$$

حيث:

A = كثافة الامتصاص.

ε = الامتصاص الجزئى Molar absorpitivity

C = التركيز الجزيئي.

L = طول مسار الضوء فى الخلية المستخدمة.

MW = الوزن الجزيئي.

mg/ml = التركيز بالملليجرامات فى الملليلتر الواحد.

%T = النسبة المئوية للعتامة المقاسة.

التحليل الجهدى Potentiometric analysis

$$E = E^o \pm \frac{RT}{nF} \log C$$

$$E = E^o \pm S \log C$$

حيث:

E = القوة الدافعة الكهربية للخلية.

E^o = جهد القطب القياسي.

R = ثابت الغازات.

T = درجة الحرارة المطلقة.

n = عدد الإليكترونات المفقودة أو المكتسبة.

F = معامل فراداي.

C = التركيز

التحليل بالتوصيل الكهربى Conductometric analysis

$$G = \frac{1}{R} = K\frac{A}{L}$$

$$A = 1000\ \frac{K}{C}$$

حيث:

G = هو التوصيل الكهربى Cconductance

R = المقاومة.

A = مساحة المقطع.

L = طول الموصل.

A = التوصيل المكافئ Equivalent conductance

S = التوصيل النوعى Specific conductance

C = التركيز (مكافئ لكل سم^3).

الفصل الثانى

مصادر وخصائص ومواصفات مياه الشرب ومصادر تلوثها

الفصل الثانى

مصادر وخصائص ومواصفات مياه الشرب ومصادر تلوثها

أهداف التدريب (التعلم):
بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً على أن:

- يذكر الخصائص العامة لمياه الشرب والعناصر التى يجب أن تخلو منها مياه الشرب.
- يذكر مصادر الملوثات غير العضوية التى تلوث مياه الشرب ويشرح أخطار هذا التلوث على الصحة العامة.
- يذكر مصادر تلوث مياه الشرب بالمواد العضوية وأخطار هذا التلوث على الصحة العامة.
- يحدد خصائص المياه من خلال صفات ودلالات الخصائص البكتريولوجية وعوامل التلوث البكتريولوجى.
- يحدد الهدف من الاختبارات التى تجرى على المياه للفحص البكتريولوجى.
- يذكر أهم التشريعات التى تحدد مواصفات المياه حسب حالات الصرف والتشريعات التى تحدد مواصفات مياه الشرب.

مقـدمـة الماء هو أصل الحياة، ويغطى أربعة أخماس سطح الكرة الأرضية وتغطى المحيطات ٧١ % من سطح الأرض، وتحتوى على ٩٧ % من مياه الكرة الأرضية، وهى مياه مالحة غير صالحة للشرب، أما الباقى (٣ %) فتوجد فى الجو كبخار ماء، كما يوجد على الأرض كمياه عذبة وثلوج وجليد، وتحت سطح الأرض كمياه جوفية (حوإلى ٢٥% من المياه العذبة بالكرة الأرضية).

والماء كباقى السوائل يتمدد بالحرارة وينكمش بالبرودة، ويتميز الماء بقدرته على التمدد والتجمد عند درجة أقل من ٤°م، مما يجعل الجليد يطفو فوق سطح الماء وذلك لإتاحة الفرصة لمعيشة الكائنات الحية.

ويعد نقص المياه من على سطح الأرض مشكلة كبيرة تواجه العالم نتيجة لازدياد أعداد السكان وزيادة الاستهلاك والتوسع فى الرقعة الزراعية والنشاط الصناعى. وهذه الاستخدامات تعتبر مصدرا رئيسيا لتلوث المياه، وقد وضعت معظم الدول مواصفات وتشريعات للاستخدامات المختلفة للمياه.

مصادر مياه الشرب تتعدد مصادر مياه الشرب، فهى إما:

١. مياه الأمطار.
٢. مياه البحار.
٣. مياه المحيطات.
٤. مياه البحيرات.
٥. مياه الأنهار.
٦. المياه الجوفية.

وتعتبر مياه الأمطار من أنقى أنواع المياه لاحتوائها على نسبة ضئيلة من المواد العضوية، علاوة على بعض الغازات الذائبة، يليها المياه الجوفية التى تحتوى على بعض أملاح الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم وبعض المواد الصلبة العالقة. أما المياه السطحية فتأتى فى المؤخرة من حيث النقاء فهى

عبارة عن مياه البحار والمحيطات والبحيرات والأنهار، وهى مياه تحتوى على تركيزات عالية من الأملاح أو الملوثات. وتعتمد مصر على مياه نهر النيل والمياه الجوفية كمصدر لمياه الشرب.

ويبلغ طول نهر النيل ٦٦٥٠ كيلومتر ويجرى خلال ٦ دول أفريقية بدءا من بوروندى وانتهاءًا بالبحر المتوسط فى مصر، وطول نهر النيل فى مصر ١٦٠٠ كيلومتر، ومعظم المياه التى تصل مصر تأتى من النيل الأزرق فى إثيوبيا والباقى يأتى من أوغندا، ويوجد فى مصر العديد من البحيرات منها بحيرات مفتوحة مثل بحيرات مريوط و إدكو و البرلس و المنزلة والبردويل والتمساح، ومنها بحيرات مغلقة مثل بحيرات قارون ووادى الريان وبحيرة ناصر، وتبلغ حصة مصر من مياه نهر النيل حسب الاتفاقيات الدولية فى حدود 55.5 مليار متر مكعب.

خصائص مياه الشرب

وتنقسم خصائص المياه إلى:

١. خصائص طبيعية.
٢. خصائص كيميائية.
٣. خصائص بيولوجية.

١. الخصائص الطبيعية

وتشمل درجة الحرارة والعكارة واللون والطعم والرائحة.

أ. <u>درجة الحرارة:</u>

تؤثر درجة الحرارة على عمليات معالجة المياه فهى تساعد على سـرعة ذوبان الكيماويات المضافة وسرعة ترسب الجسيمات الدقيقة.

ب. <u>العكارة :</u>

ومصدرها مواد عضوية مثل الطحالب ومواد غير عضوية مثل الطمـى والرمال وتكون العكارة فى المياه السطحية أكثر منها فى المياه الجوفيـة نظرا لأن الأخيرة تتعرض للترشيح خلال مرورها فى طبقـات التربـة المختلفة.

ج. اللون:

يحدث تلون الماء فى مصدر المياه السطحى نتيجة لتحلل المواد العضوية أو وجود مواد غير عضوية كالحديد والمنجنيز ويعتبر تلون المـاء مـن أكثر الدلالات على عدم صلاحيته للاستهلاك الآدمى ومعظم الإستخدامات الصناعية.

د. الطعم:

يكون للماء أحيانا طعم غير مستساغ وذلك نتيجة وجود طحالـب ومـواد عضوية متعفنة أو نتيجة اختلاطه بمياه الصرف أو المخلفات الصـناعية قبل المعالجة.

ه. الرائحة:

يرتبط وجود طعم غير مستساغ فى الماء مـع وجـود رائحـة كريهـة فالرائحة تنتج فى معظم الأحوال من مسببات الطعم الكريه

٢. الخصائص الكيميائية

وتشمل الرقم الأيدروجينى والعسر الكلى والأكسجين الذاب والمـواد الذائبـة والقلوية والحموضة والمواد العضوية.

أ. الرقم الأيدروجينى:

يرمز للرقم الأيدروجينى بالرمز (pH) وهو مقياس للحموضـة والقلويـة للماء ويبدأ من الرقم صفر إلى الرقم ١٤ والرقم ٧ يدل على التعادل واذا قل الرقم عن ٧ دل ذلك على أن المحلول حامضـى وإذا زاد عـن ٧ دل على قلوية المحلول. وعندما تذوب أى مادة فى الماء يتأين المحلول إلـى أيونات هيدروجين H^+ وأيونات هيدروكسيل OH^-. ويكون الماء حمضى إذا كانت أيونات H^+ اكثر من أيونات OH^- وقلـوى إذا حـدث العكـس ومتعادلا إذا تساوت القيمتين. والماء الحمضى يحدث تآكلا فى المعـدات أما الماء القلوى فيؤدى إلى تكوين قشور.

ب. العسر

هو عبارة عن وجود أملاح الكالسيوم والماغنسيوم فى الماء مما يزيد من قلويتة ويسبب قشورا داخل المواسير والعدادات وأجهزة التسخين كما أنه يكسب الماء طعما غير مستساغ ويصعب معه استخدام الصابون.

ج. الأكسجين الذائب

يتواجد الأكسجين ذائبا فى المياه العذبة بصورة دائمة نتيجة التهوية الطبيعية وتزداد نسبة الأكسجين الذائب فى المياه الباردة عنها فى المياه الساخنة ويؤدى وجود الطحالب فى الماء إلى إنتاج الأكسجين نهارا فتزداد نسبة الأكسجين الذائب فى الماء وتساعد زيادة نسبة الأكسجين الذائب فى الماء على حدوث تآكل فى السطوح المعدنية الملامسة لها كالمواسير والعدادات والمضخات.

د. القلوية والحموضة

تعزى قلوية المياه لوجود هيدروكسيدات وكربونات وبيكربونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم ويعمل ارتفاع قلوية المياه على تزايد التكاثر البيولوجى، أما حمضية المياه فيسببها وجود غاز ثانى أكسيد الكربون الذائب أو بعض الأحماض العضوية الناتجة من تحلل البقايا النباتية وتسبب المياه الحامضية تآكل وصدأ المواسير الحديدية.

ه. المواد الذائبة

عند مرور المياه السطحية أو الجوفية على أنواع من التربة أو الصخور فإنها تذيب بعضا من هذه المواد الصلبة وتختلط بالماء وقد تكسب هذه المواد الماء طعما ورائحة غير مقبولين وقد يكون بعض هذه المواد ضارة للصحة.

و. المواد العضوية:

تعتبر المخلفات السائلة الصناعية والزراعية والآدمية مصدرا رئيسيا لهذه المواد وبعض هذه المواد معروف طبيعته وتأثيره الصحى والبعض الآخر غير معلوم.

٣. الخصائص البيولوجية

وهى خصائص تعتمد على ما تحتويه المياه من بكتيريا وفيروسات وطحالب وطفيليات ضارة بصحة الإنسان مما يستوجب التعقيم المناسب للقضاء على هذه الكائنات الدقيقة الممرضة.

ويتطلب السماح باستخدام المياه في الشرب التأكد من تمام صلاحيتها من حيث اللون والطعم والرائحة وخلوها من كافة المكونات الضارة أوالسامة وضرورة فحصها بكتيريولوجياً وميكروسكوبياً.

ونظراً لأن مصدر مياه الشرب الرئيسي فى مصر هو نهر النيل (بالإضافة إلى الآبار فى بعض المناطق)، كما أن النيل يستقبل كل يوم الكثير من المخلفات الآدمية والصناعية والزراعية، لذلك وجب التأكد من خلو المياه من كل من:

١. الكائنات الدقيقة كالبكتريا – الفيروسات – الطفيليات الأولية.
٢. العكارة التى تتداخل مع المطهرات المستخدمة.
٣. العناصر والمواد غير العضوية السامة.
٤. المركبات العضوية التخليقية مثل المبيدات والمركبات المتطايرة.
٥. النواتج الثانوية الناتجة من تفاعل الكلور مع المركبات العضوية.
٦. المواد المشعة.

مصادر تلوث مياه الشرب

تتعدد مصادر ملوثات مياه الشرب، حيث قد تكون الملوثات مواد عضوية أو مواد غير عضوية، وسوف نتعرض فيما يلى لهذه الملوثات.

تلوث مـياه الشـرب بالمواد غير العضوية

من المعروف أن مصادر المياه فى مصر تعتمد اعتماداً رئيسياً على الميـاه السطحية والتى تتعرض للعديد من الملوثات غير العضوية، ومن أمثلتها:

- النواتج الثانوية لمعالجة المياه بالكلور.
- تآكل أنابيب الصرف المجلفنة.
- صرف مصانع الإلكترونيات والزجاج والصلب.
- مخلفات صناعات الجلود والأسمدة والبلاستيك.
- صرف مصانع الطلاء والأدوية والبويات
- مخلفات صناعة البطاريات والبتروكيماويات والمعادن.
- الرواسب الطبيعية.
- التسرب من الصرف الصحى.

التأثيرات الصحية لبعض الملوثات غير العضوية:

يوضح الجدول رقم (٢-١) بعض التأثيرات الصحية الناتجة عن شرب ميـاه بها نسب عالية من بعض الملوثات غيـر العضـوية، والحـدود القصـوى المسموح بها فى المياه الصالحة للشرب.

جدول رقم (٢-١)

التأثيرات الصحية لبعض الملوثات غيرالعضوية والحدود القصوى المسموح بها فى المياه الصالحة للشرب

الملوث	أعلى تركيز مسموح به مليجرام/ لتر	التأثير على الصحة
بيرومات	٠.٠١	يؤدى إلى ظهور سرطانات
كلوريت	١	يسبب أنيميا ويؤثر على الجهاز العصبي للأطفال
انتيمون	٠.٠٠٦	يسبب زيادة فى كوليستيرول الدم، ويقلل مستوي سكر الدم
زرنيخ	٠.٠١	يسبب قروح ومشاكل بالجلد والجهاز الدوري والآرهاق وفقدان الطاقة ويؤثر على الجينات ويؤدى إلى ظهور سرطانات
باريوم	٢	يسبب زيادة فى ضغط الدم وتخدر الأعصاب
بريليوم	٠.٠٠٤	يسبب مشاكل بالجهاز الهضمى
كادميوم	٠.٠٠٥	يسبب ارتفاع ضغط الدم ويتركز بالكبد والبنكرياس والكلى والغدة الدرقية ويسبب السرطان.
كروم كلى	٠.١	يسبب حساسية بالجلد وفشل كلوي وتآكل الأنسجة ويؤثر على المخ ويؤدي الكروم السداسي إلى ظهور سرطانات
نحاس	١.٣	يسبب مشاكل بالجهاز الهضمى والكلى
سيانيد	٠.٢	يؤدي إلى تدمير الأعصاب ومشاكل بالغدة الدرقية
فلوريد	٤	يؤدي إلى تآكل العظام والأسنان وتبقع الجلد
رصاص	٠.٠١٥	يؤدي إلى الإمساك وفقدان الشهية والأنيميا وشلل بالاطراف والتخلف العقلى وأمراض القلب والكلى
زئبق	٠.٠٠٢	يؤدى الىالتهابات بالفم وسقوط الأسنان ومشاكل بالدورة الدموية وتسمم للجهاز العصبى المركزى أو مشاكل بالكلى والكبد
نترات	١٠	يؤدي إلى ضيق تنفس والإزرقاق عند الأطفال
نتريت	١	يؤدي إلى ضيق تنفس والإزرقاق عند الأطفال ويسبب سرطانات
سيلينيوم	٠.٠٥	يؤدي إلى ضعف عام وتهيج بأغشية الأنف والحلق وظهور بقع حمراء بالأصابع و فقدان الشعر والأظافر
ثاليوم	٠.٠٠٢	يؤدي إلى فقدان الشعر ومشاكل بالجهاز الهضمى والكلى والكبد والدورة الدموية

* Water Treatment Plant Operation. Volume II. 5th edition. California State University. Sacramento 2006.

مصادر تلوث مياه الشرب بالمواد العضويـة

كما ذكرنا سابقاً عن اعتماد مصر على المصادر السطحية كمصدر رئيسـى لمياه الشرب، فكما قد تمثل المواد غير العضوية مصدراً كبيراً من مصـادر التلوث، فإن المواد العضوية لها أيضاً دورا كبيراً فى تعرض المصدر المائى للتلوث، ومن أمثلة مصادر المواد العضوية التى تسبب التلوث ما يلى:

- صرف مخلفات المصانع على المصدر المائى.
- الأسمدة والمبيدات التي توجد بالتربة وتصل للمياه.
- التحال الطبيعى للكائنات المائية الميته.
- صرف مخلفات مياه الصرف الصحي على المصدر المائى.
- نادراً ما توجد بعض المواد العضوية الطبيعية بالمياه الجوفية.

التأثيرات الصحية لبعض الملوثات العضوية:

يوضح الجدول رقم (٢-٢) بعض التأثيرات الصحية الناتجة عن شرب ميـاه بها نسب عالية من هذه الملوثات العضوية لعدة سنوات والحـدود القصـوى المسموح بها فى المياه الصالحة للشرب.

جدول رقم (٢-٢)
التأثيرات الصحية لبعض الملوثات العضوية والحدود القصوى المسموح بها فى المياه الصالحة للشرب

الملوثات	أعلى تركيز مسموح به ملليجرام/ لتر	التأثير على الصحة
مركبات عضوية		
بنزين	٠.٠١	خطر سرطان
ثنائي كلور الميثان	٠.٠٢	خطر سرطان
احادي كلور البنزين	٠.٣	ضار للكلى والكبد والجهاز العصبي
بنزوبايرين	٠.٠٠٠٧	خطر سرطان
داي بروموكلوروبروبان	٠.٠٠١	خطر سرطان
تولوين	٠.٧	ضار للكلى والكبد والجهاز العصبي
٢.١ داى كلور البنزين	١	تأثير على الكلى والكبد
٤.١ داى كلور بنزين	٠.٣	تأثير على الكلى والكبد

الملوثات	أعلى تركيز مسموح به ملليجرام/ لتر	التأثير على الصحة
تراى كلوروبنزين	٠.٠٢	ضار للغدة الكظرية
ثنائى (ايثيل هكسيل) اديبات	٠.٠٨	تأثير على الكبد والجهاز التناسلى
ثنائى (ايثيل هكسيل) فثلات	٠.٠٠٨	مواد مسرطنة
اكريلاميد	٠.٠٠٠٥	مواد مسرطنة ومؤثر على الجهاز العصبى
ايبى كلوروهيدرين	٠.٠٠٠٤	مواد مسرطنة
هكسا كلوروبيوتاديين	٠.٠٠٠٦	مواد مسرطنة
تراي استيك نيتريل	٠.٢	مواد مسرطنة
مركبات ثانوية		
حمض هالواسيتك	٠.٠٦	تأثير على الكبد والجهاز العصبي
تراي هالوميثان	٠.١	خطر سرطان
رابع كلوريد الكربون	٠.٠٠٤	خطر سرطان
٢.١ داى كلورواثان	٠.٠٣	خطر سرطان
مركبات الأيثان المكلورة		
١،١،١تراى كلوروأيثان	٠.٠٧	ضار للكبد والجهاز العصبى والجهاز الدورى
رباعى كلورواثين	٠.٠٤	خطر سرطان

مصادر التلوث البكتريولوجى

يتم تحديد خصائص المياه وبالتالي تحديد نوعيتها من خلال خصائص ذات صفات ودلالات معينة حسب الغرض من الاستخدام ومنها الخصائص البكتريولوجية.

ويحدث التلوث البكتريولوجي للمياه عندما تستقبل كائنات حية كثيرة وممرضة وخاصة البكتريا وأيضًا بعض المخلفات التي تحتوي على مواد عضوية بسيطة التركيب وسريعة التأكسد، حيث تتأكسد هذه المواد بيولوجيًا بواسطة البكتريا التي تؤثر على دورة التنقية الذاتية، وبالتالي تؤثر على مستوي الأكسجين الذائب في المياه.

ويمكن أن يكون التلوث من المصادر الطبيعية ومصادر الأمطار سببًا في التلوث البكتريولوجي عند المرور على ملوثات ميكروبية.

التأثيرات الصحية للتلوث البكتريولوجى:

يوضح الجدولان رقما (٢-٣) و(٢-٤) التلوث الميكروبيولوجي والأمراض المسببة لها.

ومن أهم الملوثات الميكروبية للمياه هى الملوثات التى تسبب أمراض التيفود – الدوسنتاريا المعوية والباسيلية– الكوليرا – الباراتيفود – شلل الأطفال وتتواجد الميكروبات المسببة لهذه الأمراض في المياه الطبيعية نتيجة صرف المخلفات السائلة في المسطحات المائية، أما احتمال تواجد هذه البكتيريا في المياه المنقاة فلا يحدث إلا في الحالات الآتية:

١. اتصال بين مصدرين للمياه أحدهما ملوث.
٢. كسر في شبكة مواسير المياه.
٣. التنقية غير الكاملة للمياه.

جدول رقم (٢-٣)
أهم مجموعات الفيروسات التى يمكن أن تتواجد في المياه السطحية الملوثة والأمراض التى تسببها

مجموعة الفيروسات	الأمراض التى تسببها
فيروسات الغدد	أمراض الجهاز التنفسى والتهابات العين.
الفيروسات المعوية ومنها: * فيروس شلل الأطفال * الإسكوفيروس	شلل الأطفال، أمراض أخرى الالتهاب السحائى، الإسهال، أمراض الجهاز التنفسى.
فيروس الكوكساكى	الالتهاب السحائى، الإسهال.
فيروس الالتهاب الكبدى (أ)	مرض الصفراء، أوالالتهاب الكبدى الوبائى.
الروتايفرس وأنواع أخرى	الإسهال.

جدول رقم (٢-٤)
أهم أنواع البكتريا التى تتواجد
فى المياه السطحية الملوثة والأمراض التى تسببها

مجموعة البكتريا	الأمراض التى تسببها
مجموعة القولون المرضية	الإسهال
مجموعة السالمونيلا، وهى:	
* سالمونيلا التيفى	حمى التيفود
* سالمونيلا الباراتيفى	حمى الباراتيفود
* أنواع أخرى	التسمم الغذائى والدوسنتاريا الباسيلية
مجموعة الشيجيللا	دوسنتاريا
أنواع أخرى	الإسهال، الكوليرا

التخلص من الملوثات البكتريولوجية:

تعتمد الطرق التقليدية لتنقية المياه لكي تكون صالحة للشـرب وللأغـراض المنزلية أساسًا على أن المياه الخام يجب أن تكون مياه عذبة وذات مواصفات معينة حتى يتيسر تنقيتها، والتخلص من الميكروبات الضارة والفيروسـات. وتوجد تقنيات تقليدية مثل المعالجة باستخدام الكلور واخري غير تقليدية مثل استخدام الترشيح الفائق (Ultra-filtration) والتطهيـر باسـتخدام الأوزون، أوباستخدام ثاني أكسيد الكلور.

وتهدف الاختبارات التي تجرى على المياه للفحص البكتريولوجي إلى:

١. الحكم على مدى صلاحية أو عدم صلاحية مورد المياه للاستعمال لإمداد السكان بالمياه.
٢. معرفة نوع عمليات التنقية اللازمة لإزالة مسببات الأمراض.
٣. الحكم على مدى كفاءة خطوات عمليات التنقية في القيام بوظيفتها كـل خطوة على حدة.
٤. التأكد من قيام محطات التنقية كوحدات متكاملة بوظائفها علـى الوجـه الأكمل.

مواصفات المياه المستخدمة فى الشرب

أصدرت اللجنة العليا للمياه بجلسة ١٩٧٥/٥/٧ المواصفات والمعايير الواجب توافرها في مياه الشرب، ثم صدر قرار وزير الصحة رقم ١٠٨ لسنة ١٩٩٥ ثم صدر بعد ذلك قرار وزير الصحة رقم ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧ والذي تضمن المواصفات والمعايير الواجب توافرها في مياه الشرب، كما هو مبين بالجدول رقم (٢-٥)، بينما يعرض الجدول رقم (٢-٦) فحص البكتيريا وطريقة القياس المتبعة والعدد المسموح به.

جدول رقم (٢-٥)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب طبقا للقرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

الاختبار	الحد الأقصى المسموح به
اللون	معدوم
الطعم	مقبول
الرائحة	معدومة
العكارة	١ وحدة (NTU)
الأس الأيدروجيني	٦.٥-٨.٥
الأملاح الذائبة عند ١٢٠ ^{0} م	١٠٠٠ ملجرام/ لتر
الحديد	٠.٣ ملجم/ لتر
المنجنيز	٠.٤ ملجم/ لتر
النحاس	٢.٠ ملجم/ لتر
الزنك	٣.٠ ملجم/ لتر
العسر الكلي (كربونات كالسيوم)	٥٠٠ ملجم/ لتر
عسر كالسيوم(كربونات كالسيوم)	٣٥٠ ملجم/ لتر
عسر ماغنسيوم(كربونات كالسيوم)	١٥٠ ملجم/ لتر
الكبريتات	٢٥٠ ملجم/ لتر
الكلوريدات	٢٥٠ ملجم/ لتر
الصوديوم	٢٠٠ ملجم/ لتر
الألومنيوم	٠.٢ ملجم/ لتر
مواد غير عضوية ذات تأثير على الصحة العامة:	
الباريوم	٠.٧ ملجم/ لتر
الرصاص	٠.٠١ ملجم/ لتر
الزرنيخ	٠.٠١ ملجم/ لتر
السيانيد	٠.٠٥ ملجم/ لتر
الكادميوم	٠.٠٠٣ ملجم/لتر

جدول رقم (٢-٥)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب طبقا للقرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

الاختبار	الحد الأقصى المسموح به
السيلينيوم	٠.٠١ ملجم/ لتر
الزئبق	٠.٠٠١ ملجم/ لتر
الكروم	٠.٠٥ ملجم/ لتر
النترات as (NO_3)	٤٥ ملجم/ لتر
النيتريت as (NO_2)	٠.٢ ملجم/ لتر
الأمونيوم (NH_3)	٠.٥ ملجم/ لتر
الفلوريدات	٠.٨ ملجم/ لتر
المواد العضوية:	ملجرام/ لتر
الالكلور Alachlor	٠.٠٢
الديكارب Aldicarb	٠.٠١
ألدرين، داى إلدرين Aldrin and dieldrin	٠.٠٠٠٠٣
أترازين Atrazine	٠.٠٠٢
بنتازون Bentazone	٠.٠٣
كاربوفيوران Carbofuran	٠.٠٠٧
كلوردان Chlordane	٠.٠٠٠٢
كلوروتوليورون chlorotoluorn	٠.٠٣
د.د.ت D.D.T	٠.٠٠١
٢،١-داى بروموـ٣-كلوروبروبان 1.2-Dibromo 3-chloropropane (DBCP)	٠.٠٠١
٤،٢ د 2.4-Dichlorophenoxyacetic acid (2.4 D)	٠.٠٣
٢،١-داى كلوروبروبان 1.2-Dichloropropane (1.2-DCP)	٠.٠٢
٣،١-داى كلوروبروبين 1.2-Dichloropropene (1.2-DCP)	٠.٠٢
هكسا كلوروبنزين Hexachlorobenzene	٠.٠٠١
أيزوبروتورون Isoproturon	٠.٠٠٩
لندان Lindane	٠.٠٠٢
ميثيل كلوروفينوكسى اسيتيك اسيد Methylchlorophenoxyacetic acid (MCPA)	٠.٠٠٢
ميثوكسى كلور Methoxychlor	٠.٠٢
ميتولا كلور Metoachlor	٠.٠١
مولينات Molinate	٠.٠٠٦

جدول رقم (٢-٥)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب طبقا للقرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

الاختبار	الحد الأقصى المسموح به
بنديميثالين Pendimethalin	٠.٠٢
بنتاكلوروفينول Pentachlorophenol	٠.٠٠٩
بيرمثرين Permethrin	٠.٠٢
بروبانيل Propanil	٠.٠٢
بيريبروكسيفين Pyriproxyfen	٠.٣
سيمازين Simazine	٠.٠٠٢
ترای فلورالين Trifluralin	٠.٠٢
٤،٢ د.ب DB-2.4	٠.٠٩
٤،٢ داى كلوروبروب Dichloroprop-2.4	٠.٠١
فينوبروب Fenoprop	٠.٠٠٩
ميكوبروب Mecoprop	٠.٠١
٥،٤،٢-ت 2.4.5-T	٠.٠٠٩
مونوكلور أمين Monochloramine	٣
كلور chlorine	٥
برومات Bromate	٠.٠١
كلوريت Chlorite	٠.٧
٢،٤،٦-ترای كلوروفينو 2.4.6-Trichlorophenol	٠.٢
ترای هالوميثان Trihalomethanes	٠.١
داى كلورواسيتات Dichloroacetate	٠.٠٥
ترای كلورواسيتات Trichloroacetate	٠.١
ترای كلوروأسيتالدهيد Trichloroacetaldehyde	٠.٠١
داى كلورواستيونيتريل Dichloroacetonitrile	٠.٠٢
داى بروموأسيتونيتريل Dibromoacetonitrile	٠.٠٧
ترای كلورواسيتونيتريل Trichloroacetonitrile	٠.٠٠١
كربون تترا كلوريد Carbon tetrachloride	٠.٠٠٤
داى كلوروميثان Dichloromethane	٠.٠٢
٢،١-داى كلوروإيثان 1.2-Dichloroethane	٠.٠٣
١،١،١-ترای كلوروايثان 1.1.1-Trichloroethane	٠.٠٧
كلوريد الفينيل Vinyl chloride	٠.٠٠٠٣
١،١-داى كلوروإيثين 1.1-Dichloroethene	٠.٠٣
٢،١-داى كلوروإيثين 1.2-Dichloroethene	٠.٠٥
تترا كلوروإيثين Tetrachloroethene	٠.٠٤

جدول رقم (٢-٥)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب طبقا للقرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

الاختبار	الحد الأقصى المسموح به
تولوين Toluene	٠.٧
بنزين Benzene	٠.٠١
بنزو(أ) بيرين Benzo[a]pyrene	٠.٠٠٠٧
مونوكلوروبنزين Monochlorobenzene	٠.٣
٢،١-داى كلوروبنزين 1.2-Dichlorobenzene	١
١،٤-داى كلوروبنزين 1.4-Dichlorobenzene	٠.٣
ترای كلوروالبنزين الكلى Trichlorobenzenes (Total)	٠.٠٢
داى (٢-ايثيل هكسيل) أديبات Di (2-ethylhexyle)adipate	٠.٠٨
داى (٢-ايثيل هكسيل) فثالات Di (2-ethylhexyl)phthalate	٠.٠٠٨
أكريلاميد Acrylamide	٠.٠٠٠٥
إيبى كلوروهيدرين Epichlorohydrin	٠.٠٠٠٤
هكسا كلوروبيوتادايينHexachlorobutadiene	٠.٠٠٠٦
اديتيك اسيد Edetic acid (EDTA)	٠.٦
ترای اسيتك نيتريلTriacetic Nitril	٠.٢
إندرين Endrin	٠.٠٠٠٦
كلورات Chlorate	٠.٧
بروموفورم Bromoform	٠.١
كلوروفورم Chloroform	٠.٣
كلورال هيدرات Chloralhydrate	٠.٠١
داى ميثوات Dimethoate	٠.٠٠٦
فورمالدهايد Formaldehyde	٠.٩
سيانوجين كلوريد Cyanogens Chloride	٠.٠٠٧
ترى بيوتيل اكسيد القصدير Tributyltin oxide	٠.٠٠٢
فينول Phenol	٠.٠٠٢
داى وترای كلور أمين Di- and Trichloramine	٠.٠٠٥
زايلين Xylenes	٠.٥
ايثيل بنزين Ethylbenzene	٠.٣
ستيرين Styrene	٠.٠٢
بروموداى كلوروميثان Bromodichloromethane	٠.٠٦
ترای كلوروإيثين Trichloroethene	٠.٠٢

المعايير الميكروبيولوجية:

جدول رقم (٢-٦)
فحص البكتيريا وطريقة القياس المتبعة والعدد المسموح به

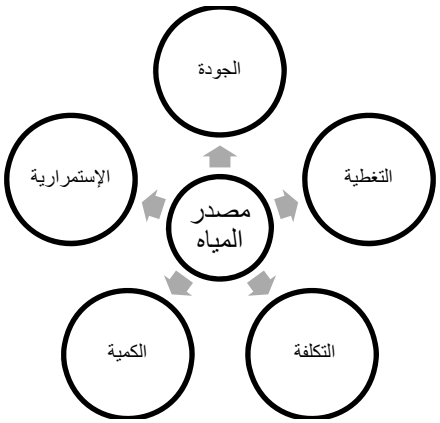
م	نوع الفحص	طريقة القياس المتبعة	الحد الأقصى المسموح به
أ	العد الكلى للبكتريا	صب الأطباق poured plate method	لا يزيد عن ٥٠ خلية/ سم٣ عند درجة حرارة ٣٧ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة لا يزيد عن ٥٠ خلية /١سم٣ عند درجة حرارة ٢٢ درجة مئوية لمدة ٤٨ ساعة.
ب	**أدلة التلوث** بكتيريا القولون الكلية Total Coliform	"MPN"أو"MF"	يجب أن تكون ٩٥% من العينات التى يتم فحصها خلال العام خالية تماما من بكتيريا القولون فى ١٠٠ سم^3 من العينة. كما يجب ألا تحتوى أى عينة من العينات على أكثر من ٢ خلية/ ١٠٠ سم^3 على الا يتكرر ذلك فى عينتين متتاليتين من نفس المصدر.
	بكتريا القولون البرازية "باسيل القولون النموذجى"		يجب أن تكون العينات خالية من باسيل القولون النموذجى.
ج	**الفحص البيولوجى**		
	عند فحص عينات المياه للطحالب		- يجب ألا يزيد نسبة الميكروسستين عن ميكروجرام/ لتر ويتم إجراء هذا التحليل فى حالة ظهور نمو مفاجئ للطحالب الخضراء المزرقة Blue Green Algae أو وجود أعداد عالية منها.
	عند فحص عينات المياه ميكروسكوبيا		- يجب أن تكون خالية تماما من البروتوزوا الحية وجميع أطوار الديدان المسببة للامراض.

المواد المشعة:

م	نوع الفحص	الحد الأقصى المسموح به
أ	مشتقات من فصيلة ألفا (α)	٠.١ بيكرل / لتر
ب	مشتقات من فصيلة بيتا (β)	١.٠ بيكرل /لتر

المتطلبات الضرورية لمياه الشرب

إن مصادر المياه المتاحة والمستخدمة فى الشرب يجب أن تستوفى عدة متطلبات مثل: الكمية التى يجب أن تكون كافية والنوعية التي يجب أن تكون جيدة وغير ملوثة والتغطية الكاملة لمنطقة الإمداد والإستمرارية حيث تصل فى كل الأوقات إلى المستهلكين والتكلفة التى يجب أن تكون زهيدة. وتعتبر جودة المياه من أهم هذه العناصر فتوافر العناصر السابقة كلها دون عنصر الجودة والخلو من الملوثات لا قيمة له. ويوضح الشكل رقم (٢-١) المتطلبات الرئيسية من مصادر المياه المخصصة للشرب.



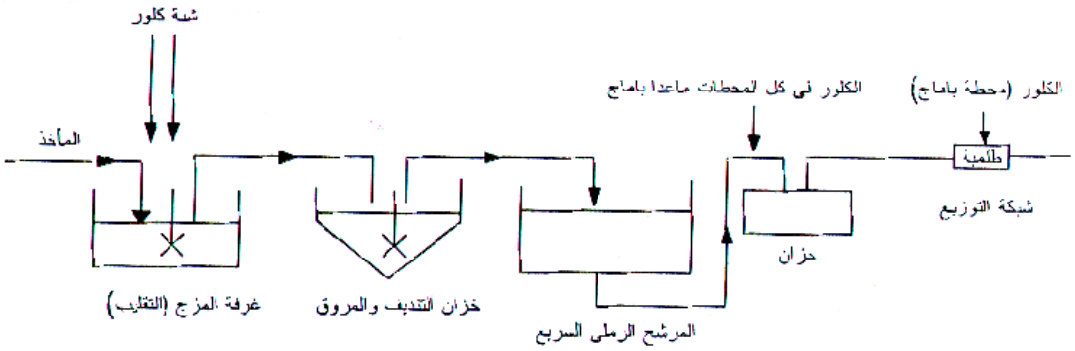
شكل رقم (٢-١)
المتطلبات الرئيسية من مصادر المياه المخصصة للشرب

ومن أجل هذا لابد من معالجة المياه قبل استخدامها للشرب ويجرى ذلك فى محطات معالجة المياه حيث تمر المياه الخام بعدة عمليات لمعالجتها لتكون صالحة للشرب وهى:

١. الترويب.
٢. التنديف.
٣. الترسيب.
٤. الترشيح.
٥. التطهير أو التعقيم.
٦. التخزين.
٧. الضخ والتوزيع.

فتدخل المياه العكرة من المأخذ إلى المحطة بعد مرورها على شبك لإزالة الأوراق والأغصان والأسماك، ثم تعالج مبدئيا بالكلور للتخلص من معظم الكائنات الحية المسببة للأمراض والتحكم فى الطعم والرائحة، ثم تخلط المياه فى أحواض الترسيب مع مواد الترويب مثل الشب البوتاسى لترسيب الجسيمات الدقيقة والعالقة التى ترشح بعد ذلك فى احواض الترشيح من خلال الرمل للتخلص من كافة الجسيمات العالقة ثم تعالج بالكلور للتخلص من الكائنات الدقيقة وتوفير الكلور المتبقى اللازم لشبكات التوزيع. ثم تجمع المياه المعالجة فى خزان التجميع حيث تزداد فترة التلامس بين الماء لكلور.

ويبين الشكل رقم (٢-٢) مثالا لنظام مستخدم فى معالجة مياه الشرب.



شكل رقم (٢-٢)

مثال لنظام مستخدم فى معالجة مياه الشرب

والجدير بالذكر أن الطرق المستخدمة فى تحلية أو معالجة المياه المالحة (مياه البحار) للإستخدام فى أغراض الشرب تختلف عما سبق حيث تستخدم طرق: (١) التبخير ثم التكثيف (٢) التجميد ثم الصهر (٣) التناضح العكسى (٤) المبادلات الأيونية (٥) الترشيح الفائق باستخدام الأغشية، وتستخدم هذه الطرق لتوفير مياه شرب لمناطق محدودة.

الفصل الثالث

متطلبات الجودة فى معامل التحاليل
(متطلبات مواصفة الأيزو ١٧٠٢٥)

الفصل الثالث

متطلبات الجودة فى معامل التحاليل
(متطلبات مواصفة الأيزو ١٧٠٢٥)

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً على أن:

- يذكر المعايير والشروط التى تتطلبها إدارة المعامل لكى تفى بمتطلبات الجودة.
- يشرح ما هو نظام الجودة وأهمية توثيق السياسات والأهداف.
- يذكر المستويات الثلاثة لنظام الجودة والفرق بينهما.
- يشرح المستوى الاستراتيجى لدليل الجودة وما يتضمنه ونظام أنشطة المعمل لهذا المستوى.
- يذكر الموضوعات التى يتضمنها المستوى التكتيكى لدليل الجودة، والموضوعات التى تتناولها تعليمات الممارسة العامة.
- يصنف المستوى التشغيلى لنظام الجودة وما يشمله.
- يحدد بعض الخدمات التى يقدمها المعمل للعملاء وأوجه التعاون بين المعمل والعملاء.

مقـدمة

تتطلب إدارة معامل التحاليل تطبيق عدة معايير لكى تفى بمتطلبات الجودة العالمية والاعتماد، وقد حددت المواصفة العالمية (أيزو ١٧٠٢٥) تلك الاشتراطات. فهذه المواصفة تتضمن كل المتطلبات التى يلزم تحقيقها فى معامل الاختبارات حتى تظهر هذه المعامل أنها تستخدم أنظمة إدارة ذات كفاءة فنية عالية وقادرة على إعطاء نتائج فنية صالحة.

إن جهات الاعتماد التى تعترف بكفاءة معامل الاختبارات تستخدم هذه المواصفة كمقياس دولى وكأساس فى منح الاعتماد (Accreditation) حيث تتضمن متطلبات الإدارة السليمة (متطلبات إدارية) ومتطلبات الكفاءة الفنية (متطلبات فنية) لمعامل الاختبارات. كما أن استخدام هذه المواصفة يسهل التعاون بين المعامل والهيئات الأخرى كما يساعد على تبادل المعلومات والخبرات والتناسق بين المواصفات وطرق التشغيل وتحدد هذه المواصفة الدولية المتطلبات العامة للكفاءة فى أداء الاختبارات بما فى ذلك أخذ العينات وتغطى المواصفة الاختبارات التى تجريها المعامل التى تستخدم الطرق القياسية والطرق غير القياسية والطرق التى تستنبطها، وتطبق هذه المواصفة الدولية على جميع المعامل بصرف النظر عن عدد العاملين بتلك المعامل أو مدى خدمات الاختبار التى تقدمها، وهذه المواصفة الدولية لا تغطى متطلبات القوانين والسلامة فى تشغيل المعامل.

وسوف نعرض فى هذا الفصل المتطلبات الخاصة بمواصفة الأيزو ١٧٠٢٥ سواء الإدارية أو الفنية.

وتشمل متطلبات مواصفة (أيزو ١٧٠٢٥) الإدارية ما يلى:

١. نظام الإدارة.
٢. نظام الجودة.
٣. ضبط المستندات.
٤. مراجعة الطلبات والعطاءات والعقود.
٥. ضبط وتصحيح الاختبارات والمعايرات غير السليمة.

٦. التعاقدات مع جهات خارجية.
٧. شراء الخدمات والتوريدات.
٨. الخدمات المقدمة للعملاء.
٩. اختيار وتنفيذ الإجراءات التصحيحية.
١٠. الإجراءات الوقائية.
١١. الشكاوي.
١٢. التحسين.
١٣. حفظ وإدارة السجلات والمستندات.
١٤. التفتيش الداخلي.
١٥. مراجعة الإدارة.

بينما تشمل متطلبات مواصفة (أيزو ١٧٠٢٥) الفنية ما يلى:

١. مقدمة عامة.
٢. عدد ونوعية الأفراد.
٣. ظروف وبيئة وتجهيزات مكان العمل.
٤. أجهزة تجميع وتحليل العينات.
٥. طرق المعايرة المستخدمة.
٦. تجميع العينات.
٧. إجراءات تتبع القياسات.
٨. تداول مواد الاختبار والمعايرة.
٩. تأكيد جودة الاختبارات والمعايرة.
١٠. توثيق المستندات و تسجيل النتائج وطرق الحفظ.

المتطلبات الإدارية يجب أن يكون للمعمل أو المنظمة التابع لها كيان ذو مسئولية قانونية. وفى حالة ما إذا كان المعمل يشكل جزءاً أو إدارة تابعة لمؤسسة كبيرة يجب أن يظهر الهيكل التنظيمى وضع المعمل بحيث لا تؤثر الأقسام ذات المصالح المتعارضة تأثيرا عكسيا يضر بتوافق المعمل مع هذه المواصفة (أيزو ١٧٠٢٥).

يجب أن يحقق المعمل الآتى:

١. توفير كوادر بشرية فنية وإدارية لديهم السلطة والموارد اللازمة لتنفيذ مسئولياتها متضمنة التنفيذ والصيانة وتحسين نظام الإدارة وتحديد ظهور حيود عن نظام الإدارة أو طرق الاختبار والمبادرة باتخاذ الإجراءات لمنع وقوع هذا الحيود أو الحد منه.
٢. وجود ترتيبات تضمن أن المعمل وأفراده متحررون من أى ضغوط داخلية غير مناسبة أو ضغوط خارجية تجارية أو مالية أو غيرها مما قد تؤثر بالضرر على جودة أعمالهم.
٣. توفير سياسات وطرق لتأكيد حماية خصوصية بيانات ومعلومات وحقوق ملكية العملاء بما فى ذلك تأمين التخزين الإلكترونى للنتائج ونقلها.
٤. وجود سياسة وإجراءات فى المعمل لتفادى الاشتراك فى أنشطة من شأنها تقليل الثقة فى كفاءة المعمل وحياده وأحكامه واستقامة أعماله.
٥. تحديد الهيكل التنظيمى والإدارى للمعمل ووضعه فى المؤسسة الأم إن وجدت وبيان العلاقة بين نظام إدارة الجودة والتشغيل الفنى أو الخدمات الداعمة.
٦. تحديد المسئوليات والسلطات والعلاقات البينية لكل الأفراد الذين يقومون بالإدارة والأداء والتحقق من صحة العمل الذى له تأثير على جودة الاختبارات.
٧. توفير الإشراف الكافى على الأفراد القائمين بالاختبارات بما فيهم الأفراد تحت التدريب وذلك بواسطة أفراد على دراية بالطرق والإجراءات والغرض من الاختبار وكيفية تقييم نتائج الاختبار.
٨. وجود إدارة فنية مسئولة مسئولية شاملة عن العمليات الفنية وتوفير الموارد اللازمة لتحقيق الجودة المطلوبة فى عمليات المعمل.
٩. تحديد مدير الجودة (أيا كان المسمى الوظيفى) – بغض النظر عن مسئولياته الأخرى – له المسئولية والسلطة المحددة تجاه تنفيذ نظام الجودة واتباع تعليماته فى كل الأوقات، كما يكون له الحرية والحق فى

الاتصال المباشر بأعلى مستويات الإدارة المخولة باتخاذ القرارات فيما يختص بالسياسات والموارد.

١٠. تحديد نواب لشاغلى وظائف إدارة الوحدات.

١١. ضمان وعى أفراد المعمل بمدى أهمية أنشطتهم، وكيفية مساهمتهم فى تحقيق أهداف نظام الإدارة.

نظام الإدارة

يجب على المعمل أن ينشئ ويطبق ويحافظ على نظام إدارة مناسب لطبيعة ومجال أنشطته، ويجب توثيق سياسات المعمل ونظمه وبرامجه والطرق المستخدمة والإجراءات بالقدر اللازم لتأكيد جودة نتائج الاختبارات، ويجب تبليغ وتوصيل وثائق نظام الإدارة للعاملين المعنيين وأن تكون واضحة ومفهومة ومتاحة لهم مع التزامهم بتنفيذ ما جاء فيها، ويلزم تحديد سياسة نظام الإدارة وأهدافها فى كتيب الجودة (أيا كان المسمى) ويجب أن تحدد وتراجع الأهداف العامة أثناء مراجعة الإدارة لسياسة الجودة التى تصدر من المدير التنفيذى وتتضمن على الأقل:

١. التزام المعمل بممارسة مهنية جيدة وبجودة اختباراتها فى خدمة عملائها.

٢. النص على مستوى خدمات المعمل.

٣. عرض نظام الإدارة المتعلق بالجودة.

٤. استيعاب كل العاملين فى مجالات الاختبار بوثائق الجودة وتطبيق السياسات والإجراءات المستخدمة فى اداء أعمالهم.

٥. التزام أداء المعمل بالتوافق مع هذه المواصفة الدولية (المواصفة أيزو ١٧٠٢٥) والتحسين المستمر فى فاعلية نظام الإدارة.

ويجب تحديد دور ومسئوليات الإدارة الفنية ومدير الجودة فى كتيب الجودة بما فى ذلك المسئولية عن التأكد من توافق الأداء مع متطلبات هذه المواصفة الدولية (مواصفة الأيزو ١٧٠٢٥)، كما يجب أن تضمن الإدارة العليا الحفاظ على سلامة نظام الإدارة عندما تحدث تغيرات مخططة ومنفذة فى نظام الإدارة.

نظام الجودة

يجب على إدارة المعمل إعداد وتطبيق نظام لضمان الجودة يناسب الغرض والنشاط المزمع البدء فيه متضمناً ذلك نوع ومدى وحجم الاختبارات المخطط لها، ويجب على إدارة المعمل أن توثق سياستها وأنظمتها وبرامجها وطرقها وتعليماتها إلى الحد الضرورى الذى يمكن للمعمل من تأكيد جودة نتائج التحاليل التى يؤديها.

ويجب أن يكون التوثيق المستخدم فى نظام الجودة معلوماً ومتاحاً ومنقولاً ومطبقاً من قبل الأشخاص المعينين، ويجب على المعمل أن يحدد ويوثق سياساته وأهدافه المرجوة فى نظام الجودة ويطبقها.

ويجب طرح الأهداف الإجمالية من خلال دليل نظام الجودة ويتم التأكيد على مستوى الأداء ويمكن أن يصدر ذلك من خلال سلطة المدير التنفيذى، ويشمل التخطيط التالي تدرج توثيق نظام الجودة.

الصلاحية تعنى التأكيد على الاختبار وإعطاء الدليل الفعال على أن متطلبات معينة لاستعمال محدد قد تم الالتزام به، وعادة فإن قابلية التطبيق أو الصلاحية هى توازن بين التكاليف والأضرار والإمكانيات التقنية.

وتتضمن الصلاحية مواصفات المتطلبات وتحديد خصائص الطرق ومقارنة المتطلبات مع قيمة خصائص الطريقة ثم التصريح بالصلاحية وعلى المختبر أن يثبت صلاحية الطرق غير القياسية والطرق المصممة والطرق القياسية التى تستخدم خارج نطاق المدى المقصود وتكبير الطرق القياسية لتتوافق مع الطرق المستخدمة مع الاستخدام المقصود ودراسة صلاحية الطريقة، ويجب أن يكون شاملاً كلما كان ذلك ضرورياً ليقابل الاحتياجات فى تطبيق معين أو مجالات من التطبيق، ويجب أن يسجل المعمل النتائج التى يحصل عليها والطريقة المستخدمة لإثبات الصلاحية والتصريح عندما تكون الطريقة مطابقة للغرض المقصود.

وتؤسس الصلاحية بدراسات لإثبات أن خصائص الأداء للطريقة تقابل المواصفات المرتبطة بالاستخدام المقصود للنتائج التحليلية وخصائص الأداء تشمل:

- الانتقائية.
- المدى.
- العلاقة الخطية.
- الحساسية.
- حد التمييز.
- حد التقدير.
- المرونة.
- الدقة.
- التحديد.
- التكرارية.

ويجب أن تذكر هذه المؤشرات بوضوح فى الطريقة الموثقة بحيث يستطيع المستخدم تقييم مدى ملائمة هذه الطريقة لاستخدام معين.

مراجـعة الطلـبات والعطاءات والعقود

يجب أن ينـشئ المعمل ويحافظ على اجراءات لمراجعة الطلبات والعطاءات والعقود، على أن تؤكد سياسات وإجراءات هذه المراجعة والتى تؤدى إلى تحرير عقد اختبار لتحقيق التالى:

١. تحديد المتطلبات اللازمة للمراجعة وتحديد الطرق المستخدمة تعريفا وافيا وتوثيقها وفهمها.
٢. توفير القدرة والموارد لدى المعمل لتحقيق تلك المتطلبات.

شراء الخدمات والتوريدات

يجـب أن يضـع المعـمل السياسات والإجراءات المناسبة لاختيار خـدمات المشتريات والإمداد التى يستخدمها والتى تؤثر على جودة الاختبارات. ويجب وجود إجراءات الشراء واستقبال وتخزين الكواشف والمواد الكيميائية والمستهلكات التى يستخدمها المعمل فى الاختبارات والتحقق من المواد المشتراه والكواشف والمواد الكيميائية وعدم استخدامها إلا بعد إجراء الفحص والتحقق اللازم من مطابقتها للمواصفات القياسية، كما يجب الاحتفاظ بالسجلات التى تم استخدامها للتحقق من هذه المطابقة.

كما يجب أن تحتوى وثائق المشتريات على البيانات التى تصف الخدمات والإمدادات التى تم طلبها (والتى تؤثر على جودة أداء المعمل) على أن تتم مراجعة تلك الوثائق واعتماد محتوياتها الفنية قبل إصدارها، وعلى المعمل أن يقيم الموردين للخدمات والإمدادات والتى تؤثر على جودة الاختبارات، وعليه أن يحفظ سجلات التقييم وأن يضع قائمة بالموردين الذين تم اعتمادهم بواسطته.

التحكم فى أعمال الاختبارات غير المطابقة

يلـزم أن يكون لدى المعمل سياسة وطرق تنفذ عند عدم توافق أى وجه مـن أوجه أعمال الاختبار أو نتائجها مع طرق العمل الخاصة بالمعمل، ويلـزم أن تؤكد هذه السياسة والطرق الموثقة النواحى التالية:

١. تحديد المسئوليات والسلطات المشرفة على الأعمال غير المطابقة وكذلك الإجراءات المتخذة (بما فى ذلك تجميد العمل وسحب تقارير الاختبار) بحيث تتخذ الإدارة تلك الإجراءات عند اكتشاف عدم المطابقة.
٢. تقييم مدى أهمية وتأثير عدم المطابقة.
٣. اتخاذ الإجراءات التصحيحية فوراً مع أى قرارات تتخذ بشأن قبول الأعمال غير المطابقة.
٤. حيثما وجب ذلك يخطر العميل ويسحب العمل غير المطابق.
٥. تحديد مسئولية سلطة اتخاذ قرار استئناف العمل.

٦. يلزم اتباع الإجراءات التصحيحية المذكورة فى المواصفة بحزم ودون إبطاء. وفى الحالات التى تظهر عمليات التقييم تكرار حدوث الأعمال غير المطابقة أو أن هناك شك فى توافق عمليات المعمل مع طرقه وسياساته المنصوص عليها فى نظام الجودة

تحليل الأسباب يلزم أن تبدأ طريقة اتخاذ الإجراءات التصحيحية بالبحث والفحص لتحديد السبب الجذرى للمشكلة، ويعتبر تحليل الأسباب مفتاح حل المشكلة وأكثر الأجزاء صعوبة فى طريقة تحديد الإجراءات التصحيحية وعادة ما يكون السبب الجذرى فى المشكلة غير واضح ومن ثم يحتاج الأمر إلى تحليل دقيق لكل الأسباب الممكنة والكامنة وقد تشمل هذه الأسباب احتياجات العميل ومواصفات العينات والطرق المستخدمة ومهارات العاملين ومدى تدريبهم والمواد المستهلكة المستخدمة أو المعدات ومعايرتها.

اختيار وتنفيذ الإجراءات التصحيحية حيثما وجب اتخاذ إجراءات تصحيحية، يلزم أن يقوم المعمل بتحديد هذه الإجراءات، حيث يلزم أن يختار وينفذ الإجراءات التصحيحية بالدرجة المناسبة لحجم المشكلة والأخطار الناتجة عنها، ويلزم أن يقوم المعمل بتوثيق وتنفيذ التغييرات المطلوبة الناتجة من فحص الإجراءات التصحيحية، كما يلزم أن يرصد المعمل ويتابع النتائج ليتأكد من فاعلية الإجراءات التصحيحية المتخذة.

الإجراءات الوقائية يجب تحديد التحسينات المطلوبة والمصادر المحتملة لعدم المطابقة سواء كانت فنية أو متعلقة بنظام الإدارة، وعند تحديد فرص للتحسين أو عندما تتطلب الحاجة لفعل وقائى فإنه يجب وضع وتنفيذ ومراقبة خطة مناسبة لتقليل احتمالات حدوث عدم التطابق والاستفادة من فرص التحسين، ويلزم أن تشمل طرق الإجراءات الوقائية المبادرة لاتخاذ الإجراءات وتطبيق الضوابط للتأكد من فعاليتها.

الشكاوى يلزم أن يكون لدى المعمل سياسة وطريقة لمعالجة الشكاوى الواردة من العملاء أو الجهات الأخرى، كما يلزم أن يحتفظ المعمل بسجلات لكل الشكاوى والتحريات والإجراءات التصحيحية التى اتخذت بشأن هذه الشكاوى.

التحسين يجب على المعمل أن يحسن باستمرار من كفاءة نظام الإدارة من خلال استخدام سياسة الجودة وأهداف الجودة ونتائج التدقيق وتحليل البيانات والإجراء الوقائى والإجراء التصحيحى ومراجعة الإدارة.

المراجعة الداخلية على المعمل أن ينفذ المراجعات الداخلية لأنشطته بشكل دورى وطبقا لبرنامج زمنى محدد مسبقا وبطرق موثقة بغرض التأكد من استمرارية توافق الأداء فى عملياته مع متطلبات نظام الجودة المذكورة فى هذه المواصفة الدولية، ويجب أن يتضمن برنامج المراجعات الداخلية كل عناصر نظام الجودة بما فى ذلك أنشطة الاختبار، ويعتبر مدير الجودة مسئول عن تخطيط وتنظيم المراجعات كما يتطلبها البرنامج وتطلبها إدارة المعمل، ويجب أن يقوم بهذه المراجعات أفراد مؤهلون ومدربون ومستقلون عن الأنشطة التى يراجعونها حيثما سنحت بذلك الموارد المتاحة.

عندما تلقى نتائج المراجعات بظلال من الشك على فاعلية العمليات أو على صحة أو مصداقية نتائج اختبارات أو معايرات المعمل، يلزم أن يتخذ المعمل اجراءات تصحيحية موقوتة، وأن يقوم بإخطار العملاء كتابة إذا ما اظهرت نتائج الاستقصاء أن نتائج المعمل قد تأثرت بشكل أو بآخر. ويجب تسجيل النشاط الذى تمت مراجعته ونتائج المراجعة والإجراءات التصحيحية الناتجة عن المراجعة، ويلزم أن يتم التحقق من تنفيذ وفاعلية الإجراءات التصحيحية التى تم اتخاذها وتسجيل ذلك من خلال عمليات متابعة مراجعات الأنشطة.

المتطلبات الفنية تتحدد صحة ومصداقية الاختبارات التى يجريها المعمل بالعديد من العوامل، وتشمل هذه العوامل تأثيرات كل من:

- الأفراد.
- المكان والظروف البيئية.
- طرق الاختبار والمعايرة المستخدمة ومصداقيتها.
- التجهيزات.
- إسناد القياسات.
- اختيار العينات.
- تداول الأغراض موضوع الاختبار والمعايرة.

الأفراد على المعمل أن يتأكد من كفاءة كل من يقوم بتشغيل جهاز محدد أو يؤدى اختبارات معينة أو يقيم النتائج ويوقع التقارير بنتائج الاختبار، وعند الاستعانة بأفراد تحت التدريب يلزم توفير الاشراف الملائم لهم، كما يلزم أن يكون تأهيل الأفراد الذين يقومون بمهام محددة على أساس التعليم المناسب والتدريب والخبرة وتقديم دليل مهاراتهم عند الطلب، وعلى إدارة المعمل تحديد وصياغة أهدافها فيما يتعلق بتعليم وتدريب وتحديد مهارات أفراد المعمل، كما يلزم أن تكون هناك سياسة وطرق لتحديد وتوفير احتياجات التدريب وبرامج التدريب المطلوبة للأفراد على أن تكون تلك البرامج مناسبة للمهام الحالية والمتوقعة للمعمل، ويجب تقييم فاعلية التدريب المتخذ، وعندما يستخدم المعمل أفراد من موظفيه أو من العاملين بعقود معه أو متعاقدين وموظفين فنيين إضافيين، فعلى المعمل التأكد من أن هؤلاء الأشخاص يعملون تحت إشراف موظفى المعمل النظاميين ذوى الكفاءة الفنية وأنهم ويؤدون عملهم طبقا لنظام الإدارة بالمعمل.

وعلى المعمل أن يحتفظ بالتوصيف الوظيفى لشاغلى الوظائف الإدارية (العليا) والفنية والأفراد ذوى الوظائف الرئيسية المساعدة فى إجراء الاختبارات، ويلزم أن تفرض الإدارة أشخاصاً محددين لأداء نوع معين من اختيار العينات وعمليات الاختبار وإصدار تقارير اختبار وإعطاء الآراء والتفسيرات وتشغيل أنواع معينة من الأجهزة، وعلى المعمل الاحتفاظ

بسجلات لهذه التفويضات وتقرير الكفاءة والمؤهلات العلمية والمهنية والتدريب والمهارات وخبرات جميع الأفراد الفنيين بما فى ذلك المتعاقدين منهم، كما يلزم أن تكون هذه المعلومات فى متناول اليد وأن تشمل تاريخ التصديق على التفويض و/ أو تقرير الكفاءة.

المكان والظروف البيئية

يجب أن تكون إمكانيات المعمل اللازمة لإجراء الاختبار بما فى ذلك مصادر الطاقة والظروف البيئية – وإن كانت لا تقتصر على هذه العوامل – كافية وملائمة للقيام بأداء الاختبارات الصحيحة، وعلى المعمل أن يضمن ألا يؤثر جو المعمل والظروف البيئية المحيطة على صحة النتائج أو يؤثر تأثيرا عكسيا على جودة أى قياسات تتم به، ويجب الحيطة بشكل خاص عند اختيار العينات وإجراء الاختبارت فى موقع غير مقر المعمل الدائم، ويلزم أيضاً توثيق المتطلبات (المكان والظروف البيئية) الفنية التى يمكن أن تؤثر على نتائج الاختبارات.

وعلى المعمل أن يراقب ويتحكم ويسجل الظروف البيئية التى تتطلبها المواصفات أو الطرق والوسائل المستخدمة والتى تؤثر على جودة النتائج، كما يلزم الإنتباه لظروف العمل مثل التعقيم البيولوجى والأتربة والتشويش الكهرومغناطيسى والإشعاع والرطوبة والمصادر الكهربية ودرجات الحرارة ودرجات الصوت والاهتزاز كل حسب النشاط الفنى المناظر، ويلزم إيقاف الاختبارات والمعايرات فى حالة تعرض النتائج للخطر نتيجة لتأثير الظروف البيئية المحيطة.

ويلزم الفصل بشكل فعال بين المساحات المتجاورة المخصصة لأنشطة متعارضة مع اتخاذ الإجراءات اللازمة لمنع انتقال التلوث، ويجب التحكم فى الوصول إلى الأماكن وكذلك التحكم فى استخدام الأماكن والمساحات التى تؤثر على جودة الاختبارات ويحدد المعمل مدى التحكم بناء على ظروفه الخاصة، و يلزم اتخاذ الإجراءات اللازمة للتأكد من النظام والنظافة بالمعمل مع إعداد الطرق الخاصة بتحقيق ذلك عندما تدعو الضرورة.

ط ـ رق الاخ ـ تبارات وافرار صحة الطرق

يلزم أن يستخدم المعمل طرق وإجراءات ملائمة لكل الاختبارات داخل مجال عمله، وتشمل هذه الطرق إجراءات اختيار العينات وتناول ونقل وتخزين وإعداد العينات المراد اختبارها – وإذا كان ملائما – تقدير اللا يقين فى نتائج القياس بالإضافة الى التقنيات الإحصائية لتحليل بيانات ونتائج الاختبار.

ويلزم أن يكون لدى المعمل تعليمات عن استخدام وتشغيل كل المعدات ذات الصلة بعمليات الاختبار وكذلك الإجراءات المستخدمة فى تناول وإعداد العينات للاختبار إذا كان ذلك يُعّرض نتائج الاختبار للمخاطر، كما يلزم حفظ كافة التعليمات والمواصفات وكتيبات التشغيل والبيانات المرجعية ذات الصلة بعمل المعمل وأن تكون فى متناول العاملين، ويلزم التنوية أن الحيود عن طرق الاختبار والمعايرة يمكن حدوثه فقط فى حالة ما إذا كان موثقا ومبررا فنياً ومسموح به من المفوضين ومقبولا من العميل.

اختيار الطرق المستخدمة

يلزم أن يستخدم المعمل طرق اختبار وطرق جمع لعينات مناسبة للاختبارات التى يقوم بها المعمل ويفضل استخدام الطرق المنشورة كمواصفات قياسية سواء كانت وطنية أو اقليمية أو دولية، ويلزم على المعمل أن يتأكد من أنه يستخدم أحدث الإصدارات السارية للمواصفة، أما إذا لم يحدد العميل الطريقة اللازم اتباعها فيجب على المعمل اختيار الطريقة المناسبة والتى تم نشرها فى مواصفة دولية أو إقليمية أو وطنية أو بواسطة مؤسسات فنية ذات سمعة طيبة أو فى مجلات علمية ذات صلة بالموضوع أو طبقا لما يحدده منتج المعدة، كما يمكن استخدام طرق قام المعمل بتطويرها أو طرق يتبناها المعمل بشرط أن تكون مناسبة للغرض وتم التحقق من صحتها.

ويجب وضع إجراءات لاستخدام طرق الاختبار الجديدة قبل إجراء الاختبارات حيث تحتوى هذه الطرق على المعلومات الآتية على الأقل:

- تعريف مناسب للطريقة.
- مجال عمل الطريقة.
- وصف لنوعية المادة المراد اختبارها أو معايرتها.

- العناصر والكميات والمدى المراد تحديدهم.
- الأجهزة والمعدات المستخدمة بما فى ذلك متطلبات الأداء الفنى.
- مرجع القياس والمواد المرجعية المطلوب استخدامها.
- الظروف البيئية المطلوبة والفترات الزمنية اللازمة لتحقيق الاستقرار.
- وصف للطريقة يتضمن.

إقرار صحة الطرق

التحقق من صحة الطريقة هو التأكد بالفحص وتقديم الأدلة الموضوعية على أن الاحتياجات المعنية لتحقيق غرض محدد قد تم توفرها. وعلى المعمل أن يتحقق من صحة الطرق غير القياسية والطرق التى تم تصميمها/ تطويرها بواسطة المعمل والطرق القياسية المستخدمة خارج المجال المراد لها والإسهاب أو التوسع والتعديلات التى قد يجريها على الطرق القياسية وذلك للتأكد من صلاحية الطرق للغرض المقصود، ويلزم أن يكون التحقق شاملا حسبما يجب لمواجهة احتياجات التطبيق ومجالاته، وعلى المعمل أن يسجل النتائج المستخرجة والطريقة المستخدمة للتحقق مع ذكر نص يوضح صلاحية الطريقة للغرض المقصود.

يجب أن يكون الأسلوب المتبع لتحديد وتقييم أداء الطريقة واحداً من الأساليب التالية أو خليط منها:

- المعايرة باستخدام مرجع قياسى أو مادة مرجعية.
- المقارنة بنتائج تم الحصول عليها باستخدام طرق أخرى.
- المقارنات بين المعملية.
- تقييم منهجى للعوامل المؤثرة على النتائج.
- تقدير اللا يقين فى نتائج القياس مبنيا على الفهم العلمى للمبادئ النظرية للطريقة والخبرة العملية.

ويلزم أن يكون المدى وصحة القيم التى يحصل عليها المعمل من الطرق المحقق صحتها وثيق الصلة باحتياجات العميل للغرض المستخدمة من أجله هذه الطرق، ومن أمثلة المدى والقيم المقصودة قيمة اللا يقين فى نتائج

القياس وحدود الكشف وانتقائية الطريقة وخطية نتائجها وحدود التكرارية و/ أو تطابق استخراجية النتائج وثباتها أمام المؤثرات الخارجية و/ أو حساسيتها المتبادلة لتداخلات نماذج العينات أو الغرض المراد قياسه.

تقدير اللا يقين فى القياسات

يلزم على معمل المعايرة أو معمل الاختبار الذى يجرى المعايرات الخاصة به أن يطبق طريقة لتقدير اللا يقين فى نتائج القياس لكل المعايرات التى يجريها. وعلى معمل الاختبار أن يحوز ويطبق طرق لتقدير قيم اللايقين فى نتائج القياس، وفى حالات معينة عندما تحول طبيعة طريقة الاختبار دون إجراء حسابات بالغة الدقة وصحيحة إحصائيا ومتروولوجيا لقيم اللا يقين فى نتائج القياس يتعين على المعمل – على أقل تقدير – محاولة تعين كل مكونات اللا يقين وعمل تقدير معقول لقيمها مع التأكد من أن نموذج تقرير النتائج لا يعطى انطباعا خاطئا عن قيمة اللا يقين، ويلزم أن يبنى التقدير المعقول على معرفة كفاءة أداء الطريقة وعلى مدى القياسات مستخدماً فى ذلك الخبرات السابقة وبيانات التحقق من صحة الطريقة. وعند تقدير قيمة اللا يقين فى نتائج القياس يلزم أخذ كل مكونات اللا يقين الهامة للحالة موضع الاعتبار مع استخدام طرق التحليل المناسبة.

التجهيزات

يلزم أن يجهز المعمل بكل الأجهزة والأدوات اللازمة لاختيار العينات والقياس ومعدات القياس المطلوبة للأداء الصحيح للاختبارات بما فى ذلك اختيار العينات وإعداد العينات المراد اختبارها وتشغيل وتحليل بيانات الاختبار وفى الحالات التى يحتاج فيها المعمل لإستخدام معدات خارج نطاق سيطرته الدائمة عليه التأكد من متطلبات احتياجات هذه المواصفة الدولية، ويلزم أن تحقق الأجهزة المستخدمة وبرمجياتها المستخدمة فى الاختبار صحة القياس المطلوبة وأن تتوافق مع المواصفات ذات الصلة بالاختبارات المعنية، كما يلزم أن تصمم برامج المعايرة للكميات أو القيم الحاكمة للأجهزة ذات التأثير الفعال على النتائج. ويلزم أيضاً مراجعة و/ أو معايرة الأجهزة قبل استخدامها بما فى ذلك الأجهزة المستخدمة فى اختيار العينات للتأكد من مطابقتها لمتطلبات مواصفات المعمل وتوافقها مع المواصفات القياسية

المعنية. ويتم تشغيل الأجهزة بواسطة الأفراد المخول لهم سلطة استخدامها على أن يكون فى متناول أيدى أفراد المعمل المناسبين أحدث الاصدارات لتعليمات تشغيل وصيانة الأجهزة (بما فى ذلك أى كتيبات تشغيل ذات صلة بالجهاز يوفرها منتج الجهاز)، ويتم تعريف كل بند من المعدات وبرمجياتها المستخدمة فى الاختبار ذات التأثير على نتائج القياس تعريفا مميزا كلما كان ذلك ممكنا عمليا، ويتم الاحتفاظ بسجلات لكل بند من المعدات وبرمجياتها المستخدمة فى الاختبار ذات التأثير على نتائج الاختبار على أن تحتوى السجلات على المعلومات التالية على الأقل:

- هوية بند المعد وبرمجياته.
- اسم المصنع وتعريف الطراز والرقم المسلسل أو تعريف مميز.
- التحقق من مطابقة المعدة للمواصفات الفنية.
- مكان المعدة الحالى كلما كان هذا ملائما.
- تعليمات المصنع إذا ما توافرت أو الإشارة إلى مكان تواجدها.
- تواريخ ونتائج ونسخ من تقارير وشهادات كل المعايرات وعمليات الضبط الدقيق ومعايير القبول وتاريخ المعايرة التالية.
- خطة الصيانة كلما كان هذا ملائما وآخر صيانة تمت وتاريخها.
- التلفيات أو القصور فى الأداء أو التعديلات أو الاصلاحات التى أجريت للمعدة.

ويلزم أن يتبنى المعمل طرقا لتداول واستخدام وصيانة أجهزة القياس بشكل آمن ونقلها وتخزينها بالإضافة الى خطة صيانة مناسبة للتأكد من حسن ادائها ومنع تدهورها أو تلوثها، وقد يكون من الضرورى توفر طرق اضافية عند استعمال معدات القياس أو اختيار العينات فى أعمال القياس أو إختيار العينات خارج المقر الدائم للمعمل.

ويتحتم أن تخرج من الخدمة الأجهزة التى تعرضت للتحميل الزائد أو سوء التداول أو التى تعطى نتائج مشكوك فيها أو التى ظهر أنها معيبة أو خارج الحدود المسموح حيث يتم عزل هذه الأجهزة لمنع استخدامها أو تمييزها

بشكل واضح للدلالة على انها خارج الخدمة حتى يتم إصلاحها وإثبات صحة أدائها بعد معايرتها أو اختبارها. ويلزم أن يختبر المعمل تأثير العيب أو الحيود عن الحدود المسموح بها على نتائج الاختبارات أو المعايرات السابقة التى تمت باستخدام تلك الأجهزة وأن يحدد طريقة لفحص وضبط الاعمال غير المتوافقة، ويلزم تمييز كل الأجهزة المستخدمة التى بحوزة المعمل وتحت سيطرته بملصق أو شفرة (تكويد) أو تعريف بشكل أو بآخر وبيان تلك التى تحتاج للمعايرة وذلك لبيان موقفها من المعايرة بما فى ذلك تاريخ المعايرة وتاريخ انتهاء صلاحية المعايرة.

وفى حالة خروج الأجهزة من المعمل لأى سبب من الأسباب يلزم أن يتأكد المعمل من الأداء المرضى وموقف الأجهزة من المعايرة قبل إعادتها للخدمة، وإذا ما نتج عن عملية المعايرة ضرورة التصحيح فعلى المعمل ان يكون لديه الطرق التى تكفل تحديث نسخ شهادات المعايرة (فى برمجيات الحاسب الآلى على سبيل المثال) كما يلزم حماية أجهزة الاختبار بما فى ذلك البرمجيات الملحقة بها من الضبط أو التعديل المؤثر على صحة نتائج الاختبار.

إسناد القياسات

يلزم معايرة كل الأجهزة المستخدمة فى الاختبارات قبل استخدامها بما فى ذلك الأجهزة المساعدة المستخدمة فى القياسات الثانوية (مثل قياس الظروف البيئية المحيطة) والتى لها تأثير فعال على صحة القياس ومصداقية النتائج. وعلى المعمل ان يكون لديه برنامجاً موثقاً عن إجراءات المعايرة لكل الأجهزة.

المعايرة

يحقق معمل المعايرة مبدأ إسناد معايير القياس التى يستخدمها وأجهزة قياسية إلى النظام الدولى بواسطة سلسلة متصلة لا تنفصل من المعايرات أو المقارنات التى تربطها بالمعيار المرجعى الممثل للكمية المقاسة فى النظام الدولى لوحدات القياس، ويمكن تحقيق الربط بالنظام الدولى من خلال معايير القياس الوطنية.

يتم معايرة الأجهزة باستخدام معايير أولية (Primary) أو معايير ثانوية (Secondary) تمت معايرتها بواسطة معهد قياس قومى آخر، وعند اللجوء إلى خدمات معايرة خارجية يلزم تأكيد مبدأ إسناد القياس استخدام خدمات المعامل التى تقدم أدلة الكفاءة الفنية وقدرات القياس على أن تحتوى شهادات المعايرة الصادرة عن هذه المعامل قيمة اللا يقين فى نتائج القياس وأن ينص بوضوح على التوافق مع مواصفة محددة، كما يلزم فى بعض الأحوال أن تجرى عملية المعايرة عن طريق تحقيق الإسناد لمعايير قياس مناسبة مثل:

- استخدام المواد القياسية المرجعية الموثقة والموردة عن طريق مورد كفء لإعطاء توصيف فيزيائى أو كيميائى يعول عليه للمادة المرجعية.
- استخدام طرق محددة و/ أو معايير موصفة بوضوح ومتفق عليها.
- يلزم أن يكون لدى المعمل طرق لسلامة تداول ونقل وتخزين واستخدام المعايير المرجعية والمواد المرجعية لمنع تلوثها أو تدهور حالتها وايضاً للحفاظ على سلامتها.
- الاشتراك فى برنامج للمقارنات بين المعامل.

جمع وتداول العينات

يلزم أن يكون لدى المعمل خطة وطرق لجمع واختيار العينات عندما يكون ذلك من نشاطاتة على أن تكون الخطة والطريقة متاحة للعاملين وأن تكون موضوعة على اسس احصائية ملائمة. ويجب أن يكون لدى المعمل طرق لتسجيل البيانات والعمليات ذات الصلة بجمع واختيار العينات للتحليل. ويلزم أن يكون لدى المعمل طرقا لنقل واستقبال وتداول وتخزين واستبقاء والتخلص من العينات. ويلزم أن يكون لدى المعمل نظاما لتعريف العينات المراد إختبارها بحيث يضمن عدم خلط العينات نفسها أو عند الإشارة إليها فى السجلات أو أى وثائق أخرى، وعند استلام العينات المراد اختبارها يلزم تسجيل أى شذوذ أو حيود عن الحالة الطبيعية التى قد تؤثر فى طريقة الإختبار، وفى حالة وجود شك فى ملائمة العينات المراد إختبارها لإجراء الاختبار أو عدم مطابقتها للتوصيف المعطى أو عندما لا يتم إعطاء التفاصيل الكافية للاختبار المطلوب، ويلزم أن يكون لدى المعمل الطرق والوسائل الملائمة لتأمين العينات المراد اختبارها وتفادى تدهورها أو فقدها أو تلفها

أثناء تخزينها أو تداولها أو إعدادها للاختبار، وعلى المعمل أن يوفر الترتيبات اللازمة للتخزين والتأمين لحماية وسلامة العينات المعنية أو أجزاءها.

تأكيد جودة نتائج الاختبار والمعايرة

يلـزم أن يكون لدى المعمل طرق لضبط الجودة لمراقبة صحة الاختـبارات والتأكد من دقتها وصحتها باستخدام الأساليب الإحصائية – كلما كان هذا عمليا – فى استعراض النتائج، كما يلزم لتحقيق المراقبة التخطيط المسبوق والاستعراض، فقد تتضمن ما يلى وإن كانت لا تقتصر عليه:

١. الاستخدام المنتظم للمواد المرجعية و/ أو الإجراءات الداخلية لضبط الجودة باستخدام مواد مرجعية ثانوية.
٢. الاشتراك فى المقارنات بين المعامل أو برامج اختبار الكفاءة.
٣. تكرار الاختبارات أو المعايرات باستخدام نفس الطرق أو طرق مختلفة.
٤. إعادة الاختبار أو اعادة المعايرة للعينات أو الأجهزة المحتفظ بها.
٥. ايجاد علاقة متبادلة بين نتائج مختلفة لغرض لجهاز واحد.

ويجب تحليل بيانات مراقبة الجودة واتخاذ إجراء مخطط لتصحيح أى خلل وعدم الاعتداد بالنتائج غير الصحيحة فى التقرير.

شهادات المعايرة

بالإضافة إلى ما ورد من المتطلبات المنصوص عليها يلزم أن تتضمن شهادات المعايرة البنود التالية كلما كان ذلك ضروريا لتفسير نتائج المعايرة:

١. الظروف التى أجريت فى ظلها المعايرة والتى تؤثر على نتائج القياس (مثال: الظروف البيئية المحيطة).
٢. قيمة اللا يقين فى القياس و/ أو ذكر نص يفيد التوافق مع مواصفة محددة أو بنود محددة فيها.
٣. دليل يثبت إسناد القياس.

الكواشف والمواد المرجـ ـعية والكيماويات القياسية

يجب على المعمل أن يستخدم النوعية المناسبة من الكيماويات والكواشف للإختبارات المعنية. وربما يؤخذ فى الاعتبار متطلبات النقاوة للكيماويات القياسية فيما يتعلق بالسماح (Tolerance) المجاز للطريقة وعلى سبيل المثال فإن السماح (التفاوت) أقل من ٠.١ % لقيمة مستهدفة سوف يتطلب استخدام كيماويات قياسية ذات تركيز مؤكد أكبر من ٩٩.٩ % وتجرى المعايرة فى عديد من التحاليل باستخدام مواد قياسية محضرة بالمختبر من كيماويات معلومة النقاوة والتركيب. ومسئولية المستخدم أن يتحقق من أن نوعية المواد القياسية مرضية وعادة يتم التحقق من كل دفعة جديدة من المواد بمقارنتها بالقديم.

إن درجة نقاوة أى كاشف (حتى الماء) يجب أن تكون كما هو مذكور ومطابق لما فى الطريقة. ويجب الأخذ فى الأعتبار الإحتياطات مثل السمية والقابلية للإشتعال والثبات الحراري والضوئي والقابلية للتفاعل مع مواد كيميائية أخرى أو مع مادة الوعاء وكذلك أية أخطار أخرى. والكواشف التى تحضر فى المختبر يجب وضع ملصق عليها ليسهل التعرف عليها وعلى قوتها والمذيب المستخدم (عندما لا يكون الماء) وأية احتياطات خاصة أو أخطار متوقعة أو قيود على الاستخدام وكذلك تاريخ التحضير وتاريخ انتهاء الصلاحية ويجب أن يسهل التعرف على الشخص المسئول عن تحضير الكواشف من خلال الملصق أو من السجلات.

ويجب على المعمل استخدام مواد مرجعية وهى مواد يكون معروف أحد خواصها أو أكثر بدرجة كافية لاستخدامها فى تقييم المواد. ويجب على المعمل استخدام مواد مرجعية موثقة وهى مواد أحد خواصها أو أكثر له شهادة أو وثيقة مصاحبة له بقيم خواصه التى حصل عليها بطريقة صالحة من الجهة المصدرة للشهادة. وعلى كل حال ليست كل المواد صالحة لنفس المقياس. وتفاصيل تجارب التجانس وتجارب الثبات و يمكن الحصول على المواد المستخدمة فى التفويض ودرجة الشك والتفاوت فى قيم المواد من المنتج وتستخدم للحكم على الأصل.

ويجب استخدام المواد المرجعية كلما كان ذلك ممكناً لإمكان التقصي الأساسى فى قياس الكيماويات ولبيان دقة النتائج ومعايرة الأجهزة ورصد أداء المعمل وصلاحية الطرق وليمكن من مقارنة الطرق بالاستخدام كمواد نقل قياسية وعندما يتداخل الوسط فيجب إعادة اختبار صلاحية الطريقة باستخدام مواد قياسية موثقة لها فى وسط مقارب للعينة وعندما لا يتوافر وجود مثل هذه العينات فربما يكون مقبولاً استخدام عينة أضيف لها مادة كيميائية قياسية.

ويجب أن توضع ملصقات على المواد المرجعية والكيماويات القياسية بحيث لا يمكن الخطأ فى تمييزها ويكون مصاحباً لها الشهادات والمستندات. ويجب توافر المعلومات التى تبين عمر وظروف التخزين والقابلية للتطبيق والقيود على الاستخدام ويجب معاملة المواد القياسية المحضرة مثل الكواشف من حيث وضع الملصقات. ولتحليل مواد متناهية الضآلة فى التركيز فإنه من الضروري السيطرة وضبط التداخلات. ويجب أن يعطى اهتمام بتوصيات المصنع فيما يتعلق بظروف التخزين والعمر. ويجب التعامل مع المواد المرجعية والقياسية بطريقة آمنة تضمن عدم فقدانها وتعكس طرق التدريب على هذه المتطلبات.

ويجب أن تتوافق طريقة التخلص من الكواشف مع قانون البيئة رقم ٩ لسنة ٢٠٠٩ وقرار وزير الإسكان رقم ٤٤ لسنة اذا كان الصرف على شبكة الصرف الصحى وكذلك تعليمات الصحة والأمان.

ويجب أن يكون لدى المعمل طرقاً آمنة للتعامل ونقل وتخزين الكواشف وتعليمات لاستخدام المواد المرجعية والقياسية لمنع التلوث والتدهور وللمحافظة على تكاملها.

قياس اللا يقين
Uncertainty Measurement

قياس اللا يقين هو تقدير متعلق بالقياس ويميز مدى القيم التى تتضمن القيمة الحقيقية. وكل قياس يكون مصحوباً بدرجة من عدم التأكد ناتجة من الأخطاء التى تنشأ من مختلف مراحل أخذ العينة وتحليلها ومن عدم المعرفة بالعوامل التى تؤثر فى النتيجة ومن الضروري معرفة بعض المعلومات عن درجة الثقة وعدم التأكد للحصول على قياس ذو فائدة عملية وعبارة عدم التأكد المصاحبة للنتائج التى تعطى للعميل تعكس نوعية النتائج.

وتعبير اللا يقين هو تقدير كمى للحدود التى من خلالها يفترض وجود القيمة الحقيقية لتركيز المادة. ويعبر عن اللا يقين بقيمة الانحراف القياسي أو بمضاعفاته. وللحصول على أو حساب اللا يقين يجب الأخذ فى الاعتبار كل مصادر اللا يقين، ولا تقبل التكرارية والإعادة على سبيل المثال فى حساب اللا يقين الكلي حيث أن كلاهما لا يأخذ فى الاعتبار أى تأثيرات منظمة مرتبطة بالطريقة (وبصورة عامة يفترض أن تجرى تصويبات للخطأ المنتظم المعروف).

إن نتائج أى طريقة قياس عرضة للحيود عن القيمة الحقيقية لعديد من الأسباب. على سبيل المثال وتؤثر درجة الحرارة على الأجهزة الحجمية ويؤثر انعكاس أو تشتت الضوء فى أجهزة القياس الطيفي وكذلك التفاوت فى مصدر الكهرباء والتفسيرات الفردية للمحلل فيما يتعلق بالطرق وعدم تمام الاسترجاع عند الاستخلاص وكلها مصادر هامة للخطأ. وهذه الأخطاء يجب التقليل منها بالسيطرة الخارجية والتصحيح المناسب مثل تطبيق عامل تصحيح مناسب. ويصعب الحصول على مقدار الإنحراف من قياس واحد للمادة المجهولة عن القيمة الحقيقية لذا يجب حساب مدى الأبخرة.

ومن الممارسات عامة أن يتم التعرف على التأثيرات العشوائية وكذلك ما يسمي التأثيرات المنتظمة على عمليات القياس. وعند حساب اللا يقين الكلي فإنه من الأهمية التحقق من أن كلا النوعين من التأثير يساهم فى اللا يقين التأكد الكلي المصاحبة للنتيجة.

والتأثيرات العشوائية تسبب أخطاء وقد تتفاوت من قياس إلى آخر مؤدية إلى مكون من اللايقين فى تقدير القيمة الحقيقية. وهذا المكون من عدم التأكد ربما يشار إليه "عدم التأكد العشوائى" إن قيمة مكون اللايقين المصاحب للتأثيرات العشوائية يمكن أن يقدر بقياس الفرق فى النتائج من خلال عدد مناسب من التقديرات تحت مدى من الظروف المماثلة.

وفى دراسة اللايقين العشوائى فإن عدد القياسات يجب ألا تقل عادة عن ١٠. وتؤدى التأثيرات المنتظمة إلى أخطاء ثابتة خلال مدى الوقت المتكرر. بينما من الممكن التعرف على تأثير منتظم معين ولكن تأثيره على النتائج غير معروف تماما فإنه يظهر النوع الثانى من تأثر اللا يقين. وهذا النوع الثانى من مساهمات عدم التأكد يشار إليها من الآن فصاعدا "بالنوع ٢" من عدم التأكد وهو عادة يصعب تحديده. ولكن يمكن معرفة حجمه على أساس تصميم هندسى أو الخبرة أو المقارنات الدولية بين المعامل الخ. كذلك فان هذا النوع الثانى من مساهمة عدم التأكد يعرف على أساس الانحراف القياسى. حتى عند التعرف على تأثير منتظم مثل حيود الطريقة ويمكن تصحيحه والتصحيح المضبوط المطلوب يكون غير معروف مثل القيمة الحقيقية. أن الفرق بين التصحيح المضبوط والتقدير المستخدم يؤدى إلى اللا يقين فى تقدير القيمة الحقيقية.

من المهم ملاحظة أن مكونات النوع الثانى من اللايقين تنشأ عندما يكون تصحيح الإنحراف القياسى ناشئا عن سبب معين يتوقع أن يكون صفراً. وعلى سبيل المثال فإن معايرة جهاز طيف الامتصاص الذرى باستخدام محلول ملائم تدل على أن تصحيح خطأ منتظم يجب أن يكون صفرا. وعلى أية حال فان مضاهاة المحلول المرجعى والعينة من الصعب أن يكون تاماً والفرق بين استجابة الجهاز سوف يعطى خطأ منتظماً غير معلوم فى النتائج التحليلية لهذا النوع من العينات. وإضافة لذلك فإن المحلول المرجعى نفسه سوف ينحرف بصورة عامة بدرجة صغيرة غير معلومة عن القيمة الأسمية

لمحتواه من المادة. وكلتا الحالتين تؤدى إلى النوع الثانى من مكونات اللايقين.

والمهمة الابتدائية فى تحديد قيمة اللايقين هو التعرف على مصادره المعينة وقيمة كل مساهمة. ويجب الاحتفاظ بسجل لكل المصادر الفردية من اللايقين التى يتم التعرف عليها ومساهمة كل مصدر ومصدر القيمة (مثلا العمل الاستكشافى والمراجع وحدود المعايرة) وعند التعرف على مصادر اللايقين يجب الأخذ فى الاعتبار التسلسل الكامل للظروف الضرورية للغرض من التحليل. وهذا التسلسل يتضمن أخذ العينات وتقسيمها وتحضيرها واستخلاصها وتنظيفها وتركيزها أو تخفيفها ومعايرة الجهاز (متضمنا تحضير المواد المرجعية) والتحليل الآلى ومعالجة البيانات والربط بين النتائج التى يحصل عليها.

وكل هذه المراحل المسماة أو الأخرى المعروفة فى ظروف محددة سوف يصاحبها مصادر للخطأ. وحيث أنه يمكن التعرف عليها عمليا بوضوح ويمكن تحديد مساهمة كل خطوة فى اللا يقين الكلى فإنه يجب إتباع ذلك وحيث أن الخطوات فى التقدير تعطى نتائج فإنه من المفيد تحديد عدم التأكد المصاحب لكل خطوة. والمصادر الفردية للخطأ لكل مرحلة (مثل تأثيرات درجة الحرارة – خطأ الوزن .... الخ) ويمكن قياسها عمليا فإنه من الممكن الأخذ فى الاعتبار تأثيرات العوامل المجمعة. وعلى سبيل المثال فان التكرارية لقياس ربما يستخدم كتعبير عن عدم التأكد العشوائى لهذه المراحل القابلة للتكرار وبالمثل فإن تقدير جزء من النوع الثانى من عدم التأكد يمكن أن يشتق من تفاوتات معروفة بين المعامل فى الطريقة المشتقة من دراسات بين المعامل.

ومن الضرورى الأخذ فى الاعتبار أن النوع الثانى من عدم التأكد ينشأ خارج نطاق هذه الدراسات. وعلى سبيل المثال فان القيم الاسمية للمواد المرجعية تذكر فى صورة مدى وعندما تستخدم عدة معامل نفس العينة فى

دراساتها المقارنة فان عدم التأكد من قيم المادة المرجعية لا تدخل فى التفاوتات بين المعامل وعندما تتوافر المواد المرجعية المصحوبة بشهادات وتستخدم فى أغراض أخرى غير المعايرة فإنها تستخدم لتعطى تقدير مستقلاً عن قيمة النوع الثانى من مساهمة عدم التأكد ولكن التأثير من تغير الوسط بين العينة والمادة المرجعية يجب أخذه فى الاعتبار.

وتقع مساهمات اللايقين فى النتائج التحليلية ضمن أربعة مجموعات:

١. مساهمات من التأثيرات العشوائية وتقدر من تجارب الإعادة (Repeatability).
٢. مساهمات النوع الثانى مثل المشغل اللا يقين من المعايرة وأخطاء التدريج وتأثيرات المختبر والأجهزة وتقدر من تجارب التكرارية (Reproducibility).
٣. مساهمات النوع الثانى خارج نطاق دراسة المعامل مثل اللايقين من المواد المرجعية.
٤. مصادر أخرى للايقين مثل التفاوت فى اخذ العينات و تأثيرات الوسط.

وعندما يقدر اللايقين فى مجموعات فانه من المهم تسجيل مصادر اللايقين الواجب أخذها فى الاعتبار ضمن كل مجموعة وقياس وتسجيل كل مكون من اللايقين كلما كان ذلك ممكنا كمراجعة على المساهمات مجتمعة.

ومن غير الواقعى قياس اللايقين لكل اختبار ولكل نوع من العينات. وعندما يجرى اختبار معين بطريقة متكررة يكون كافيا التعرف على اللايقين مرة واحدة أو على فترات متقطعة. وبديل لذلك فان التعرف الكافى لاختبار (أو نظام) مشابه ربما يكون كافيا وتعالج القيمة فى صورة انحراف قياسى، ويجب التعبير عن مساهمات اللايقين لكل مصدر بنفس الطريقة وبنفس الوحدات مثل الانحراف القياسى، وفى بعض الحالات يلزم التحويل. فمثلا حدود المادة المرجعية مساهمات أخرى للنوع ٢ غالبا يفترض أنها حدود مطلقة للتقريب الملائم. يعالج مستطيل التوزيع ذو العرض (W) كتوزيع

طبيعى للحيود القياسى [W/(2√3)] من أجل الجمع. ويمكن تحويل فترات الثقة إلى الحيود القياسى بالقسمة على قيمة محددة من قيم (Student's t) للعينات الكبيرة (١.٩٦ من اجل ٩٥% حدود ثقة).

وعندما يتوافر كتالوج اللايقين فمن الملائم المزج المباشر للحيود القياسى وتطبيق القانون العام لتوليد الخطأ. وهذا يمكن تحقيقه بأخذ الجذر التربيعى لكل مساهمات مكونات عدم التأكد بعد تربيعها ويعبر عنها كحيود قياسى.

وعندما تكون النتائج حصيلة ضرب أو قسمة فإن الحيود القياسى النسبى يحسب بالجذر التربيعى لمجموع القيم التربيعية للحيود القياسى النسبى لكل جزئية فى النتائج ويحسب الحيود القياسى الكلى من مجموع الحيود القياسى.

ويعبر عن اللا يقين الكلى بقيمة الحيود القياسى الكلى أو فى قيمة تكرارية لها. ويفضل فى بعض الحالات تحويل اللايقين الكلى إلى مراحل الثقة (Confidence interval)، وفى هذه الحالة يقدر ضعفى الحيود القياسى الكلى ليصل إلى مرحلة ثقة ٩٥ %.

ويجب أن يكون لديه معامل القياس وتطبق طرقاً لتقدير وحساب اللايقين إلا إذا كانت طرق الاختبار تعيق إجراء مثل هذه الحسابات الصارمة. وفى بعض الحالات فإنه ليس ممكنا إجراء تقديرات إحصائية قابلة للتطبيق لقياس اللا يقين وفى هذه الحالات فإن المعمل عليه على الأقل أن يحاول معرفة كل مكونات اللا يقين ويعمل أفضل التقديرات الممكنة ويضمن أن شكل التقرير لا يعطى انطباعا مبالغاً فيه عن الدقة. وفى هذه الحالات عندما تحدد طريقة لتمييز حدود القيم للمصادر الرئيسية للايقين فى القياس وتميز شكل عرض النتائج المحسوبة فإن على المعمل أن يأخذ فى اعتباره إستيفاء هذا السبب بإتباع التعليمات المذكورة.

وعند تقدير اللا يقين لقياس معين فمن الواجب الأخذ فى الاعتبار مكونات اللايقين المهمة فى هذه الحالة باستخدام طرق مقبولة للتحليل. والمصادر التى تسهم فى اللايقين تشمل وليست قاصرة على المواد القياسية المرجعية والطرق والمواد المرجعية والطرق المستخدمة والظروف البيئية وحالة المادة المختبرة أو المعايرة ومن يقوم بالتشغيل.

إن توقع السلوك على فترة زمنية طويلة للمواد المختبرة عند تقدير قياس اللا يقين لا تؤخذ فى الاعتبار.

الفصل الرابع

الأمان والسلامة فى معامل التحاليل الكيميائية

الفصل الرابع

الأمان والسلامة فى معامل التحاليل الكيميائية

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـى أن:

- يذكر المصادر والمسببات المختلفة للأخطار المعملية.
- يحدد طرق وإجراءات الوقاية من مخاطر المعمل بمختلف أوجهها.
- يذكر تقسيم وأنواع المواد الكيميائية الخطرة.
- يشرح فائدة بطاقات بيانات الأمان للكيماويات ويذكر المعلومات المذكورة فى هذه البطاقات.
- يذكر أنواع علامات التعريف بالكيماويات الخطرة ويتعرف على العلاقات المختلفة عند رؤيتها.
- يذكر التعبيرات التى تستخدم لتحديد مدى التعرض الآمن للكيماويات الخطرة.
- يذكر شروط التخزين الآمن للمواد الكيماوية.
- يشرح إجراءات التخلص الآمن من المخلفات والنفايات الكيميائية.
- يذكر أنواع الحرائق ودرجاتها والفرق بينها.
- يذكر الإجراءات التى يجب اتخاذها عند حدوث هذه الحرائق.
- يحدد الإجراءات والأدوات اللازمة للتعامل مع الانسكابات الكيميائية.
- يحدد معدات واحتياطات الوقاية الشخصية.
- يذكر القواعد العامة للسلامة فى المعامل الكيميائية.
- يشرح كيفية القيام بالإسعافات الأولية الخاصة بالحوادث والإصابات المختلفة.

الوقاية من مخاطر المعمل وتجهيزاته

للوقاية من مخاطر العمل بمعامل التحاليل الكيميائية يجب إتباع ما يلى:

- اختيار الموقع المناسب فى مؤخرة المبنى بعيدا عن المكان المأهول.
- تخصيص مساحة مناسبة للعاملين بحيث يكون:

$$\text{عدد العاملين} = \frac{\text{مساحة المعمل – المساحة التى تشغلها المرافق والأثاث}}{\text{الحيز المعملى المخصص لكل عامل (٤ م}^2\text{)}}$$

- ألا يشغل الأثاث أكثر من ثلث مساحة المعمل.
- المرونة من حيث إمكانية تحريك أجزاء إذا لزم الأمر.
- أن تكون أسطح الطاولات غير مسامية.
- مطابقة المرافق للمواصفات وإصلاح الأعطال والصيانة الدورية.
- يجب ألا يقل عرض الطرقات داخل المعمل عن ١ متر وتكون خالية تسمح بالعمل والتحرك بيسر داخل المعمل.
- ألا تكون أماكن العمل المتاحة ضيقة تعرقل حركة العاملين بالمعمل وتؤدى إلى أخطار.
- أن توضع الأجهزة فى أماكن يمكن الوصول إليها واستخدامها بسهولة.
- أن تكون هناك ممرات واضحة غير ضيقة ذات اتساع مناسب للإنقاذ السريع.
- أن تفتح أبواب المعامل للخارج وأن يكون بها جزء علوى زجاجى يسمح بالرؤية من الخارج لأمان الأفراد.
- أن لا تسمح الأرضيات بنفاذ الماء وأن يكون مكان العمل من مواد تتحمل طبيعة العمل كما يجب أن لا تكون الأرضيات ملساء تؤدى إلى الانزلاق وفقد الاتزان داخل المعمل أثناء العمل.
- أن تكون المعامل جيدة التهوية وجيدة الإضاءة.

الوقاية من مخاطر النشاط المعملى

توجد بعض الاعتبارات الواجب إتباعها عند استخدام معامل التحاليل الكيميائية للحفاظ على سلامة العاملين بهذه المعامل، وهذه الاعتبارات هى:

١. تحديد مصادر الخطورة.
٢. تحديد الإجراءات الوقائية للمخاطر المتوقعة.

٣. ارتداء ملابس الوقاية الشخصية اللازمة.
٤. تجهيز معدات الأمان.
٥. اختبار صلاحية الأجهزة والأدوات وإصلاحها.
٦. إعداد المواد المعملية اللازمة.
٧. الاطلاع على بطاقات التعرف والعلامات التحذيرية.
٨. استبعاد المواد التالفة.

الوقاية من مخاطر سلـوك العاملين

للوقاية من مخاطر سلوك العاملين التى قد تنشأ فى معامل التحاليل الكيميائية ولتجنب حدوث مخاطر للعاملين بها يجب إتباع ما يلى:

١. الامتناع عن تناول أطعمة داخل المعمل.
٢. الامتناع عن الشرب من مصادر المياه المعملية.
٣. الامتناع عن استعمال الأوانى والأدوات المعملية فى الأكل والشرب.
٤. الامتناع عن حفظ المأكولات والمشروبات فى ثلاجـة الكيماويـات أو العينات.
٥. تجنب الحركة بكثرة داخل المعمل دون داعى.
٦. تجنب العبث بتوصيلات الغاز ومصادر الكهرباء.
٧. تجنب إلقاء الفضلات المعملية وضرورة جمعها فى أكياس خاصة.
٨. الامتناع عن التدخين بالمعمل.
٩. تقليل الضوضاء والاهتزازات ذات الخطورة على صحة العاملين.
١٠. ارتداء ملابس المعمل واستخدام معدات الوقاية المناسبة.
١١. الاحتراس من ملامسة الجلد للكيماويات الخطـرة أثنـاء العمـل منعـا للحوادث.

توصيلات الكهرباء

لتجنب مخاطر التوصيلات الكهربائية بالمعمل يجب إتباع التعليمات التالية:

١. عدم استخدام توصيلات الكهرباء الخارجية المكشوفة.
٢. استخدام التوصيل بالأرضى وأكباس الكهرباء الثلاثيـة ذات الوصـلات الأرضية.
٣. الابتعاد عن مصادر الماء.

٤. عدم الاحتفاظ بمواد أو أدوات معدنية عند التعامل مع الكهرباء.
٥. تجنب أثر الكهرباء الاستاتيكية.
٦. الكشف الدورى على التوصيلات القديمة وفحصـها وتغيرهـا إذا لـزم الأمر.
٧. تقليل طول أسلاك التوصيل الخارجيـة مـا أمكـن واسـتخدامها فـى الأغراض المؤقتة.
٨. عمل دوائر كهربية منفصلة لكل من التهوية والإنارة وباقى التوصيلات.
٩. تكون برايز الكهرباء فوق سطح البنش وبالنسبة لخزانات الغاز تكـون من خارجه.
١٠. تكون البرايز الكهربية القريبة من الدش والأحـواض مغطـاة بغطـاء خارجى (معزولة).
١١. عند التعامل مع الكهرباء يجب فصل التيار الكهربـى والعمـل تحـت ظروف جافة.
١٢. معرفة مكان وكيفية فصل التيار الكهربى عن أجزاء المعمل المختلفة.
١٣. فى حالة انسكاب مياه أو مواد كيمائية على الأجهزة تفصل الأجهزة فورًا وتنظف وتجفف تمامًا.
١٤. يجب عدم استخدام أجهزة تدار بمحركات يصدر عنهـا شـرارة فـى الأماكن الموجود فيها مواد قابلة للتطاير والاشتعال لمنع حدوث حرائق.

أدوات ومعـدات التعامل مع الكهرباء

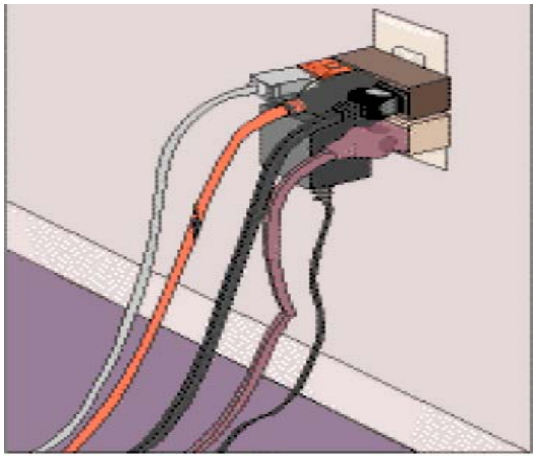
١. عند التعامل مع الكهرباء أو إجراء إصلاحات أو صيانة يجـب إرتـداء الأحذية المطاطية للحماية من الصدمات الكهربائية حيث تعمل حـاجزا بين الأرض والجسم وخصوصا إذا تطلب الأمر الوقـوف علـى أرض مبتلة ويمكن أيضا استخدام قطعة من الخشب أو المطاط إضافية.
٢. ارتداء القفازات العازلة واستخدام أدوات فحـص وصـيانة معزولـة ومغطاة بطبقة من المطاط.
٣. اسـتخدام دوائـر قطـع التيـار الأرضـى (Ground-fault Circuit Interrupter) وهى أجهزة رخيصة تعمل على رصد التيـار والفولـت

المار فى الوصلات الكهربية لتحديد تسرب التيار إلى جسـم الإنسـان وتقوم تلقائيا بقطع مرور التيار.

٤. استخدام قاطع الدوائر (Circuit Breaker) ليقوم بفصل التيار عن الجهاز عند حدوث مشكلة.

٥. يجب التأكد من أن جميع الأجهزة المستخدمة مـزودة بمصـهر (Fuse) لقطع التيار الكهربى إذا لزم الأمر عند وجود أي خلل.

ويوضح الشكل رقم (٤-١) الأسلاك والوصلات والفيش المتهالكة والأسلاك المكشوفة والتالفة والتحميل الزائد على مصدر الكهرباء.



شكل رقم (٤-١)

الأسلاك والوصلات والفيش المتهالكة والأسلاك المكشوفة والتالفة والتحميل الزائد على مصدر الكهرباء

الإسعافات الأولية عند التعـرض للصـدمات الكهربائية

تحدث الصدمة الكهربائية عندما يكون الجسم بين موصلين فى دائرة كهربية أو عندما يكون جزء من دائرة كهربية فتحدث صدمة شديدة تؤدى إلى توقف القلب والرئة وإحداث حروق، وتتوقف درجة الصدمة علـى كميـة التيـار بالملى فولت الذى يمر بالجسم ومسار التيار ووقت التعرض وابتلال الجسم بالماء والحالة الصحية للشخص المعرض، ويجب إبعاد المصاب وعزله عن مصدر الصدمة أو أى وسط معدنى وإجراء تنفس صناعى لدفع الهواء إلـى الرئتين وبدء التنفس الطبيعى، ولقد دلت الدراسات على أن ٧ من بـين كـل ١٠ مصابين بالصدمة الكهربائية يمكن إسعافهم إذا بـدأت عمليـة التـنفس الصناعى فى أقل من٣ دقائق.

توصيلات المياه

هناك بعض الاعتبارات الهامة التى يجب مراعاتها عند استخدام توصـيلات المياه، نعرض منها ما يلى:

١. يجب أن تخضع مواسير المياه والصرف إلى كشف دورى دقيـق كمـا يجب أن تكون واضحة وسهلة التمييز.
٢. يجب أن يكون هناك محابس أمان لمواسير المياه كما يجـب أن يكـون هناك محبس عمومى لكل دور على الأقل يغلق عند الحاجة من خـارج المعمل.
٣. يجب أن يوجد بمداخل المعامل دش مياه نظيف قوى ويكون مكانه خاليا من العوائق ضمانا لسهولة التشغيل.
٤. يجب أن يوجد بالمعمل وحدة ثابتة أو متحركة لغسـيل العيـون عنـد تعرضها للكيماويات ودش علوى للاستخدام عند انسـكاب الكيماويـات الخطرة (مثل الأحماض أو القلويات) على العاملين لغسل كامل الجسـم ويجب أن يعملا بكفاءة ويجرى فحصهما مرة كل شهر على الأقل كمـا هو معروض بالشكل رقم (٤-٢).

شكل رقم (٤-٢)

وحدة غسيل العيون ودش غسيل كامل الجسم للتخلص من الإنسكابات

خزانات الغازات والتهوية

هناك بعض الاعتبارات الهامة الواجب مراعاتها عند استخدام خزانات الغاز وأيضاً خزانات التهوية، نعرض منها ما يلى:

١. تجرى جميع التفاعلات التى ينجم عنها غازات أو أبخرة أو دخان فى خزانة الغازات.
٢. يجب أن يتناسب عدد ومساحة خزانات الغازات مع نوع العمل وحجمه.
٣. يجب أن تعمل خزانات الغازات بصورة فعالة على تجديد الهواء داخل المعمل وأن تكون مصنوعة من مواد قادرة على تحمل ظروف العمل.
٤. يجب أن تكون شفاطات الهواء ذات كفاءة مناسبة بحيث تغير الهواء ٢٠ مرة فى الساعة وتكون سرعة الهواء ٣٠ م^3/ دقيقة عند قمة الخزانة.
٥. يجب أن تكون خزانات الغازات مزودة بصنابير الغاز والشفط والهواء المضغوط إلى جانب توصيلات المياه والكهرباء.
٦. يجب أن تكون أماكن العمل ذات نظام تهوية جيد بحيث لا تسمح بإعادة الهواء المحمل بالمواد الخطرة إلى مكان العمل مرة ثانية.

٧. يجب أن تزود الأماكن التى يحتفظ فيها بالمخلفات الخطرة بجهاز لشفط الهواء كما يجب أن تكون الجدران مبطنة بمواد غير قابلة للاشتعال.

التسخين والتجفيف

يجب مراعاة العديد من الاحتياطات عند إجراء عمليات التسخين أو التجفيف، نعرض منها ما يلى:

١. عند تسخين المذيبات ذات درجة غليان منخفضة يجب استبعاد اللهـب ومسببات حدوث شرارة كهربية.
٢. يكون التسخين عامة بالكهرباء لحمامات الزيت والحمامـات المائيـة أساسا ويستخدم الغاز عند الضرورة تحت مراقبة جيدة.
٣. لتسخين السوائل القابلة للاشتعال يجـب ضـبط حـرارة الحمامـات بترموستات على درجة حرارة تقل ٢٠ ْم عن درجة الاشتعال للسائل وإذا تعذر ذلك يستخدم حمام معدنى.
٤. تستخدم حمامات التسخين على أرضية البنش ويجـب عـدم رفعهـا بحلقات معدنية، كما يجب عدم زيادة حجم وسط التسخين.
٥. لا تستخدم حمامات الرمل فى التسخين إلا فى الحالات التى لا تتـأثر بعدم انتظام التوزيع الحرارى كما يجب أن لا تكون حـواف حبيبـات الرمل المستخدم حادة.
٦. يجب اتخاذ إجراءات مناسبة عند تجفيف المواد التى ينجم عنهـا جـو يؤدى إلى الانفجار.
٧. الأفران التى ينجم عن استخدامها غازات أو أبخرة يجب أن تكون فى مكان جيد التهوية.
٨. المواد الصلبة يجب تجفيفها فى أفران مزودة بمنظم لدرجة الحـرارة ويضبط على درجة أقل من درجة انصهار المواد بنسبة ٢٠%.

الخراطيم والسدادات المطاطية

نعرض فيما يلى بعض الاعتبارات الواجب إتباعها عند استعمال الخـراطيم والسدادات المطاطية.

١. يجب أن تكون الخراطيم المستخدمة مناسبة لدرجات حرارة التشغيل والضغط اللازم.

٢. يجب التأكد باستمرار من نوعية وصلاحية الخراطيم المستخدمة.
٣. يجب تأمين الخراطيم ضد الانزلاق باستخدام أدوات ربط مناسبة (كوليه). كما يجب أن تؤمن ضد الحرارة الزائدة التى تسبب عيوب بها.
٤. الخراطيم المستخدمة فى التوصيلات يجب أن لا تتأثر بنوعية السائل أو الغاز الذى يمر فيها.
٥. لعمل ثقوب فى السدادات المطاطية يجب استخدام ثاقب مناسب ويتم ذلك على أرضية مناسبة.
٦. يجب أن تكون السدادات المطاطية مناسبة ولا تسحب لداخل الجهـاز تحت تأثير الضغط المنخفض.
٧. يجب أن لا تتأثر السدادات بتأثير القلويات أو المواد اللازجة فلا تنزلق للخارج.

اسطوانات الغاز المضغوط

اسطوانات الغاز المضغوط من أشد المهمات خطراً بالمعامل الكيميائية، ولذا يجب عند استخدامها مراعاة ما يلى:

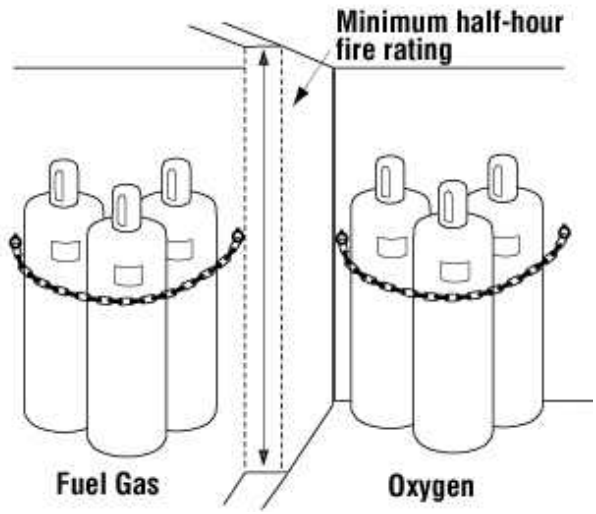
١. توضع الأسطوانات خارج مكان العمل ويوصل الغاز لمكان التجربـة بتوصيلات آمنة.
٢. يتم تأمين الأسطوانات من الوقوع باستخدام سلاسل معدنية.
٣. يجب وضع الأسطوانات المحتوية على غازات سامة داخل المعامل فى خزانات الغازات أو دواليب دائمة التهوية.
٤. يجب أن تكون الأسطوانات المحتوية على غازات ضـارة بالصـحة عموما صغيرة الحجم.
٥. المانومترات والجلب المستخدمة فى الاسطوانات المحتوية على غازات مؤكسدة مثل الأكسجين وفوق أكسيد النيتروجين يجب أن تكون خاليـة من الزيوت والشحوم.
٦. يجب وجود بطاقة تعريف بمحتويات الأسطوانة.
٧. يتم تحريك الأسطوانات على عربة خاصة.
٨. تخزن الاسطوانات فى مكان آمن جيد التهوية بعيد عن الحرارة.

٩. استخدام منظم مناسب يغلق فى حالة عدم استخدام الأسطوانة.
١٠. يجب غلق الأسطوانة عندما تفرغ حتى لا يدخل هواء ورطوبة داخلها.
١١. عند تبخر الغازات المسالة تحت ضغط يجب أن لا يزيد ارتفاع درجة الحرارة عن ٥٠°م (نتيجة حمامات ساخنة أو قماش ساخن أو استخدام مياه ساخنة لتسخين آنية يمر فيها الغاز).
١٢. تكون الخراطيم المستخدمة محكمة ولا تسمح بتسرب الغاز.
١٣. تفتح صمامات الغازات التى تشتعل والمؤكسدة التى تساعد على الاشتعال ببطء لتجنب الحرائق (الأيدروجين، الأكسجين، الفلور).
١٤. يجب عدم استخدام الاسطوانات التى لا تفتح صماماتها باليد (لا تستخدم عدة لفتح الاسطوانات).
١٥. يجب استخدام منظم مناسب للضغط عند استعمال اسطوانات الغازات ويجب عدم طرق أجزاء المنظم أو الاسطوانة.
١٦. عند العمل بالغازات الخطرة أو الضارة (كلور مثلاً) يجب التخلص من الغاز الزائد من خلال مصيدة.
١٧. يجب أن يكون للاسطوانات غطاء معدنى.
١٨. يجب الكشف الدورى على صلاحية الاسطوانات للاستخدام.

ويعرض الشكل رقم (٤-٣) كيفية تحريك ونقل اسطوانات الغاز المضغوط على عربة خاصة، كما يعرض الشكل رقم (٤-٤) تخزين اسطوانات الغاز المضغوط.

شكل رقم (٤-٣)

تحريك ونقل اسطوانات الغاز المضغوط على عربة خاصة



شكل رقم (٤-٤)

تخزين اسطوانات الغاز المضغوط

استخدام الماصات

عند استخدام الماصات فى الأغراض المعملية يجب إتباع ما يلى:

١. استخدام مضخات لسحب المحاليل (لا تستعمل الفم).
٢. تحفظ الماصة فى وضع رأسى عند عدم الاستخدام.
٣. تزال مضخات السحب مباشرة إذا تلوثت الماصة.
٤. توضع قطعة من القماش عند فوهة الماصة المستخدمة فى سحب المواد السامة أو المعدية.
٥. تجنب إسقاط مواد سامة أو معدية من فوهة الماصة.
٦. توضع فوطة بها مواد مطهرة لاستقبال السوائل المعدية ثم توضع فى أوتوكلاف.
٧. تفرغ الماصة بالقرب من سطح السائل أو على جدار الإناء.

التعامل مع الأجهزة الزجاجية والزجاج المكسور

هناك بعض الاحتياطات الواجب مراعاتها عند التعامل مع الأجهزة الزجاجية أو إذا تواجد بالمعمل بعض الأجزاء الزجاجية المكسورة، وفيما يلى بعض هذه الاحتياطات:

١. لا يجب إجراء تجارب فى زجاجيات رقيقة الجدار لأحجام تزيد عن ٥ لتر.
٢. يجب ألا يزيد الفرق بين درجة حرارة مياه التبريد وبخار المادة التى يراد تكثيفها عن ١٤٠°م (فى حالة زجاج البوروسيليكات يمكن أن يصل الفرق إلى ٢٠٠°م).
٣. لا يجب إدخال الزجاجيات اسطوانية الشكل (ترمومترات، أنابيب) فى خراطيم أو سدادات فلينية بدون استخدام قفازات مناسبة.
٤. يراعى أن لا يوجد تحميل على الأجهزة الزجاجية عند تركيبها.
٥. الأجهزة التى يجرى بها تفاعلات خطرة يجب تركيبها فى خزانة الغاز.
٦. عند فتح السدادات الزجاجية يجب إتباع أسلوب آمن (مثل الطرق الهين بقطعة من الخشب، والتسخين الحذر والسريع لعنق القارورة أو التسخين بالماء الدافئ).

٧. لا يجب تسخين الأجهزة الزجاجية المفرغة من جهة واحدة بل يجب أن يوزع التسخين على جميع الجهات لتلافى الكسر.
٨. يجب التأكد من أن الأجهزة الزجاجية خالية من أى شرخ قبل تفريغها.
٩. فى حالة التقطير تحت ضغط منخفض يستحسن وجود أنبوبة شعرية زجاجية تسمح بمرور الغازات (الهواء أو النيتروجين) تلافيا لعدم انتظام الغليان والتسخين الزائد.
١٠. للوقاية من قطع الزجاج المتناثرة نتيجة كسر جهاز أثناء تفريغه يجب العمل فى خزانة الغازات خلف ساتر واقى.
١١. عند التعامل مع الزجاج المكسور يجب لبس نظارة حماية جيدة.
١٢. الحرص على عدم التعرض للزجاج المكسور واستخدام قفازات لجمع الأجزاء الزجاجية المكسورة.
١٣. استخدام فرشاة وجاروف لجمع الزجاج المكسور.
١٤. استخدام قطن مبلل لإزاحة الأجزاء الصغيرة من الزجاج المكسور.
١٥. استخدام مكنسة كهربية إذا كان الزجاج غير ملوث كيميائيا أو بيولوجيا.

أنواع المواد الكيميائية الخطرة

تقسم المواد الكيميائية الخطرة إلى عدة أنواع منها:

١. خطرة أو شديدة الخطورة ويتراوح أثرها من فقدان الشهية والوزن والتسبب في الأنيميا مثل الأنيلين إلي مواد قاتلة في الحال مثل مركبات كربونيل النيكل.
٢. مخدرة مثل غاز النيتروز والأثير والمركبات الأليفاتية الكلورونية.
٣. مواد آكالة كالأحماض والقلويات والمواد المؤكسدة.
٤. مواد مهيجة مثل غاز كلوريد الأيدروجين وثاني أكسيد الكبريت والأمينات الأليفاتية.
٥. مواد مسرطنة مثل كلوريد فينيل والبنزين ورابع كلوريد الكربون ونفتيل أمين.
٦. مواد سامة مثل مركبات الرصاص والزرنيخ.

وتستخدم عبوات خاصة لحفظ هذه الكيماويات مثل:

- استخدام عبوات زجاجية أو بلاستيكية أو معدنية.
- استخدام أوعية حماية معدنية أو مغلفة ببولي يوريثان أو مصـنوعة مـن بولي إثيلين كوعاء ثانوي.

بطـاقات بيانات الآمان للكيماويات (MSDS)

تلتزم الشركات المنتجة للكيماويات بإعداد بطاقات بيانات السـلامة والأمـان والتي تصف مخاطر المادة وتقدم معلومات كافيـة عـن طريـق التـداول والاستعمال وكيفية تخزين هذه المواد بطرق آمنة وتتضمن هـذه البطاقـات المعلومات الآتية:

١. التعرف علي المنتج.
٢. المكونات الخطرة الموجودة إذا كان تركيبها أكبر من ١ %.
٣. الخواص الفيزيائية المستخدمة للتعرف علي المادة.
٤. معلومات عن مخاطر الحريق والإنفجارات.
٥. معلومات عن الأخطار الصـحية والاحتياطـات الطبيـة والإسـعافات اللازمة.
٦. معلومات عن النشاط والفاعلية لهذه المادة مع المواد الكيميائية الأخري.
٧. طرق التعامل عند حدوث انسكابات أو تسرب.
٨. قائمة بمعدات الوقاية المطلوبة أثناء استخدام هذه المادة.
٩. معلومات خاصة عن الحماية عند التخزين والتداول.

وتحتوي بطاقة بيانات الأمان علي تسعة أقسام لبيـان الخـواص الكيميائيـة والإجراءات اللازمة للتعامل مع هذه المادة في حالة الحوادث وهذه الأقسـام هي:

١. الخواص الفيزيائية.
٢. أقصي تركيز آمن مسموح به.
٣. خواص أخري عامة.
٤. مخاطر الحريق والانفجار.
٥. الانسكاب.

٦. التخزين.
٧. التعبئة والبيانات.
٨. وسائل الحماية.
٩. مواد الإطفاء والإسعافات الأولية اللازمة.

ويجب على المعمل أن يحدد الكيماويات الخطرة التى يستخدمها وطريقة تداولها وفقا لبطاقات بيانات الأمان والاحتفاظ بهذه البطاقات لكى تكون فى متناول العاملين للاستخدام عند الطوارئ، كما يجب على المعمل التأكد من وجود علامات الأمان واضحة على عبوات المواد الخطرة.

علامات التعريف بالكيماويات الخطرة

تستخدم عادة ٩ أنواع من العلامات للتعريف بالكيماويات الخطرة وتحديدها ويعرض الشكل رقم (٤-٥) علامات التعريف بالكيماويات الخطرة، وهذه العلامات هى:

١. مواد مفرقعة.
٢. غازات سائلة.
٣. سوائل قابلة للاشتعال.
٤. مواد صلبة قابلة للاشتعال.
٥. مواد عضوية مؤكسدة.
٦. مواد سامة أو معدية.
٧. مواد مشعة.
٨. مواد آكالة.
٩. مواد خطرة متنوعة.

شكل رقم (٤-٥)
علامات التعريف بالكيماويات الخطرة

وتستخدم بطاقات تعريف بالمواد الخطرة مثل:

- علامة تبين مدي الخطورة.
- عبارة تبين درجة الخطورة.
- المعايير الاحتياطية لتجنب الخطورة.
- تعليمات في حالة التعرض.
- تسجيل وتوقيع علي العبوة.

تخزين الكيماويات

هناك بعض الاعتبارات الهامة التى يجب مراعاتها عند تخزين الكيماويـات نعرض منها ما يلى:

١. عدم وضع كيماويات غير متوافقة متجاورة مثل المواد التي تتفاعل مع بعضها وينتج عن تفاعلها مواد سامة أو تتسبب في تصاعد أبخـرة أو غازات مثل الأمونيا بجوار حمض الأيدروكلوريك أو السيانيد بجـوار الأحماض.
٢. تخزن الكيماويات السامة أو المتطايرة في دواليب خاصة ذات تهوية.
٣. تحفظ الكيماويات ذات الضغط البخاري المرتفع في ثلاجات.
٤. تخزن الكيماويات التي تتفاعل مع الماء في مكان واحد.
٥. تخزن الكيماويات القابلة للاشتعال والأحماض المركزة علي الأرض.
٦. تخزن الكيماويات القابلة للانفجار في ثلاجة مقاومة للانفجارات.
٧. الكيماويات شديدة الخطورة لا تخزن وتستهلك أولاً بأول.

٨. تحفظ الكيماويات في عبوات زجاجية أو بلاستيكية تتناسب مع خواص المواد المحفوظة بداخلها فمثلاً لا تستخدم أوعية ألومنيوم لحفظ المركبات الكلورينية كما يجب ملاحظة ما يحدث في الأوعية البلاستيكية من تغيير في الشكل أثناء تخزين الكيماويات ويجب وضع تعريف بالكيماويات الموجودة علي الزجاجات.

٩. يجب أن تبعد الكيماويات أثناء التخزين عن تلك التي تتفاعل معها في درجة الحرارة العادية مثل الأحماض والقواعد والقلويات أو أملاح السيانيد أو المواد المؤكسدة مثل البروكسيدات والنيترات والكلورات.

١٠. توضع الكيماويات الخطرة على أرفف مرتفعة (حوالي ١٧٠سم) أو توضع في دواليب مغلقة وأن تكون العبوات مغلقة بإحكام وأن يكون العمل بها واستخدامها تحت إشراف شخص مسئول.

١١. الكيماويات الخطرة التي تضر بالصحة يجب حفظها في مكان تحت سحب هواء مستمر (خزانة غازات مثلاً).

١٢. المواد التي تشتعل ذاتياً في درجة حرارة الغرفة بتأثير الهواء أو الرطوبة يجب حفظها بعيداً عن المواد القابلة للانفجار أو المواد الملتهبة أو التي تساعد علي الاحتراق والقابلة للاشتعال ويجب أن لا يوجد بالمعمل منها إلا قدر الاحتياج اليومي فقط.

١٣. يحفظ حامض الكبريتيك المركز والنيتريك المركز والبيركلوريك بطريقة لا تحدث أضرار في حالة كسر الزجاجة (داخل حاوية بلاستيك).

١٤. يجب عدم الاحتفاظ بكميات تزيد عن ١ لتر بالمعمل من المذيبات القابلة للاشتعال في مكان العمل وإذا دعت الحاجة لاستخدام كميات فيجب أن تخزن في مكان آمن جيد التهوية.

١٥. يجب حفظ المواد القابلة للاشتعال بطريقة آمنة وعند استخدام عبوات بلاستيك ذات سعة 5 لتر فأكثر لحفظ سوائل ذات نقطة اشتعال اقل من ٣٥° م يجب أن تكون هذه العبوات قادرة علي معادلة أي شحنة كهربية استاتيكية.

١٦. تحفظ السوائل المستخدمة في التنظيف والقابلة للاشتعال في زجاجـات ذات جدار سميك أو في زجاجات بلاستيك (مثـل آسـيتون، كحـول أيزوبروبانول).
١٧. يجب إعادة تنظيم الكيماويات مرة علي الأقل كل عام ويتم التخلص من الكيماويات التي فقدت فاعليتها أو لم يعد لها حاجة للاستخدام.
١٨. تستخدم عربة متحركة لنقل الكيماويات من المخـازن أو مـن مكـان لآخر.
١٩. يجب توافر الإضاءة الكافية والتهوية المناسبة ووسائل إطفاء الحريـق فى مخزن الكيماويات
٢٠. يجب الاحتفاظ بقوائم للمواد الكيميائية بالمخزن وبيان كمياتها وتـاريخ انتهاء صلاحيتها وحجم عبواتها ونوعيتها ومصدرها ومكان تخزينهـا وبيانات الأمان لها.
٢١. يجب المحافظة على سلامة ملفات الكيماويات بتخزينهـا اليكترونيـا وحمايتها.

الأبخرة السامة

يؤدى التعرض للأبخرة السامة إلى أضرار جسيمة قد تصل إلى حد الوفاة، ولذلك يجب مراعاة بعض الاعتبارات الهامة عند التعامل معها، نعرض منها ما يلى:

١. يجب عدم التعرض المباشر لأبخرة المواد السامة واستخدام بدائل أقـل ضرراً وسمية مثل استخدام الهكسان بدلا من البنزين واسـتخدام أدوات الحماية الشخصية.
٢. يجب الحرص من أبخرة بعض المواد الكيميائية شديدة الخطـورة مثـل البنزين – ثانى كبريتيد الكربون – رابع كلوريد الكربـون – كبريتـات ثنائى الميثيل – الفورمالدهيد – كحول ميثيلى – نيتروبنزين – فينول – رباعى كلوروايثان.
٣. يجب استخدام خزانة سحب الغازات (Fume Hood) عند التعامـل مـع المواد السامة المتطايرة أو القابلة للاشتعال ويوصى بأن تتراوح سرعة السحب بين ٦٠ -١٠٠ قدم/ دقيقة.

٤. يجب استخدام نظام تهوية مناسب قادر على تبادل هواء المعمل ٤ – ١٢ مرة فى الساعة.
٥. يجب رصد تركيز أبخرة المواد الخطرة في الهواء بمكان العمـل مـن وقت لآخر للتأكد من عدم تلوثه.
٦. يجب ارتداء نظارة وقاية، وقفازات السلامة، وحـامى الوجـه (Face Shield) عند التعامل أو تداول الكيماويات.

تداول المواد ذات الأبخـرة السامة

يشكل التعرض للأبخرة السامة المنبعثة من بعض المواد مخاطر عديدة للقائم على تداولها، ولذا يجب مراعاة ما يلى عند تداولها:

١. يجب عدم إجراء أى تجربة قد ينتج عنها غازات أو أبخرة خطيـرة أو غير معروفة خارج خزانة سحب الغازات.
٢. يجب تخزين المواد الكيميائية السامة والمتطايرة والقابلة للاشتعال فـى كبائن أو دواليب مزودة بنظام تهوية إضافى كما يجب تزويد الأجهـزة المعملية التى يحتمل أن ينبعث منها أبخرة سامة أثناء التشـغيل بنظـام تهوية يؤدى إلى خروج الانبعاثات خارج المعمل.

التخلص الآمن من المخلفات والنفايات الكيميائية

تشكل المخلفات والنفايات الكيميائية مشكلة كبيرة فى محطات مياه الشـرب، لذا يجب التخلص منها بشكل آمن بما يمنع تعرض البيئـة المحيطـة بهـذه المحطات للتلوث، وتبدأ عملية التخلص هذه بالجمع والنقل وتنتهـى بعمليـة المعالجة والتخلص الوقائى، كما سيرد ذكره فيما يلى:

أ. <u>الجمع والنقل:</u>

١. تجمع النفايات منفردة (حتي لا ينجم عن اختلاطها تفاعلات خطرة) في أوعية مناسبة لا تتفاعل معها وتمكن من نقلها بـدون أخطـار وتوضع عليها بطاقات تعريف.
٢. المذيبات المستخدمة الهالوجينية وغير الهالوجينية تجمـع منفـردة وتحفظ في مكان آمن لحين التخلص منها.

٣. الأشياء الحادة والمدببة توضع في علب بلاستيك أو كرتون مغلقة ويجب لبس قفازات أثناء تفريغها.
٤. يمكن الاحتفاظ بوعاء النفايات بالمعمل (ويغطي إذا لزم الأمر) طالما لا تخرج منه أبخرة خطرة لحين أن يمتلئ.
٥. يجب تفادي تكون شحنة كهربية استاتيكية علي مخلفات السوائل القابلة للاشتعال وذلك بمعادلتها باستخدام أرضي بالنسبة للأوعية البلاستيكية التي تزيد سعتها عن ٥ لتر.
٦. الحاويات التي استخدمت في جمع نفايات سوائل قابلة للاشتعال يجب تنظيفها قبل التخلص منها أو إعادة استخدامها.
٧. يجب جمع النفايات والتخلص منها في أوقات مناسبة وليس أوقات العمل تفادياً لوقوع حوادث.
٨. المذيبات القابلة للاشتعال والاسطوانات غير المحكمة تنقل بطريقة صحيحة والمواد القابلة للانفجار تنقل فى أوعية خاصة.
٩. التخلص اليومى إن أمكن من مخلفات المواد الكيميائية المستخدمة والتخلص من وقت لآخر من الكميات الكبيرة المتراكمة من المخلفات الكيميائية.
١٠. يجب تحديد شخص بذاته فى المعمل يكون مسئولا عن تنفيذ عملية التخلص من المخلفات الكيميائية.
١١. الرجوع إلى بطاقات الأمان لمعرفة الطرق والأساليب السليمة للتخلص من نفايات الكيماويات.

ب. <u>المعالجة والتخلص الوقائي:</u>

١. النفايات التي يمكن معالجتها داخل المعمل تعالج بطريقة آمنة أو تحول إلي مواد غير خطرة باستخدام طرق معتمدة قبل إرسالها للتخلص النهائي.
٢. يتم اختزال مركبات الكروم السداسى الضارة عالية السمية باستخدام كبريتيت الصوديوم إلى مركبات الكروم الثلاثى غير الضارة.

٣. يتم أكسدة مركبات السيانيد عالية السمية إلى الكربونـات بواسـطة برمنجنات البوتاسيوم أو محلول الكلور (كلوركس) أو بتحويلها إلى حديد وسيانيد بإضافة كبريتات الحديد.
٤. المحاليل المحتوية على فلزات ثقيلة يضاف إليها كربونات كالسيوم (جير) لترسيب الفلزات فى صورة هيدروكسيدات غير ذائبـة فـى الماء.
٥. لا تلقى المواد التي تولد غازات ضارة أو مواد كاويـة أو مسـيلة للدموع في البالوعة وإنما تجمع في عبوات للتخلص منها.
٦. تبخر المذيبات العضوية وتسترجع إذا كان المذيب لا يسبب ضرراً أو تجمع ويتم ترميدها.
٧. المحاليل المحتوية على أحماض أو قلويات تعادل وتخفف بالماء قبل التخلص منها في شبكة المجاري.
٨. تعامل الكواشف منتهية الصلاحية والمتبقية الملوثة أو ليس عليهـا ملصق يبين نوعها معاملة المخلفات الخطرة ويتم التخلص منها.
٩. الدفن الآمن في مدافن لا تصل إليها المياه الجوفية.
١٠. الحرق (الترميد) للمواد القابلة للاشتعال ويمكـن اسـتخدام أفـران صناعة الأسمنت.
١١. التخزين الخاص للمواد المشعة وعـدم صـرفها علـى المجـارى وتسليمها لمركز الأمان النووى بهيئة الطاقة الذرية للتخلص الآمـن منها.

التخلص من المخلفات البيولوجية الخطـرة

المخلفات البيولوجية الخطرة هى مواد محتويـة علـى أو ملوثـة بعوامـل بيولوجية خطرة وتشتمل على أطباق بترى وأنابيب وحقن وأبـر وأوسـاط وقفازات وماصات استخدمت فى التحاليل البيولوجية فى التعامل مـع مـواد خطرة، وهى بصورة عامة إما أن تكون مخلفات سائلة أو مخلفـات صـلبة، تجمع المخلفات فى أوعية أو أكياس ويجرى معالجتهـا، ويراعـى سـرعة المعالجة والتخلص وعدم تراكم هذه المخلفات، ويجـب أن يحـتفظ المعمـل بسجل يدون فيه ما يلى:

- تاريخ المعالجة.
- كمية المخلف الذى تمت معالجته.
- نوعية المخلفات.
- الطريقة المستخدمة فى المعالجة.
- اسم القائم بالمعالجة.
- وسيلة التخلص النهائي.

طرق المعالجة والتخلص

١. التعقيم للمخلفات الصلبة والسائلة باستخدام البخار فى أوتـوكلاف عنـد درجة حرارة ١٢١°م لمدة ٣٠ دقيقة وضغط جوى ١٥ رطل/ بوصـة مربعة.
٢. التعقيم الكيميائي للمخلفات الصلبة والسائلة بواسـطة محلـول الكلـور (كلوركس) المخفف ١:١٠ ومحلول ٧٠ % ايزوبروبانول.
٣. التسخين الحراري الجاف للمخلفات الصلبة عند درجة حـرارة ١٦٠°م تحت الضغط الجوى العادى لمدة ساعتين.
٤. الترميد للمخلفات الصلبة والسائلة فى محارق خاصة عند درجة حـرارة مرتفعة.
٥. وضع المخلفات الصلبة فى كبسولات من الأسمنت والأسـفلت تمهيـدا لدفنها.
٦. المخلفات السائلة المعالجة بالتعقيم أو كيميائيًا يمكن التخلص منهـا فـى شبكة الصرف الصحى.
٧. تجمع المخلفات الصلبة المعالجة بالتعقيم أو كيميائيًا أو بالكبسلة وتـدفن فى مدافن آمنة.

تقليل المخلفات ومنـع التلوث

تعمل هذه النشاطات والإجراءات على خفض كمية ودرجة سمية المخلفات الكيميائية المعملية التى يمكن التخلص النهائى منها كمخلفات خطرة، وتشمل استراتيجية التقليل ٣ محاور رئيسية:

١. **التقليل من المصدر:** ويشمل النشاطات التى تؤدى إلى استبعاد وتقليل تولد المخلفات بالإدارة الجيدة للمخلفات واستبدال المواد الخطرة المستخدمة بالمعمل بأخرى آمنة.
٢. **التدوير:** حيث تعالج المخلفات ويعاد استخدامها فى نفس الغرض الأساسى أو أغراض أخرى.
٣. **المعالجة:** حيث تستخدم تفاعلات التعادل والأكسدة والترسيب فى معالجة المخلفات الخطرة وتحويلها إلى مخلفات غير خطرة.

وفى هذا الإطار يمكن اتخاذ الإجراءات التالية:

- استبدال الكيماويات الخطرة بأخرى آمنة ما أمكن.
- مراجعة الطرق المعملية ودراسة إمكانية إجراء التجارب على المستوى الميكروئي.
- شراء الكيماويات فى عبوات صغيرة ووضع تواريخ عليها عند التخزين بحيث يستخدم القديم أولاً ثم الحديث.
- فرز المخلفات وعدم خلط المخلفات الخطرة مع المخلفات غير الخطرة ولتقليل حجمها وتكلفة التخلص منها ولفرز المخلفات التى يمكن تدويرها.
- فصل المخلفات العضوية عن غير العضوية والمعدنية.
- جمع مخلفات المذيبات العضوية الهالوجينية وفصلها عن مخلفات المذيبات العضوية غير الهالوجينية.
- تجنب ما أمكن استخدام المواد المحتوية على باريوم - زرنيخ – كادميوم – كروم – رصاص – زئبق – سيلينيوم - فضة.

التعامل مع الحرائق

تنقسم أنواع الحرائق إلي أربعة أنواع:

النوع (أ): والذي ينشأ عن مواد عامة قابلة للاحتـراق مثـل الخشـب والورق والأقمشة والمطاط وتستخدم المياه لإطفائها.

النوع (ب): مواد أبخرتها مع الماء تكون مخاليط قابلة للاشـتعال وكـذلك الشحوم والمذيبات ويستخدم لإطفائها طفايـات ثـاني أكسـيد الكربون.

النوع (ج): الحرائق الناشئة عن ماس كهربي مـن الأجهـزة الكهربيـة والسخانات والأفران ويستخدم المسحوق (البودرة) في الإطفاء.

النوع (د): الحرائق الناشئة عن مواد قابلة للاشتعال عند تفاعلها مع الماء (الصوديوم، البوتاسيوم، المغنسـيوم، والليثيـوم) وتسـتخدم لإطفائها طفايات العناصر المعدنية المحتويـة علـي حبيبـات كلوريد الصوديوم مع فوسفات الكالسيوم وخلات المعادن التي تعمل علي طرد الماء.

ونعرض فيما يلى بعض الاحتياطات الواجب اتباعها فى محطات تنقية مياه الشرب:

١. يجب توافر طفايات الحرائق وتكون في مكان يسهل الوصول إليه ومدون عليها طريقة الاستخدام.
٢. يجب وجود نظام إنذار للحريق و يكون بالمعامل طفايات حريق يمكن حملها.
٣. يجب التدريب المستمر علي استخدام أجهزة الإطفاء.
٤. عند حدوث حريق يجب إخطار إدارة الحريق المعنية مع محاولة الإطفاء باستخدام الأجهزة المتوافرة وعلي من لا يستطيع المساعدة إخلاء الموقع.
٥. حرائق الملابس تطفأ بالدش أو بجهاز الإطفاء (ثاني أكسيد الكربون أو الرغوي).
٦. يجب التأكد من سلامة التوصيلات الخاصة بالغازات.
٧. يجب توافر أغطية مكافحة الحريق.
٨. طفايات ثانى أكسيد الكربون لا تترك أثرا واستعمالها نظيف ولذا يستحسن استخدامها للحالات المناسبة.
٩. لا يستخدم الماء أو الرغاوى فى إطفاء الحرائق الناجمة عن القلويات والمعادن وليثيوم ألومنيوم هيدريد والسيلانات ويستحسن استخدام رمل الإطفاء أو طفايات العناصر المعدنية.
١٠. يستخدم ثانى أكسيد الكربون أو البودرة لإطفاء السوائل الملتهبة.

١١. حرائق الغازات الخارجة من الأسطوانات تطفأ بقفل صمام الاسطوانة إذا أمكن أو تطفأ أولا بالبودرة أو الرمل ثم يقفل الصمام.

ويبين الجدول رقم (٤-١) أنواع الحرائق المختلفة وطريقة إطفائهـا، كمـا يعرض الشكل رقم (٤-٦) أنواع طفايات الحريق، كما يعرض الشكل رقـم (٤-٧) طريقة الإطفاء بمواد الإطفاء المختلفة.

جدول رقم (٤-١)
أنواع الحرائق المختلفة وطريقة إطفائها

نوع الحريق	مصدر المادة المحترقة	طريقة الاطفاء
أ	المواد القابلة للاشتعال العادية مثـل الخشـب والملابس والورق والمطاط والبلاستيك	• طفايات المياه • طفايات الهالون • طفايات الرغوة
ب	المواد القابلة للاشتعال والغـازات والشـحوم والمذيبات العضوية	• طفايات ثانى أكسيد الكربون • طفايات المسحوق (البودرة) • طفايات الهالون • طفايات الرغوى
جـ	الأجهزة الكهربائية والسخانات والأفران	• طفايات ثانى أكسيد الكربون • طفايات المسحوق (البودرة) • طفايات الهالون
د	العناصر القابلة للاشتعال عند التعرض للمـاء مثل الصوديوم – بوتاسيوم – ماغنسـيوم – ليثيوم	• طفايات العناصر المعدنية • الرمل الجاف

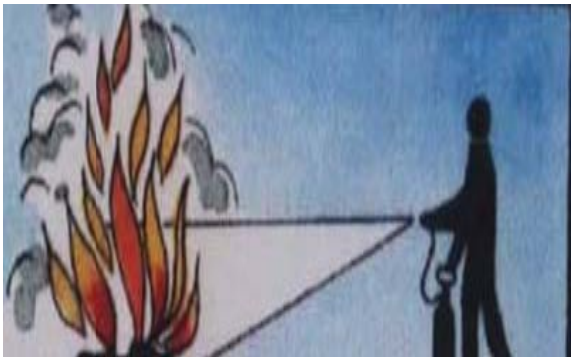
أ. طفايات البودرة المحتوية على كلوريد الصوديوم والرمل (حرائق النوع D)

ب. طفايات البودرة (حرائق النوع A و B و C)

ج. طفايات ثانى اكسيد الكربون (حرائق النوع B و C)

د. طفايات الماء المضغوط (حرائق النوع A فقط)

شكل رقم (٤-٦)
أنواع طفايات الحريق



الماء

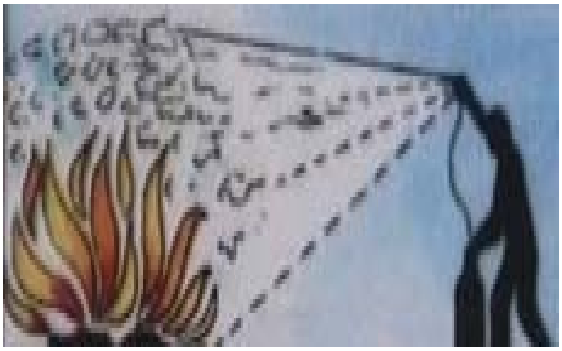
يوجه إلى قاع اللهب

ثانى أكسيد الكربون والهالون

يوجه بالقرب من المصدر بقدر الإمكان ومن أسفل إلى أعلى

البودرة الجافة

يبدأ بمصدر اللهب ثم إلي أعلى



الرغوة

لا يسمح بتوجيه تيار الرغوة على السائل المحترق

ويسمح للرغوة بالتساقط على اللهب من أعلى

شكل رقم (٤-٧)

طريقة الإطفاء بمواد الإطفاء المختلفة

التعامل مع الانسكابات

أ. الإجراءات اللازمة:

هناك بعض الإجراءات المتبعة فى التعامل مع الانسكابات نعرض منها ما يلى:

١. تفرغ المنطقة الملوثة من العاملين.
٢. إذا كانت المادة المنسكبة قابلة للاشتعال توقف الأجهزة التى يصدر عنها حرارة أو شرارة ويطفأ اللهب.
٣. يرتدى مسئول التنظيف ملابس واقية وكمامة لتجنب استنشاق الأبخرة الضارة.
٤. يمكن تقسيم المواد المنسكبة إلى: أحماض أو قلويات وأمونيا أو مذيبات عضوية أو سوائل عضوية أو مواد كيميائية صلبة محدودة الخطورة أو غير خطرة.
٥. تكنس وتجمع المواد الكيميائية الصلبة بواسطة مكنسة وجاروف وتوضع فى أكياس بلاستيكية.
٦. تحصر المذيبات و السوائل العضوية المنسكبة فى أقل مساحة بإحاطتها بالرمل ورش الرمل أو أى مادة ماصة عليها لمنع انتشارها وامتصاصها والتعامل معها ويراعى عدم تولد غازات خطرة.
٧. تغسل منطقة الإنسكابات بمحلول يزيل بقايا الملوثات حيث يستخدم الخل لغسل بقايا انسكابات القلويات وبيكربونات الصوديوم لغسل بقايا الأحماض.
٨. تغسل المنطقة بالماء والصابون أو محلول منظم وتجفف.
٩. يكشف عن بقايا المادة المنسكبة
١٠. تجمع المواد الماصة ويتخلص منها بالحرق فى حالة المواد العضوية أو بالغسيل بالماء لمعادلتها والصرف على شبكة الصرف الصحى.

ويعرض الشكل رقم (٤-٨) طريقة التعامل مع الانسكابات والأدوات اللازمة.

شكل رقم (٤-٨)
طريقة التعامل مع الإنسكابات والأدوات اللازمة

ب. الأدوات اللازمة:

يجب أن يحتفظ المعمل بالأدوات اللازمة لإزالة الانسكاب وتتمثل فى:

١. أدوات وقاية وتشمل على قفازات من مـادة النتيريـل ونظـارة وحذاء.
٢. أكياس بلاستيكية سميكة.
٣. علامات تحذيرية لمخلفات الكيماويات.
٤. بيكربونات الصوديوم وحمض سيتريك أو خليك.
٥. مصيدة زئبق.
٦. ورق قياس الرقم الأيدروجينى.
٧. وسائد امتصاص من الرمل أو مادة ماصة.
٨. مكنسة وجاروف.

معدات الوقاية الشخصية

يجب على العاملين بمحطات تنقية مياه الشرب استعمال معدات الوقاية الشخصية، ونعرض فيما يلى بعض الاعتبارات الهامة الواجب مراعاتها:

١. يجب ارتداء ملابس خاصة بالعمل (معطف ذو أكمام طويلة أو مريلة) ولا تؤخذ للغسيل بالمنزل وتنزع عند الخروج من العمل.
٢. تكون الملابس الخارجية والداخلية من الأقطان التى لا تسبب زيادة ضرر عند التعرض للحريق (كأن تنصهر مثلا).
٣. تستخدم ملابس مناسبة لكل عمل على حدة (كأن تكون واقية من الحريق عند العمل بالإطفاء أو تكون معاملة لتكون غير مسامية عند التعامل بالمواد والسوائل الكاوية).
٤. يحتفظ بملابس الوقاية نظيفة حتى لا تسبب إعادة التلوث لمستخدمها.
٥. تستخدم أحذية مريحة من الجلد ومقفلة وذات كعب عريض لتقليل فرصة اختلال الاتزان و لا تستخدم الصنادل أو الأحذية الرياضية.
٦. يجب استخدام نظارات واقية ذات حواجز جانبية مقاومة للكسر والحرارة عند إجراء التجارب الخطرة لحماية العين من تناثر المواد الصلبة والسائلة الخطرة والزجاج وعند حدوث ماس كهربى ينتج عنه نحاس مصهور متطاير.
٧. يحظر ارتداء العدسات اللاصقة.
٨. يجب أن تتناسب القفازات الواقية مع طبيعة العمل ويجب الكشف عليها قبل كل استخدام ويستبعد كل قفاز تالف.
٩. يستخدم قناع واقى مناسب عند العمل بالغازات الخطرة ويجب التأكد من صلاحيته مرة كل عام.
١٠. تستخدم قبعات خاصة لحماية الشعر إذا لزم الأمر.

القواعد العامة للسلامة فى المعامل الكيميائية

هناك بعض القواعد العامة للسلامة فى المعامل الكيميائية والتى يجب مراعاتها فى محطات تنقية مياه الشرب، وهى:

١. التعرف على قواعد السلامة والاطلاع على بطاقة بيانات السلامة الخاص بالمواد المستخدمة.

٢. عدم إجراء أى تجربة دون الالتزام بارتداء مهمات الوقايـة الشخصـية المناسبة.
٣. معرفة أماكن حفظ وتخزين أجهزة الطوارئ قبل إجراء التجـارب (دش العيون – الطفايات – أدشاش السلامة – أجهزة إنذار الحريق).
٤. عدم تخزين الأطعمة والمشروبات والتدخين فى المعامل.
٥. عدم استخدام الأفران أو الثلاجات لتسخين أو حفظ الأغذية.
٦. عدم سحب المحاليل بالماصة باستخدام الفم مباشرة وتستخدم المضخات المناسبة.
٧. عدم ارتداء ملابس واسعة تعوق الحركة.
٨. تنظيف المعمل بعد انتهاء العمل.
٩. تجنب العمل فى حالة منفردة.
١٠. الرجوع إلى بطاقات الأمان عند التخلص من الكيماويات الزائدة.
١١. لا يستخدم اللهب المباشر لتسخين مواد قابلة للاشتعال.
١٢. عدم توجيه فتحة أنبوبة الاختبار أثناء التسخين فى اتجاه القائم بالتحليل.
١٣. عدم صب مياه على الأحماض المركزة وخصوصا حمض الكبريتيك.
١٤. تجنب ملامسة المواد الكيميائية للجلد.
١٥. عدم إجراء أى تجربة ينتج عنها غـازات خطـرة إلا داخـل خزانـة الغازات.
١٦. عدم إرجاع الكيماويات الزائدة إلى العبوة الأصلية.
١٧. عدم شم الكيماويات مباشرة من العبوة.
١٨. عدم تسخين أوعية زجاجية مصنوعة من الزجاج العادى علـى اللهـب مباشرة.
١٩. عدم محاولة إدخال أنبوبة زجاجية أو ترمومتر داخل سدادة من المطاط أو الفلين دون استخدام مادة زيتية للتسهيل.
٢٠. استخدام لوحات تعريف بالأماكن الخطرة.
٢١. التأكد من إغلاق المعمل قبل المغادرة والتأكد من غلق محـابس الميـاه والكهرباء والغاز وفصل الأجهزة الكهربائية.

الإسعافات الأولية

أ. الجروح البسيطة والغائرة:

١. تغسل الجروح البسيطة بلطف إذا كانت متسخة بواسطة الماء الجارى والصابون إلى أن يصبح الجرح نظيفا وتجنب إزالة أى جلطة دموية ويوضع فوقه ضمادة أو شاش معقم ويربط برباط مشدود.

٢. إذا كان الجرح غائرا يوضع عليه رفادة من القطن ويحافظ على الجزء المصاب مرفوعا وينقل المصاب بسرعة إلى المستشفى.

ب. الأجسام الغريبة والشظايا:

١. إذا كانت المنطقة حول الشظية قذرة يجب تنظيفها بالماء والصابون ويتم تعقيم ملقاط بإمراره فوق لهب واستخراج الشظية.

٢. إذا كان الجسم الغريب قد أصاب الجزء الملون من العين وكان مطمورا أو ملتصقا بالمقلة فلا تحك العين واحني الرأس للخلف وحاول إزالة الجسم الغريب بالغسيل بماء معقم بواسطة وعاء غسل العين.

٣. إذا كان الجسم الغريب غير ملتصق بالعين فيمكن إزالته بواسطة ماسحة مبللة نظيفة وإذا تعذر إزالته تغطي العين برفادة أو قطعة شاش وأطلب العون الطبي.

ج. الحروق المباشرة من مصدر حرارى:

١. أرقد المصاب على الأرض ولا تسمح بملامسة الجزء المحروق للأرض وأسكب الماء البارد على الحرق وضع قطع ثلج حتى يزول الألم وعالج الحرق بحمض البكريك.

٢. إزالة الخواتم والساعات والأحزمة والملابس الضيقة قبل أن تتورم وانزع الملابس المبللة بعد أن تبرد ولا تنزع أى شىء ملتصق بالحرق.

٣. غط المنطقة المصابة بضمادة معقمة ولا تفقأ النفطات ولا تنزع الجلد السائب ولا تعبث بالمنطقة المصابة ولا تضع غسولاً أو مراهم أو مواد دهنية على الإصابة.

د. الحروق الكيميائية فى العين:

١. لا تفرك عين المصاب وضع الجزء المصاب تحت ماء بارد يجـرى بلطاف وأعمل على حماية العين السليمة.
٢. ضمد العين برقة بواسطة رفادة للعين وأنقل المصاب للمستشفى.

ه. حروق الفم والحلق:

يعطي المصاب جرعات قليلة من الماء البارد على فترات متكررة وتنزع أية ملابس ضيقة حول الرقبة والصدر وينقل المصاب إلى المستشفى.

و. حروق الكهرباء:

ضع ضمادة معقمة وثبتها برباط ولا تفقأ النفطات ولا تنزع الجلد السائب ولا تضع غسولاً أو مرهم أو مواد دهنية فوق الإصابة.

ز. احتراق الملابس:

١. يمنع المصاب من الخروج إلى الهواء الطلق أو الهـواء الخـارجي ويلقي المصاب على الأرض وتكون الجهة المحروقة إلى أعلى.
٢. أطفأ نار المصاب بواسطة الماء أو لف المصـاب بشـدة بواسـطة معطف أو ستارة أو بطانية أو سجادة من نسيج غير قابل للاشـتعال (قطن – صوف).

ح. التسمم:

١. يبعد المصاب عن منطقة التعرض ويستدعى الطبيب ويجرى تـنفس صناعي فى الحال.
٢. فى حالة عدم معرفة السبب فى التسمم يعطي المصاب كمية من الماء أو اللبن أو محلول يساعد على التقيؤ.
٣. عدم إعطاء منبهات فيما عدا القهوة الدافئة.
٤. فى حالة معرفة سبب التسمم يرجع إلى بطاقـات بيانـات السـلامة (MSDS) للمادة المسببة للتسمم.

ط. الكسور:

عدم تحريك الشخص المصاب بكسور فى العظام أو الرأس لعدم مضاعفة الكسر واستدعاء الطبيب.

ي. الصدمات:

١. يمدد المصاب فى حالة اضطجاع مع خفض الـرأس عـن مسـتوى الجسم وتدفئة الجسم إذا كان بارداً ورفع ساق المصاب إذا لم يكن بها كسور.
٢. عند حدوث ارتفاع فى درجة حرارة المصاب تخفض بواسطة قطعة قماش مبللة بماء بارد.
٣. المحافظة على التهوية وفتح النوافذ وفى حالة عدم وجود جروح تدلك أطراف المصاب فى اتجاه القلب لتنشيط الدورة الدموية.
٤. يعطي المصاب مادة منبهة وإذا كان فاقداً للوعي يمكن تنبيهـه عـن طريق استنشاق الأمونيا.
٥. تجري عملية تنفس صناعى إذا لزم الأمر(شكل رقم ٤-٩).

شكل رقم (٤-٩)
طرق التعامل مع الإختناق والصدمات

الفصل الخامس

تقنيات جمع عينات المياه للتحاليل

الفصل الخامس

تقنيات جمع عينات المياه للتحاليل

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـى أن:

- يحدد الشروط التى يجب أن تتوافر فى موقع أخذ العينات بشكل عام ومن الشبكة بشكل خاص.
- يذكر الإجراءات والمعايير التى يجب أن تتوفر فى خطة مراقبة وتأكيد الجودة فى جمع العينات.
- يشرح طريقة سحب وحفظ العينات والاشتراطات الواجب اتباعها لذلك.
- يذكر أنواع العينات والفرق بين العينة المفردة والعينة المركبة.
- يشرح طرق جمع العينات المختلفة من مصادرها المثلى من المياه السطحية ومن مياه الأعماق ومن الصنبور والمياه الجوفية والخزانات.
- يحدد إجراءات واحتياطات السلامة الصحية عند جميع العينات.
- يحدد العوامل التى تؤثر على الخطط التكرارية لجمع العينات.
- يشرح أهمية سجلات العينات والبنود التى يجب أن تتضمنها السجلات.

العينات الممثلة واختيار موقع تجميع العينات

تعتبر خطوة تجميع العينات من الأمور الهامة للحصول على نتائج صحيحة ودقيقة. ويجب أن تكون العينة المجمعة كافية وممثلة تماما للمصدر المجمعة منه ومناسبة للغرض المطلوب ويجب نقلها وتداولها بطريقة لا تؤثر على تغير مكوناتها أو تلوثها.

ويعتبر أخذ عينة مجمعة من نقاط مختلفة من نفس المصدر أفضل من أخذ عينة من نقطة واحدة، وكلما تعددت النقاط كلما كانت العينة أكثر تمثيلا، ويعتمد الحجم الذي يجب تجميعه علي عدد وأنواع الاختبارات المطلوب إجراؤها.

ويجب على المعمل أن يعد استراتيجية للتعامل مع العينات تشتمل:
طرق الجمع – النقل – الاستقبال – التداول – الحماية – التخزين - التوثيق – الاستبقاء والتخلص.

جمع عيـنات مياه سطحية من مجرى مائى (مداخل المحطات)

يجب اختيار المواقع والطرق المناسبة لجمع العينات بحيث تمثل الظروف الحقيقية وطبيعة المياه فيها وتسمى (النقطة الممثلة)، ويعتمد اختيار هذا الموقع على نوعية المياه المراد فحصها بحيث.

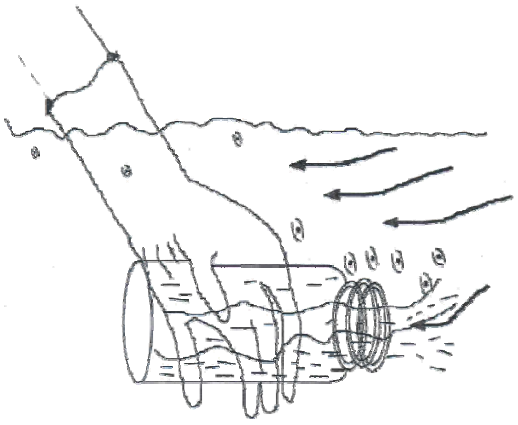
١. سهولة قياس سرعة تدفق المياه فيها وسهولة الوصول إليها.
٢. تجانس العينة حيث تؤخذ من المواقع التي تختلط فيها المياه، ثم تمـزج بطريقة متجانسة.
٣. الابتعاد عن المصادر التى تطفو فيها (زيـوت وأخشـاب) أو تترسـب عندها مواد عالقة أو تكثر فيها طحالب.

ويتم جمع عينات المياه السطحية من الأنهار والبحيرات والخزانات بإحـدى طريقتين:

الطريقة الأولى:
يدوية حيث يمسك بالإناء الزجاجى من قاعدته وتغمـر فوهتـه فـى المـاء لاستبعاد دخول مواد طافية كأوراق الشجر. وفى حالة الميـاه الراكـدة يـتم

تحريك وتقليب المياه بتحريك إناء التجميع أفقياً فى الماء ثم تجمع العينة ويتم إحكام غلق الإناء وتجفيفه من الخارج.

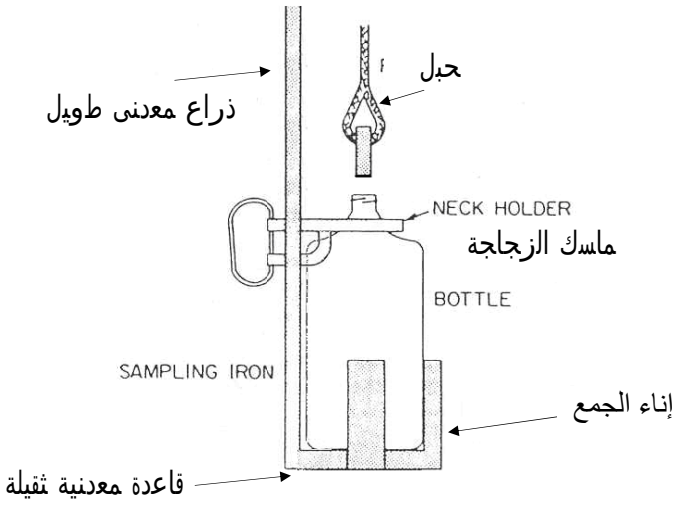
ويراعى أن تسحب العينة من موقع مناسب بحيث تكون ممثلة لطبيعة المياه على قدر المستطاع، ومن مكان مناسب (مثلاً فى نهاية عملية المعالجة أو عملية التنقية). ويجب ألا يسمح ببقاء أى فقاعة غازية أو أى جزء غير مملوء ما بين سطح الماء داخل الوعاء وبين السدادة عند ملء الوعاء. ويراعى عند سحب العينة وضع فوهة الوعاء بعكس إتجاه تيار الماء. ولا تسحب العينة من السطح ولا من القاع. وبعد الإنتهاء من ملء الوعاء، يجب إحكام غلقه، ثم تغليف الفوهة بالشاش كما هو موضح بالشكل رقم (٥-١).



شكل رقم (٥-١)
الطريقة اليدوية لسحب العينة

الطريقة الثانية:

حيث يستخدم جهاز هيروث (Heyroth Water Sample) وهو إناء على قاعدة معدنية ذات ذراع طويل وتغطى فوهة الإناء بسدادة متصلة بحبل من النايلون الذى لا يتشرب الماء ولا يتعطن. ثم يتم توجيه فوهة الإناء ناحية التيار ويغمر الإناء أسفل سطح الماء ثم يتم جذب الحبل بسرعة ليسمح للماء بملء الإناء. ويوضح الشكل رقم (٥-٢) جهاز هيروث لجمع عينات المياه.



شكل رقم (٥-٢)
جهاز هيروث لجمع عينات المياه

جمع عينة مياه من الأعماق (المجارى المائية – بحيرات – خزانات – آبار)

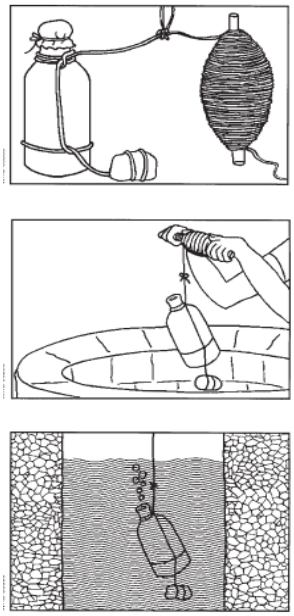
الطريقة الأولى:

يحدد العمق الذى يتم عنده تجميع العينة باستخدام يد معدنية طويلة أو حبل نايلون مدرج بعلامات وينزل الوعاء إلى العمق المطلوب وتجمع العينة ويغلق الوعاء ويسحب إلى السطح شكل رقم (٥-٣).

ويراعى أنه لا يجوز إجراء الفحص البكتريولوجى للمياه الجوفية إلا بعد تنزيل المواسير المجلفنة وتشغيلها مدة كافية قبل السماح بأخذ العينات مع مراعاة الاشتراطات الصحية المطلوب توافرها فى الموقع من حيث عمق البئر والبعد عن مصادر التلوث، طبقاً للتعليمات التى تصدر فى هذا الشأن من وزارة الصحة الوقائية. ويتم اتباع الخطوات التالية عند أخذ العينات:

- فى الآبار الجديدة يتم تشغيل الطلمبة بصفة مستمرة لمدة ٤٨ ساعة على الأقل قبل أخذ العينة والتأكد من خلو مياه البئر من آثار الكلور.
- أخذ العينة من أول صنبور بعد طلمبة الطرد مباشرة وبنفس الطريقة التى سبق شرحها لأخذ عينات المياه المرشحة.

- إدارة الطلمبة لمدة نصف ساعة بصفة مستمرة قبل أخذ العينة من الآبار التى سبق تشغيلها.



شكل رقم (٥-٣)
طريقة جمع مياه الآبار

الطريقة الثانية:

حيث يستخدم جهاز كيميرر (Kemmerer) لهذا الغرض (شكل رقم ٥-٤) ويتكون من أسطوانة بغطاء مطاطى من الجهتين وعند إنزاله إلى العمق المطلوب وهو فى الوضع المفتوح تدخل المياه لتملأ الاسطوانة وتحجز هذه العينة بإغلاق جهتى الأسطوانة بواسطة ثقل يتم إنزاله عن طريق الحبل.

شكل رقم (٥-٤)
جهاز كيميررلجمع المياه من الأعماق

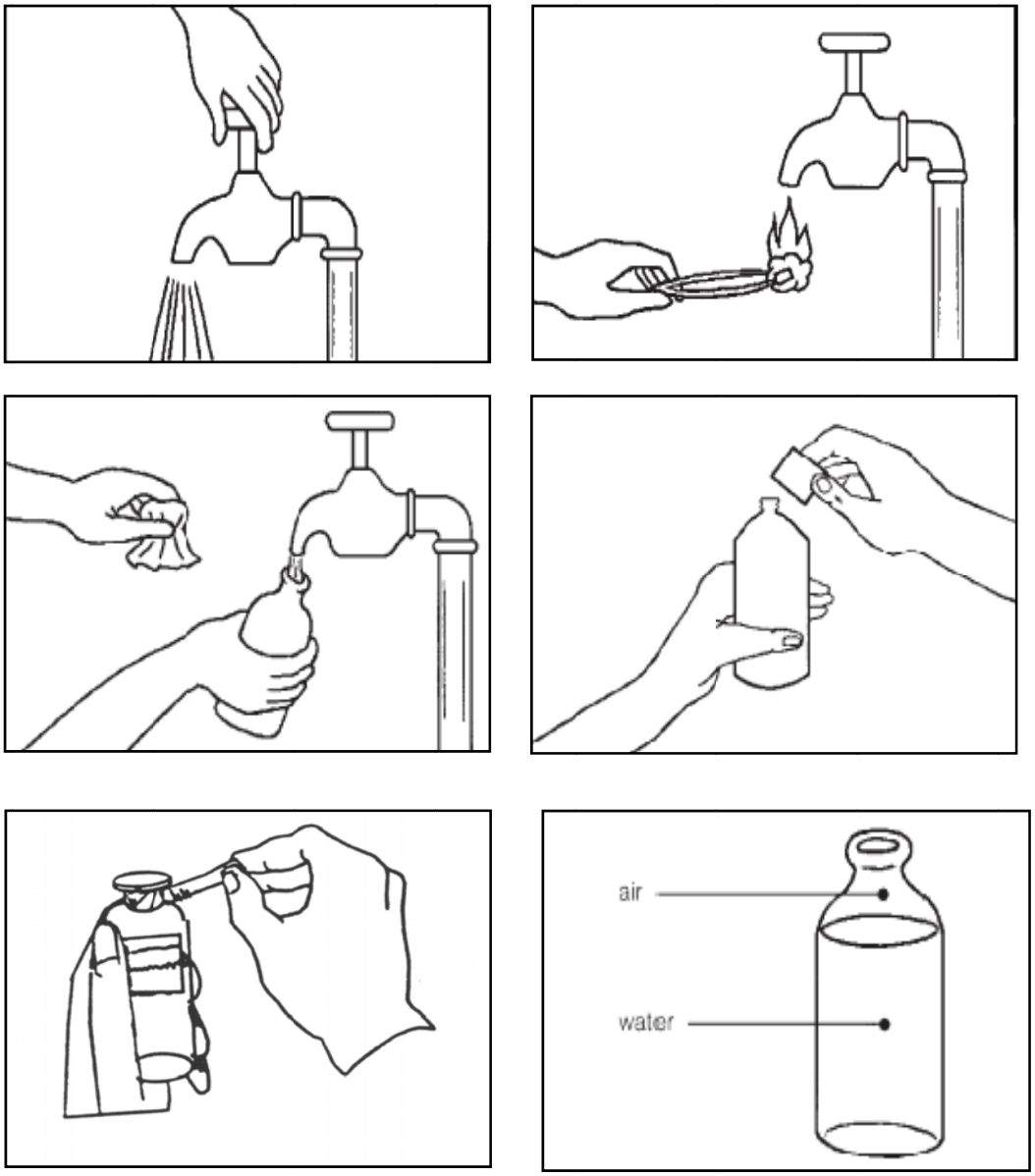
جمع عينات من المياه المرشحة (من صنبور)

عند جمع عينات مياه شرب من الشبكات يجب مراعاة أن:

١. تكون موزعة بانتظام على كل الشبكة.
٢. تمثل نوعيات المياه المختلفة التى تدخل الشبكة ومصادرها.
٣. تسمح أماكنها بالحصول على العينات الممثلة.
٤. تمثل كل منطقة بها ضغط فى استهلاك المياه.
٥. تتناسب مع الكثافة السكانية التى يخدمها كل مصدر للمياه.
٦. يسهل تحديد مصدر المياه التى تصلها فى وقت أخذ العينات.
٧. تجمع العينات للفحص البكتيريولوجى من الأماكن العامة كأقسام الشرطة والمطافى والمدارس ومحطات القطار والمطارات والمنشآت التجارية وأماكن السكن والمواقع المشيدة على الشبكات.
٨. يراعى عند جمع عينات المياه المكلورة بغرض الفحص الميكروبيولوجى أن تحتوى زجاجات الجمع على مزيل الكلور.
٩. يختار مصدر لمياه باردة (صنبور) يمثل المصدر الرئيسي للمياه متصل مباشرة بأنابيب التوزيع وليس بخزان .
١٠. لا يستخدم مصدر مياه ساخن أو صنبور يتسرب الماء من حوله.
١١. يزال أى جهاز يعوق سريان الماء إلى الصنبور مثل الخراطيم– الشبك- المرشحات.
١٢. يفتح الصنبور إلى أقصى إندفاع مياه لمدة ١-٢ دقيقة.

١٣. تعقم فتحة الصنبور من الداخل والخارج باستخدام ٧٠ % كحول أيزوبروبيلي أو محلول ١٠٠ ملليجرام/ لتر كلور وتترك لفترة قصيرة أو تسخن فتحة الصنبور بواسطة لهب.
١٤. يفتح الصنبور لمدة ١-٢ دقيقة باندفاع متوسط ويحافظ على معدل اندفاع الماء
١٥. تفتح العبوة المعقمة وينزع غطاء العبوة.
١٦. يمسك بغطاء العبوة بحيث يكون متجها لأسفل لمنع دخول أتربة وتثبت العبوة تحت تيار الماء وتملأ عبوة ١٠٠ سم^{٣} مع عدم تناثر المياه أثناء التعبئة مع مراعاة ترك مسافة فارغة ٢.٥ سم فوق المحلول فى حالة الجمع بغرض الفحص الميكروبيولوجى ليسهل عملية الرج.
١٧. تغطى العبوة بالسدادة جيدا وتلف بورق حماية مثبت بحلقة مطاطية.
١٨. تلصق على العبوة بطاقة بيانات يكتب عليها المعلومات اللازمة باستخدام حبر مقاوم للماء ويتم لصقها قبل جمع العينة وتشتمل هذه البطاقة على: رقم العينة - اسم جامع العينة - تاريخ وزمن الجمع – المواد الحافظة المضافة - مكان الجمع - بيانات الموقع – نتائج الإختبارات الحقلية (الكلور المتبقى - درجة الحرارة – الأكسجين المذاب – الرقم الأيدروجينى). ويجب مراعاة إبقاء وعاء التجميع مغلقاً لحين ملئه.
١٩. تحفظ العينة عند درجة حرارة ١- ٥°م فى ثلاجة بعيداً عن ضوء الشمس المباشر وترسل للمعامل.
٢٠. يتم الفحص الميكروبيولوجى فور جمع العينة. وإذا لم يمكن تحليلها فى ظرف ساعة وجب حفظها باردة فى مبرد حتى وصولها للمعمل فى غضون ٦ ساعات على الأكثر، على أن تكون درجة حرارتها أقل من ١٠°م. ولا يوصى بتحليل عينة بكترويولوجيا بعد ٢٤ ساعة من تجميعها.

ويبين الشكل رقم (٥-٥) خطوات جمع عينات المياه المرشحة من الصنبور.



شكل رقم (٥-٥)
خطوات جمع عينات من مياه مرشحة بالصنبور

جمع عينات مياه الخزانات

تؤخذ العينة من حنفية الخزان مباشرة ويتبع فى ذلك نفس الطريقة التى سبق شرحها لعينات المياه المرشحة، وإذا أريد أخذ عينة من الخزان نفسه يتم استخدام جهاز جمع العينات.

اختيار العبوات وتجهيزها

تصنع العبوات (الأوعية) التى توضع فيها العينات إما من الزجاج المتعـادل المقاوم للكيماويات ولها فوهة مصنفرة، وغطاء مصنفر محكم الغلق، أو من البولي إيثيلين، ويكون محكم الغلق أيضا، وذلك حسب نوع التحليل المطلوب. وهناك ثلاثة أنواع من العبوات:

- عبوات زجاجية.
- عبوات بلاستيكية (بولى ايثيلين – بولى بروبيلين - بـولى كربونـات - تيفلون).
- عبوات أحادية الاستخدام .

وتستخدم الأوعية الزجاجية (بيركس) أو بوروسليكات لجمع العينات المطلوب تحليل المبيدات والمركبات العضوية والزيوت والشحوم ولا تسـتخدم لميـاه تحال فيها العناصر الفلزية أو الفلور لتفاعلها مع مادة الزجاج. ولا تسـتخدم الأوعية البلاستيكية لجمع عينات مطلوب تحليل المواد العضوية بهـا حيـث تتداخل الملدنات العضوية فى البلاستيك مع الميـاه كمـا يصـعب تنظيـف العبوات البلاستيكية المستخدمة فى جمع مياه محتوية على زيوت وشـحوم. والعبوات أحادية الاستخدام عبارة عن أكياس بلاستيكية مـن مـادة البـولى إيثيلين المرنة والسابق تنظيفها وتعقيمها وتستخدم مرة واحدة فى جمع عينات مياه للتحاليل الميكروبيولوجية.

والعبوات منها ما هو واسع الفوهة ومنها ما هو ضيق الفوهة فالأوعية واسعة الفوهة تتميز بسهولة ملئها وتفريغها وتنظيفها وتجفيفها وتخزينها مقلوبة. أما الأوعية ضيقة الفوهة فإمكانية التسرب منها أقل كما أن التداخل المحتمل من المادة المبطنة للغطاء اقل.

ويعتمد اختيار نوع العبوة على عدة عوامل مثل المقاومة للكسـر – الحجـم المناسب – خفة الوزن - عدم التداخل مع مكونات المياه – رخص التكلفة – سهولة التنظيف – سهولة الحصول عليها. وتتبع الخطوات التالية عامة فـى

غسل العبوات، وأغطيتها المستخدمة فى تجميع العينـات لإجـراء التحاليـل الكيميائية والميكروبيولوجية.

١. غسل العبوات، وأغطيتها بمنظف صناعي لا يحتوى علـى فوسـفات وباستخدام فرشاة نظيفة.
٢. غسل العبوات الزجاجية بحمض الكروميك.
٣. غسل العبوات بالماء العادي، ثم المقطر، ثم التنظيف بالبخـار حسـب نوع التحليل المطلوب إجرائه.
٤. قلب العبوات لتصفية الماء وتجفيفها.
٥. العبوات المستخدمة فى تجميع عينات لتحليل محتواها مـن العناصـر المعدنية، يجب غسلها بحمض النيتريك (جزء حمض + ٤ أجزاء ماء) ثم غسلها بالماء المقطر.
٦. العبوات المستخدمة لتجميع عينات لتحليل محتواهـا مـن المركبـات العضوية، يجب غسلها بالأسيتون ثم إمرار البخار بها ثم تجفيفها.
٧. تستخدم العبوات الزجاجية المستخدمة فى تجميع عينات للفحص الميكروبيولوجي، وذلك بوضعها فى أوتوكلاف عند درجة حرارة ١٢١°م لمدة ١٥ دقيقة. أو بالتسخين الجاف فى فرن عند درجة حرارة ١٧٠°م لمدة ساعتين وفى بعض الأحوال تسخن فى ماء يغلى لمدة ١٥ دقيقة.
٨. كذلك يستخدم غاز أكسيد الإيثيلين للتعقيم وخصوصاً فى حالة استخدام عبوات بلاستيكية حساسة للحرارة.
٩. تستخدم مواد نازعة للكور ومواد مخلبية نازعة للعناصر الثقيلة عندما تكون عينة المياه تحتوى على كلور متبقى فيضاف ٠.١ ميلليلتر من محلول ١٠% ثيوكبريتات الصوديوم لكل عبوة ١٢٥ ميلليلتر قبل التعقيم. كما يضاف ٠.١ ميلليلتر من محلول ١٠% EDTA لكل عبوة ١٢٥ ميلليلتر للتخلص من تأثير العناصر الفلزية الثقيلة قبل التعقيم.
١٠. تستخدم العبوات الزجاجية لجمع عينات المياه للفحص البيولوجى للطحالب Phytoplankton: Algae (Plant) والبروتوزوا (Animal) Zooplankton: Protozoa.

١١. تستخدم عبوات بلاستيكية أو زجاجية سعة تتراوح بين ٠.٥ و ١٨ ليتر لجمع المياه لتحليل النشاط الإشعاعى

حفظ العينات

يتم تحليل العينة عقب سحبها مباشرة حيث لا توجد طريقة قياسية واحدة للحفظ، وإذا تعذر إجراء الاختبارات اللازمة بعد أخذها مباشرة فيجب استبقائها تحت ظروف مناسبة ومنع تدهور محتوياتها حتى وقت التحليل ويعرف وقت الاستبقاء (Holding Time) على أنه الفترة الزمنية بين الجمع والتحليل.

وإذا تطلب الأمر استبقاء العينات لفترة طويلة تتخذ الإجراءات لحفظ العينات والغرض من هذا الإجراء هو:

أ. منع النشاط البكتيريولوجى الذى يؤدى الى تحلل وتكسير بعض المكونات.
ب. منع التحلل المائي لبعض المكونات الكيميائية.
ج. تقليل تطاير بعض المكونات الكيميائية.
د. تقليل التحلل الضوئي والحرارى لبعض المواد.

وتستخدم عدة طرق لحفظ العينات وهى:

أ. إضافة مواد كيميائية مثل خلات الخارصين لحفظ الكبريتيد، وكبريتات النحاس لحفظ الفينول.
ب. ضبط الرقم الأيدروجينى بخفضه إلى أقل من ٢ لحفظ الفلزات والأمونيا. ورفعه لحفظ الكبريتيت والنيتريت .
ج. التبريد لمدة ٢٤ ساعة، بحيث تبقى درجة الحرارة أقل من ٤°م .
د. التجميد.

ويمكن استخدام أكثر من وسيلة من تلك المذكورة آنفا. ولا تستخدم نفس العينة للتحليل الكيميائي، والتحليل البكتريولوجي لأن طرق الحفظ تختلف.

حجم العينات

يجب جمع كمية مناسبة من عينة المياه تكفى لإجراء التحاليل المطلوبة وتجارب ضبط الجودة ويجب **ألا** يقل حجم العينة المأخوذة للتحليل عن ٢ لتر، ولبعض الاختبارات تسحب عينات أكبر حجماً تصل الى ٨ لتر، كما سيرد فيما بعد عند تناول اشتراطات عينات التحليل الكيميائي.

أنواع العينات

١. العينة المفردة الخطافية (Grab):

تسحب العينة المفردة مرة واحدة فى وقت معين من مكان محدد إذا كانت مياه المصدر ذات طبيعة ثابتة مثل المسطحات المائية. أما إذا كانت مياه المصدر ذات طبيعة متغيرة مثل مياه الصرف فتسحب أكثر من عينة مفردة على فترات مناسبة طبقاً لظروف تغير المصدر.

ويفضل أخذ هذه العينات عندما يكون المصدر المائي غير منتظم التدفق ومحتواه لا يتغير كثيراً مع الوقت، وكذلك عندما يتطلب الأمر إجراء بعض الاختبارات مثل قياس الأكسجين المذاب – القولونيات – الكلور المتبقى – درجة الحرارة – الأس الايدروجيني، وكلها تتغير تغيراً كبيراً إذا تركت العينة قبل تحليلها وقتاً طويلاً.

٢. العينة المركبة (Composite):

تسحب العينة المركبة لدراسة ظروف العينة فى فترة تشغيل كاملة، وهى عبارة عن تجميع لعينات سحبت على فترات مناسبة (كل نصف ساعة أو ساعة) من المكان المحدد عند النقطة التى يكون معدل التدفق ممثلاً تماماً لها، ثم تخلط فى نهاية المدة المحددة لتجميع العينة. ويمكن استخدام جهاز أوتوماتيكى لتجميع العينة إذا تيسر وجوده. ويستخدم لسحب هذه العينات وعاء ذو فوهة واسعة لا يقل قطره عن ٣٥ مم ولا يقل حجم الوعاء عن ١٢٠ ملليلتر ومنه إلى وعاء تجميع العينة. ويجب مراعاة حفظ العينات الجزئية المجمعة أولاً بأول، وعند تمام تجميع العينات تخلط وتمزج جيداً. وتقسم العينات المركبة إلى:

أ. عينات مركبة بالوقت: Time Composite (TC)

عينات مكونة من كميات مختلفة مجمعة فى فترات متساوية.

ب. عينات مركبة منسوبة للسريان Flow Proportioned Composite (FPC)

وهى تجميع حجم ثابت محدد بغض النظر عن تفاوت الوقت (TVCV) وتستخدم عند جمع العينات أوتوماتيكيًا.

تجميع عينة فى وقت ثابت محدد بغض النظر عن الحجم المجمع (TCVV) وتستخدم عند جمع العينات يدويًا.

ج. عينات مركبة من مساحات Areal Composite

حيث تجمع عينات مركبة من كميات متساوية من أماكن متعددة على مستوى افقى واحد.

د. عينات مركبة من اعماق رأسية Vertical Composite

حيث تجمع عينات مركبة من كميات متساوية من نقطة واحدة على أعماق مختلفة.

خطة مراقبة وتأكيد الجـودة فى جمع العينات

بالإضافة للنتائج المعملية، هناك سلسلة من الإجراءات تؤكد درجة الثقة في النتائج الكلية. والخطة المذكورة في هذا الجزء تتضمن سلسلة من الخطوات والأساليب التي يمكن تلخيصها فيما يلي:

أ. معايير عامة لضمان الجودة.

ب. منع تلوث العينات.

ج. إجراءات حقلية لضبط الجودة.

د. تجهيز العبوات (الأوعية).

أ. معايير عامة لضمان الجودة

١. كل الأجهزة والأدوات يجب حفظها نظيفة، وفي حالة جيدة.

٢. وجود سجل بقطع الغيار، والإصلاحات التي تمت علي كل جهاز.
٣. الحفاظ علي نوعية البيئة دون تلوثها في أماكن العمل.
٤. اتباع طرق قياسية موثوق في مصداقيتها ونتائجها.

ب. منع تلوث العينات

نظراً لأن النتائج التي يحصل عليها تعتمد أساسا علي العينات التى تصل إلي المعمل فإن هناك إجراءات يجب اتباعها، والتقيد بها حتى يمكن التأكد من أن العينات المرسلة للتحليل ممثلة تماما للواقع ولم تتعرض لأي تلوث أثناء أخذها أو لأي تحلل نتيجة لتخزينها. ونظرا لأن مصادر التلوث متعددة فنذكر فيما يلي بعض الاحتياطات الواجب اتباعها:

١. القياسات الحقلية مثل قياس الأس الايدروجيني، ودرجـة الحـرارة، وتركيز الكبريتيد يجب إجراؤها علي جزء منفصل من العينة، يـتم التخلص منه بعد إجراء القياس مباشرة.
٢. العبوات المستخدمة لتجميع العينات يجب أن تكون جديدة لم تسـتخدم من قبل، وتكون قد أجريت عليها عملية التنظيف اللازمة مثل الغسيل بالحمض - التنظيف بالمذيبات – التنظيف بالبخـار حسـب نـوع التحليل المطلوب إجراءه.
٣. استخدام نوعيات مناسبة من العبوات (بلاستيك – زجاج) تتناسب مع كل تحليل.
٤. عدم استخدام أي عبوات معملية سبق استخدامها مع محاليل مركزة، في جمع العينات المراد تحليلها.
٥. اختبار كل المواد الحافظة والزجاجات للتأكد من صلاحيتها قبل نقلها إلي مكان نقل العينات.
٦. يجب أن تكون كل المواد الحافظة المستخدمة علي درجة عالية مـن النقاوة.
٧. للتقليل من فرص الخطأ الناشئ من إضافة مادة حافظة بطريق الخطأ يجب حفظ المواد الحافظة التي تستخدم مـع العبـوات المخصصـة للتحليل المخصص له هذه المواد.

٨. أغطية العبوات المستخدمة لتجميع العينات المطلوب تحليـل مـواد عضوية بها تغلف برقائق ألومنيوم أو شرائط تيفلون.
٩. عدم لمس السطوح الداخلية للعبوات وأغطيتها باليد بعد الغسيل.
١٠. حفظ العبوات في مكـان نظيـف خـال مـن الأتربـة، والأبخـرة والميكروبات والتأكد من النظافة التامة للسيارة المستخدمة في نقـل العينات.
١١. تجنب أبخرة الجازولين ونواتج احتراقه، وأدخنة السجائر عند تجميع ونقل العينات للتحليل.
١٢. حفظ كل الأجهزة، والمعدات المستخدمة في تجميع العينـات نظيفـة مغلفة برقائق ألومنيوم سبق غسلها.
١٣. العبوات المعقمة لجمع العينات للتحليل البيولوجي يجـب أن تحفـظ طول الوقت معقمة وحتى الاستخدام.
١٤. تجنب تعرض الأدوات والمعدات المعدنية للأحماض وأبخرتها.
١٥. عدم تعريض عبوات العينات المجمعة لأشعة الشمس، وحفظها فـي درجة حرارة منخفضة.
١٦. سرعة إرسال العينات إلي المعمل خلال فترة زمنية لا تتجاوز ثلاث ساعات.

ج. <u>إجراءات حقلية لضبط الجودة</u>

١. قبل إجراء عملية جمع العينات تختار عبوة من بين كل ١٠ عبـوات وتملأ بالماء المقطر، وتضاف إليها المادة الحافظة بنفس الطريقة التي بها العينات، وترسل للتحليل علي إنها عينة غفـل (Blank) لمراقبـة مصدر أي تلوث أو تغير خارجي.
٢. تغسل الأدوات المستخدمة في تجميع العينات بطريقة دورية، وتحلـل نواتج الغسيل للتأكد من عدم مساهمة أدوات التجميـع فـي إدخـال عناصر غريبة أو تلوث.
٣. عند استخدام أوراق أو أقماع ترشيح في الحقل يجب غسلها جيدا في المعمل وحفظها في أكياس بلاستيك مغلفة استعدادا لنقلها.

٤. تقسم إحدى العينات (واحد من كل ١٠) إلى جزئين (Duplicate) وترسل للمعمل، وذلك لتحديد مستوي أي خطأ أو تفاوت ينشأ منذ وقت أخذ العينة حتى وصولها إلي المعمل.
٥. تؤخذ أكثر من عينة من نفس الموقع (Replicate) بصورة دورية (مرة كل ٢٠ تحليل) لتحديد مستوي التفاوت من نفس المصدر.
٦. تتبع طريقة الإضافة القياسية (Spiked, Standard Addition) وذلك بأخذ إحدى العينات، وإضافة كمية معلومة من العنصر المراد تقديره للتأكد من أن النتائج تعطي تركيزا يعادل ما هو موجود في العينة وحدها مضافا إليه ما أضيف من الكمية القياسية.

احتياطات السلامة الصحية عند جمع العينات

١. تجنب ملامسة العينة للجلد أو وصول أبخرة منها إلى الرئة.
٢. تجنب تلوث الأطعمة وحظر تواجدها بالقرب من العينات.
٣. وجوب ارتداء قفازات مطاطية ونظارة وبالطو أثناء أخذ العينات.
٤. منع التدخين أثناء أخذ العينات.
٥. منع أى مصدر إشعال بالقرب من أماكن أخذ عينات تحتوى على مركبات عضوية متطايرة قابلة للاشتعال.

تكرارية جمع العينات

يجب وضع خطة لتكرارية جمع العينات تأخذ فى الاعتبار اللوائح المنظمة المحلية بحيث تحدد تكرارية جمع العينات وقت الجمع وعدد العينات لكل مرفق على حدة حسب الظروف. ويتم تعديل هذه الخطة حسب الحاجة. وعلى العموم فإن برنامج جمع العينات واختبارها فى محطات المياه يعتمد على نوع المحطة والغرض من تجميع نتائج التحاليل، فقد يتطلب الأمر مثلاً:

- تتبع أنظمة التشغيل بالمحطة.
- مراقبة عمليات التنقية بالمحطة.
- اتخاذ احتياطات وقائية بالمحطة.

والجدول رقم (٥-١) يبين تكرارية جمع العينات والهدف من جمعها.

جدول رقم (٥-١)

تكرارية جمع عينات مياه الشرب للاختبار المعملى

الغـرض	الاختبار	أدنى تكرارية للجمع
مراقبة العمليات	اختبار العكارة	كل ساعتين وعند اللزوم
	التحليل الكيميائى	يومى وأسبوعي وعند اللزوم
	الاختبارات الطبيعية	يومياً
	الاختبارات البيولوجية	يومياً
التحكم فى العمليات	اختبار الترويق (الكأس)	أسبوعياً وعند اللزوم
	تحديد تركيز محلول الشبة	كل وردية وعند اللزوم
	تعيين تركيز الكلور المتبقى	كل ساعتين وعند اللزوم
المراقبة والتحكم فى العمليات	تحليل بكتيريولوجى	يومياً

بالرغم من أن تكرارية وعدد العينات المطلوب جمعها من شبكة توزيع المياه تحكمهما لوائح وزارة الصحة وتوصياتها، إلا أنه يمكن الأخذ فى الاعتبار عدد السكان وعلاقته بعدد العينات التى يتم تجميعها للفحص الشامل. ويبين الجدول رقم (٥-٢) هذه العلاقة.

جدول رقم (٥-٢)

متطلبات جمع العينات بناءً على الكثافة السكانية*

الكثافة السكانية المخدومة	أقل عدد للعينات فى الشهر
٢٥ – ١٠٠٠	١
١٠٠١ – ٢٥٠٠	٢
٢٥٠١ – ٣٣٠٠	٣
٣٣٠١ – ٤١٠٠	٤
٤١٠١ – ٤٩٠٠	٥
٤٩٠١ – ٥٨٠٠	٦
٥٨٠١ – ٦٧٠٠	٧
٦٧٠١ – ٧٦٠٠	٨
٧٦٠١ – ٨٥٠٠	٩
٨٥٠١ – ١٢٩٠٠	١٠
١٢٩٠١ – ١٧٢٠٠	١٥
١٧٢٠١ – ٢١٥٠٠	٢٠
٢١٥٠١ – ٢٥٠٠٠	٢٥
٢٥٠٠١ – ٣٣٠٠٠	٣٠

الكثافة السكانية المخدومة	أقل عدد للعينات فى الشهر
٣٣٠٠١ – ٤١٠٠٠	٤٠
٤١٠٠١ – ٥٠٠٠٠	٥٠
٥٠٠٠١ – ٥٩٠٠٠	٦٠
٥٩٠٠١ – ٧٠٠٠٠	٧٠
٧٠٠٠١ – ٨٣٠٠٠	٨٠
٨٣٠٠١ – ٩٦٠٠٠	٩٠
٨٦٠٠١ – ١٣٠٠٠٠	١٠٠
١٣٠٠٠١ – ٢٢٠٠٠٠	١٢٠
٢٢٠٠٠١ – ٣٢٠٠٠٠	١٥٠
٣٢٠٠٠١ – ٤٥٠٠٠٠	١٨٠
٤٥٠٠٠١ – ٦٠٠٠٠٠	٢١٠
٦٠٠٠٠١ - ٧٨٠٠٠٠٠	٢٤٠
٧٨٠٠٠١ – ٩٧٠٠٠٠	٢٧٠
٩٧٠٠٠١ - ١٢٣٠٠٠٠	٣٠٠
١٢٣٠٠٠١ - ١٥٢٠٠٠٠	٣٣٠
١٥٢٠٠٠١ - ١٨٥٠٠٠٠	٣٦٠
١٨٥٠٠٠١ - ٢٢٧٠٠٠٠	٣٩٠
٢٢٧٠٠٠١ - ٣٠٢٠٠٠٠	٤٢٠
٣٠٢٠٠٠١ - ٣٩٦٠٠٠٠	٤٥٠
٣٩٦٠٠٠١ - أو أكثر	٤٨٠

* Small water System Operation and Maintenance, 5th ed., 2009 California State University, Sacramento

سجلات العينات

عند تجميع عينات المياه للتحليل يجب تعريف كل عينة وذلك باستخدام لاصق مقاوم للرطوبة ولا يسهل إزالته تكتب عليه البيانات اللازمة الضرورية أثناء أخذ العينة كما يلزم ذلك ملء نموذج (سجل تسلسل الحيازة) الذى يحتوى على المعلومات التالية والاحتفاظ به فى ملفات خاصة لسهولة تتبع العينات. وسجل تسلسل الحيازة يبين حالة العينة وتداولها من لحظة تجميعها وحتى نهاية تحليلها. حيث تعتبر العينة تحت الوصاية لشخص ما دامت فى حوزته وتحت مسئوليته ويوضح الجدول رقم (٥-٣) نموذج لتسلسل الحيازة للعينة والذى يجب أن يشمل التالى:

١. اسم وعنوان مصدر العينة.
٢. مكان سحب العينة.
٣. رقم العينة.
٤. سبب الفحص (جديد – دوري – تفتيش).

٥. تاريخ سحب العينة.
٦. وقت سحب العينة.
٧. طبيعة العينة (مياه شرب معالجة – مياه خام).
٨. درجة حرارة العينة وقت سحبها.
٩. درجة حرارة الجو وقت سحب العينة.
١٠. نوع العينة (مفردة – مركبة).
١١. الفترة بين العينات الجزئية فى حالة العينة المركبة.
١٢. المواد الحافظة التى أضيفت.
١٣. طرق المعالجة أو التعقيم إذا كانت مستعملة ونسبة المواد المستخدمة فى المعالجة أو التعقيم.
١٤. الفحص الظاهري للعينة (لون – رائحة – عكارة – رواسب).
١٥. الاختبارات المطلوب إجراؤها.
١٦. الأس الايدروجيني.
١٧. اسم ساحب العينة وتوقيعه.

جدول رقم (٥-٣)

نموذج لتقرير تسلسل الحيازة للعينة

البيان	بيانات توصيف العينة
رقم العينة:	
توقيع من قام بجمعها:	
تاريخ وزمن التجميع:	
موقع العينة:	
الخواص الفيزيائية لعينة (رائحة – لون –عكارة- رواسب)	
المواد الحافظة المضافة):	
القياس الحقلى الذى تم:	
اسم من قام بنقل العينة:	
وقت وتاريخ وصول العينة للمعمل:	
اسم مستلم العينة:	
وقت بدء تحليل العينة:	
اسم مستلم العينة للتحليل:	

ويبين الجدول رقم (٥-٤) الإشتراطات الواجب اتباعها عند جمع عينات المياه مثل الحجم المناسب لكل تحليل ونوع العبوة المستخدمة وطريقة الحفظ والحد الزمنى الأقصى للاحتفاظ بالعينة قبل تحليلها. ويراعى ان كل التجارب تجري على عينات خطافية مالم تتطلب الظروف غير ذلك.

جدول رقم (٥-٤)

الاشتراطات الواجب اتباعها عند سحب العينة وحفظها للتحليل الكيميائي*

نوع الاختبار	الحجم المطلوب بالملليلتر	نوع العبوة المستخدمة	طريقة الحفظ	الحد الأقصى لزمن حفظ العينة
الخواص الطبيعية:				
اللون	٥٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م	٤٨ س
درجة التوصيل الكهربائي	٥٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م	٢٨ يوم
العسر	١٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م ويضاف حمض نيتريك ليصل الرقم الهيدروجيني < ٢	٦ أشهر
الرائحة	٥٠٠	(ب)	عند درجة حرارة ٤°م	٦ س
درجة الملوحة	٢٤٠	(ز) مختومة بالشمع	تحلل فوراً أو تترك مختومة بالشمع لحين تحليلها	٦ أشهر
الرقم الايدروجيني	٥٠	(ب) أو (ز)	تقدر فى الموقع	٠,٢٥ س
المواد الصلبة	٢٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م	٧ أيام
درجة الحرارة	-	(ب) أو (ز)	تقدر فى الموقع	٠,٢٥ س
العكارة	١٠٠	(ب) أو (ز)	تحفظ فى مكان مظلم	٢٤ س
المعادن:				
الذائبة	١٠٠٠	(ب) أو (ز)	ترشح فى الحال ويضاف حمض النيتريك ليصل الرقم الأيدروجيني إلى <٢	٦ أشهر
الكروم	٣٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م	٢٤ س
النحاس	٣٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م	٢٤ س
الزئبق	١٠٠٠	(ب) أو (ز)	يضاف حمض نيتريك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى < ٢	٢٨ يوم
المعادن الكلي (ذائب وعالق)	١٠٠٠	(ب) أو (ز)	يضاف حمض نيتريك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى < ٢	٦ أشهر

"تابع" جدول رقم (٥-٤)

الاشتراطات الواجب اتباعها عند سحب العينة و حفظها للتحليل الكيميائي

نوع الاختبار	الحجم المطلوب بالمليلتر	نوع العبوة المستخدمة	طريقة الحفظ	الحد الأقصى لزمن حفظ العينة
المواد غير العضوية				
الحمضية	١٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م	٢٤ س
القلوية	٢٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م	٢٤ س
البورن	١٠٠٠	(ب) أو (ز)	يضاف حمض نيتريك ليقل الرقم الهيدروجينى إلى < ٢	٢٨ يوم
البروميدات	١٠٠	(ب) أو (ز)	لا تحتاج	٢٨ يوم
الكلوريدات	٥٠	(ب) أو (ز)	لا تحتاج	٢٨ يوم
الكلور	٥٠٠	(ب) أو (ز)	تقدر فى الموقع	٠,٢٥ س
ثاني أكسيد الكلور	٥٠٠	(ب) أو (ز)	تقدر فى الموقع	٠,٢٥ س
سيانيدات	١٠٠٠	(ب) أو (ز)	تحفظ فى الظلام عند درجة حرارة ٤°م بعد إضافة هيدروكسيد الصوديوم ليصل الرقم الهيدروجيني إلى >١٢	٢٤ س
الفلوريدات	١٠٠	(ب) أو (ز)	لا تحتاج	٢٨ يوم
اليود	٥٠٠	(ب) أو (ز)	تقدر فى الموقع	٠,٢٥ س
النيتروجين:				
الأمونيا	٥٠٠	(ب) أو (ز)	تحلل فى الحال أو يضاف حمض كبريتيك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى < ٢ وتحفظ عند درجة حرارة ٤°م	٧ أيام
النترات	١٠٠	(ب) أو (ز)	تحفظ عند درجة حرارة ٤°م ويضاف لها حمض كبريتيك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى < ٢	٤٨ س
النيتريت	١٠٠	(ب) أو (ز)	تحلل فوراً أو تحفظ عند درجة حرارة ٤°م.	٤٨ س

"تابع" جدول رقم (٥-٤)

الاشتراطات الواجب اتباعها عند سحب العينة وحفظها للتحليل الكيميائي

نوع الاختبار	الحجم المطلوب بالمليلتر	نوع العبوة المستخدمة	طريقة الحفظ	الحد الأقصى لزمن حفظ العينة
النترات + النيتريت	٢٠٠	(ب) أو (ز)	تحال فوراً أو تحفظ عند درجة حرارة ٤°م ويضاف لها حمض كبريتيك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى < ٢	٢ يوم
النيتروجين العضوي (كلداهل)	٥٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م ويضاف حمض كبريتيك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى < ٢	٧ أيام
ثاني أكسيد الكربون	١٠٠	(ب) أو (ز)	تحال فوراً	٠,٢٥ س
الأكسجين الذائب باستخدام الكترود	٣٠٠	(ز)	تقدر فى الموقع	٠,٢٥ س
بطريقة ونكلر	٣٠٠	(ز)	تثبت العينة فى الموقع	٨ س
الأوزون	١٠٠٠	(ز)	تقدر فى الحال	٠,٢٥ س
<u>الفوسفور:</u>				
الأرثوفوسفات الذائبة	١٠٠	(ز١)	ترشح فى الحال وتحفظ عند درجة حرارة ٤°م	٤٨ س
الفوسفات الكلي	١٠٠	(ز١)	تحفظ عند درجة حرارة ٤°م ويضاف حمض كبريتيك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى < ٢	٢٨ يوم
السليكا	٢٠٠	(ب)	عند درجة حرارة ٤°م	٢٨ يوم
الكبريتات	٢٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م	٢٨ يوم
الكبريتيدات	١٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م ويضاف ٤ نقط من خلات الزنك (٢ع)/١٠٠ مليلتر، ويضاف هيدروكسيد صوديوم ليصل الرقم الهيدروجينى > ٩	٢٨ يوم

"تابع" جدول رقم (٥-٤)

الاشتراطات الواجب اتباعها عند سحب العينة وحفظها للتحليل الكيميائي

نوع الاختبار	الحجم المطلوب بالمليلتر	نوع العبوة المستخدمة	طريقة الحفظ	الحد الأقصى لزمن حفظ العينة
المواد العضوية:				
الأكسجين الحيوي الممتص	١٠٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م	٦ س
الأكسجين الكيميائي المستهلك بطريقة ثاني كرومات البوتاسيوم	١٠٠	(ب) أو (ز)	تحال فوراً أو يضاف حمض كبريتيك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى < ٢	٧ أيام
الزيوت والشحوم	١٠٠٠	(ز)	عند درجة حرارة ٤°م ويضاف حمض كبريتيك أو حمض هيدروكلوريك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى < ٢	٢٨ يوم
الكلورفيل (غير المرشحة)	٥٠٠	(ب) أو (ز)	تحفظ فى الظلام عند ٤°م	٤٨ س
(غير المرشحة)	٥٠٠	(ب) أو (ز)	تحفظ مجمدة عند – ٢٠°م فى الظلام	٢٨ يوم
الكربون العضوي الكلى	١٠٠	(ز)	تقدر فوراً أو تحفظ عند درجة حرارة ٤°م ويضاف حمض كبريتيك أو حمض هيدروكلوريك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى < ٢	٧ أيام
المبيدات الحشرية	١٠٠٠	(ز٢) بغطاء تيفلون	عند درجة حرارة ٤°م ويضاف ١٠٠٠ ملليجرام من حمض سكوربيك /لتر فى حالة وجود الكلور	٧ أيام
الفينول	٥٠٠	(ب) أو (ز)	تحفظ عند درجة حرارة ٤°م ويضاف حمض كبريتيك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى < ٢	٢٨ يوم

* Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, 21st ed. 2005

(ب) = أوعية من البلاستيك (بولي إيثيلين أو ما يكافئه) (ز) = أوعية من الزجاج

(ب١)، (ز١) = أوعية تم شطفها بحمض نيتريك (١: ١) (ز٢)= أوعية زجاجية من البوروسيليكات

(ز٣) = أوعية زجاجية تم شطفها بالمذيبات العضوية (س)= ساعة

الفصل السادس

الأجهزة الرئيسية المستخدمة في قياسات ملوثات مياه الشرب وطرق معايرتها

الفصل السادس

الأجهزة الرئيسية المستخدمة في قياسات ملوثات مياه الشرب وطرق معايرتها

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـى أن:

- يذكر أنواع الأجهزة التى تستخدم فى قياس العناصر الفلزية والتى تستخدم فى قياس المركبات غير العضوية.
- يذكر أنواع أجهزة قياس طيف الامتصاص المرئي (سبكتروفوتومتر) ومكوناتها وطرق معايرتها وطريقة استخدامها.
- يصف جهاز قياس طيف الامتصاص الذرى وتركيبه واستخدامه وطريقة معايرته.
- يشرح أهمية جهاز قياس طيف اللهب وطريقة معايرته.
- يشرح نظرية عمل جهاز قياس العكارة، وكيفية استخدامه وطريقة معايرته.
- يصف جهاز قياس الرقم الأيدروجينى وكيفية استخدامه وأنواع الأقطاب التى تستخدم فى قياس الأس الأيدروجينى وكيفية معايرة الجهاز.
- يحدد المعلومات التى يجب معرفتها وخطوات معايرة جهاز التوصيل الكهربى.
- يشرح نظرية عمل جهاز قياس الأكسجين المذاب وكيفية معايرته.

مقـدمـة تستخدم الطرق التقليدية فى التحاليل الكيميائية لمياه الشرب مثل المعايرة الحجمية والطرق الوزنية فى تقدير تركيزات كبيرة نسبيا فالمعايرة الحجمية تستخدم فى تعيين عسر الماء والكلوريد مثلا والطرق الوزنية تستخدم فى تقديرالمواد الصلبة الذائبة والعالقة. وهذه الطرق صالحة لقياس أوزان على مستوى الميللجرام وأجزاء منه. وعندما تكون المواد المراد قياسها على مستوى الميكروجرام وأجزاء منه لا تصلح الطرق التقليدية لهذا الغرض ويلزم استخدام طرق بديلة تتميز بالحساسية العالية والدقة المرتفعة وهذه الطرق تستلزم استخدام الأجهزة. وتعرف بالتحليل الآلى أو التحليل باستخدام الأجهزة.

وتنقسم أجهزة التحاليل إلى أنواع متعددة تعتمد على الأساس النظرى والعملى للقياس مثل:

١. أجهزة القياس الطيفى.
٢. أجهزة القياس الكهربى.
٣. أجهزة الفصل الكروماتوجرافى.
٤. أجهزة القياس الإشعاعى.

وتستخدم هذه الأجهزة فى قياس الملوثات من عناصر فلزية أو كتيونية أو أنيونات أو مركبات عضوية.

الأجهزة المستخدمة فى قياسات العناصر الفلزية

- جهاز الاسبكتروفوتوميتر Spectrophotometer
- جهاز فوتومتر اللهب Flame Photometer
- جهاز قياس طيف الامتصاص الذري للعناصر Atomic Absorption Spectrometer
- جهاز I.C.P الحث البلازمي المزدوج Inductively Coupled Plasma
- جهاز الكروماتوجرافيا الأيونى Ion Chromatograph

الأجهزة المستخدمة فى قياسات المركبات العضوية

- أجهزة التحليل الكروماتواجرافي الغازي. Gas Liquid Chromatograph
- أجهزة التحليل الكروماتواجرافي السائل تحت ضغط مرتفع. High Pressure Liquid Chromatograph

- أجهزة قياس الكتلة.Mass Spectrometer
- أجهزة القياس بالأشعة تحت الحمراء. Infrared Spectrometer

جهاز قياس طيف الامتصاص المرئي وفوق البنفسجى (سبكتروفوتومتر)
UV-Vis - Spectrophotometers

تستخدم هذه الأجهزة فى تقدير العديد من المواد (المؤشرات) مثل النترات والأمونيا والفوسفات وبعض العناصر المعدنية وذلك بإدخال هذه المواد فى تفاعلات تنتج عنها الوان ذات اطوال موجات محددة يمكن قياسها.

يوجد نوعان من هذه الأجهزة:

١. (أحادى الشعاع) Single Beam

حيث يخرج من المصدر شعاع واحد يسمح بمروره فى العينة ومرة أخرى فى محلول الغفل ويؤخذ الفرق.

٢. (ثنائى الشعاع) Double Beam

حيث يخرج من المصدر شعاع واحد يسمح بمروره على قاسم شعاع حيث ينفصل إلى شعاعين يمر أحدهم بعد ذلك خلال العينة والاخر فى المحلول الغفل ويؤخذ الفرق بينهما شكل رقم (٦-١).

يتكون جهاز طيف الامتصاص المرئى من الأجزاء الآتية:

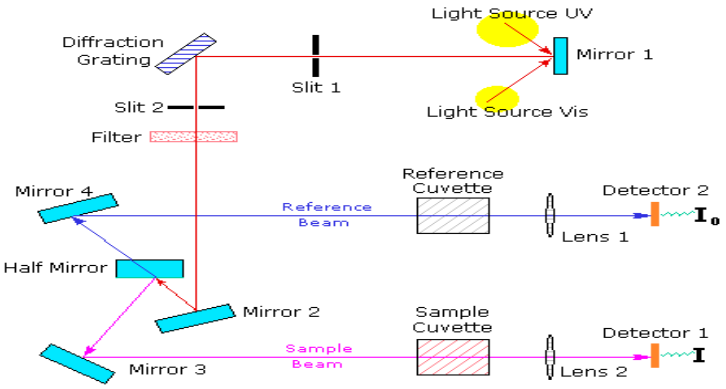
المصدر: وهو لمبة تنجستن لها انبعاث قوى ومستمر وتعطى حزمة ضوئية طول الموجة لها من ٣٥٠ إلى ٨٠٠ نانومتر وتستخدم فى حالة قياس طيف الامتصاص المرئى أو لمبة هيدروجين أو ديتيريوم فى حالة قياس طيف امتصاص الأشعة فوق البنفسجية.

محدد طول الموجة: وهو إما مرشح أو منشور (أو محزز) ويقوم بتفكيك الحزمة الضوئية إلى أطوال موجات وإمرارها خلال العينة

وعاء العينة: وهو خلية زجاجية (أو كوارتز) ذات سمك محدد ودقيق توضع بها العينة (أو محلول الغفل).

الكاشف: وهو أنبوبة تكبير للفوتونات الساقطة عليها وتحويل الأشعة الساقطة إلى تيار كهربى يمكن قياسه.

مسجل: لتسجيل منحنيات الامتصاص



شكل رقم (٦-١)

جهاز قياس الطيف المرئي وفوق البنفسجى (سبكتروفوتومتر)

معايـرة جهاز قياس الطيف المرئي وفوق البنفسجية (سبكتروفوتومتر)

الطريقة الأولى:

- يشغل الجهاز ويترك ليسخن لمدة ١٠ دقائق.
- يختار طول الموجة المراد عندها القياس.
- تحضر التجربة الغفل وتملأ خلية الجهاز بالمحلول
- تمسح جدران الخلية من الخارج وتوضع الخلية فى غرفة القياس.
- تقفل غرفة القياس ويبدأ القياس.

- يضغط على مفتاح الصفر لتحويل أي استجابة إلى صفر وبعدها يكون الجهاز قد تم إعداده لاستقبال العينات وقياسها.

الطريقة الثانية:

- يستخدم مرشح أكسيد الهولميوم Holmium Oxide filter القياسى وعادة يورد مع الجهاز.
- يوضع المرشح فى غرفة القياس وتغير أطوال موجات القياس وتؤخذ القراءات التى يجب أن تتطابق بحيود لايزيد عن ± 1 nm مع أطوال الموجات الآتية:

360.8, 385.8, 418.5, 453.4, 459.9, 536.4, 637.5 nm

ويستخدم أيضًا مرشح قياسى من NIS من زجاج SRM ٩٣٠ وتقارن قيم الامتصاص المذكورة له مع القيم المقاسة.

الطريقة الثالثة:

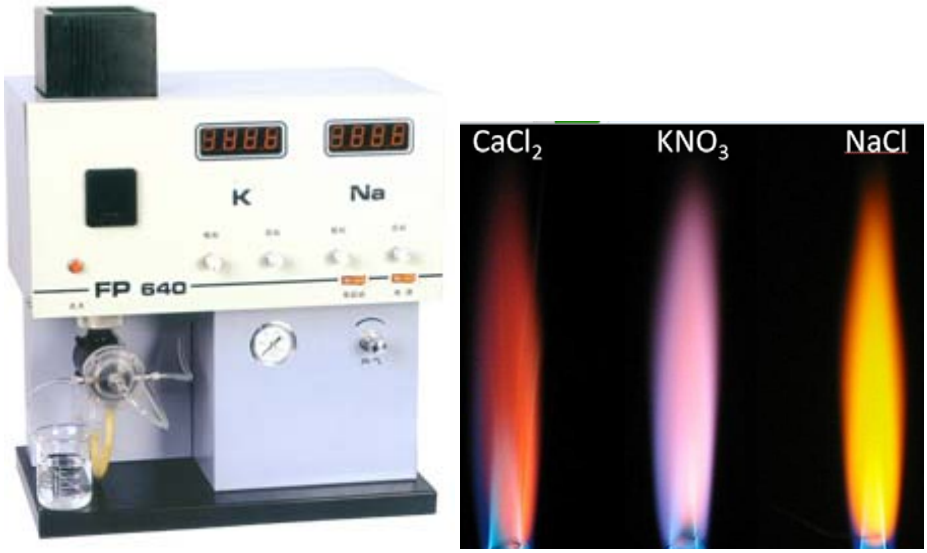
- يستخدم محلول ثانى كرومات البوتاسيوم تركيز ٦٠. ملليجرام /لتر فى محلول ٠.٠١ عيارى من حمض الكبريتيك.ويقاس امتصاص المحلول عند ٢١٠ و ٤٥٠ نانومتر وتقارن بالقيم الآتية:

طول الموجة (nm)	الامتصاص (A)
٢٣٥	0.747
٢٥٧	0.869
٣١٣	0.293
٣٥٠	0.644

ويجب ألا يزيد الحيود الأقصى عند كل أطوال الموجات عن ± ١% .

جهاز قياس طيف اللهب Flame Photometer:

يستخدم هذا الجهاز لقياس تركيز عناصر الإقلاء (مثل الصوديوم والبوتاسيوم) والاقلاء الأرضية (مثل الكالسيوم والباريوم) لأن أطيافها تقع فى المدى المرئى ولذلك فإنه من الممكن قياس طيف انبعاثها شكل رقم (٦-٢)، فى هذه الطريقة يتم دفع محلول العينة إلى لهب يعمل بالبوتاجاز والهواء فتثار ذرات العنصر وعند عودة الإليكترونات إلى الحالة المستقرة ينبعث طيف يلون اللهب بلون يعتمد على نوع العنصر يمكن قياس كثافته وتقدير هذا العنصر وعن طريق استخدام منحنى معايرة (إجراء التجارب مع محاليل معروفة التركيز) يمكن معرفة تركيز العينة المجهولة.



شكل رقم (٦-٢)
جهار قياس طيف اللهب

معايرة جهاز قياس طيف اللهب

- يحضر محلول مرجعى من الصوديوم أو عناص البوتاسيوم والليثيوم والكالسيوم والباريوم حسب العنصر المراد تقديره.
- فى حالة الصوديوم على سبيل المثال يذاب ٢.٥٤٢ جرام من كلوريد الصوديوم السابق تجفيفه عند درجة حرارة ١٤٠ ٠ م ويخفف إلى لتر ماء مقطر خالى من الأيونات (كل ١.٠٠ ملليلتر = ١.٠٠ ملليجرام من عنصر الصوديوم).

- يخفف ١٠.٠٠ ملليلتر من المحلول إلى ١٠٠.٠ ملليلتر ليعطى محلول وسطى يحتوى كل ١.٠٠ ملليلتر منه على ١٠٠ ميكروجرام صوديوم. ويعاد تخفيف المحلول ١٠ مرات للحصول على محلول يحتوي على ١٠ ميكروجرام صوديوم.
- يستخدم هذا المحلول فى تحضير منحنى معايرة من ٠.١ إلى ١.٠ ملليجرام/ لتر. يشغل الجهاز ويترك ليسخن لمدة ١٠ دقائق.
- تحضر تجربة الغفل المحتوية على ماء التخفيف ومحاليل الصوديوم القياسية وتدفع فى الجهاز بدءا بالتركيز الأكبر ثم الأصغر ويقاس الإنبعاث عند طول موجى nm ٥٨٩.
- يكرر قياس التركيز والتجربة الغفل عدة مرات حتى ثبات القراءات ويرسم منحنى معايرة بين التركيز والانبعاث ويستخدم فى قياس التركيز لعينات مجهولة بإتباع نفس طريقة العمل.
- تتبع نفس الطريقة لقياس عناصر والأقلاء الأرضية ويقاس البوتاسيوم عند nm ٧٦٧ والليثيوم عند nm ٦٧٠ ,والكالسيوم عند nm ٤٢٢ والمغنسيوم عند nm ٢٨٥.

جهاز قياس العكارة Turbidimeter and Nephelometer

يعتمد الجهاز، الموضح بالشكل رقم (٦-٣) على تشتت الضوء بواسطة محلول يحتوى على جسيمات عالقة ومنتشرة بهذا المحلول (Dispersed Particles) وبالتالى فإن شدة الشعاع الساقط على العينة تنخفض نتيجة التشتت، إذا تم قياس التشتت عمودى على الشعاع الساقط فهذا هو ما يعرف بـ (Nephelometry).

وعندما يكون التشتت شديد نتيجة وجود جسيمات كثيرة بالمحلول (محلول مركز) فإن الطريقة الأولى تكون أكثر ملائمة. أما إذا كان انخفاض قوة الشعاع الساقط على العينة قليل نتيجة انخفاض تركيز العينة فإن الطريقة الثانية تكون أكثر ملائمة.

شكل رقم (٦-٣)
جهاز قياس العكارة

ويتم حساب التركيز فى الطريقتين عن طريق استخدام منحنى معايرة (إجراء التجارب مع محاليل معروفة التركيز) حيث أن العلاقة بين معامل التعكير (Turbidity Coefficient) والتركيز تكون علاقة خطية شبيهـة بعلاقة (Beer's law). ويبين الجدول الآتى تقدير بعض الأيونات بالطريقتين:

Species	Method	Suspension	Reagent
Ag^+	T , N	AgCl	NaCl
Cl^-	T , N	AgCl	$AgNO_3$
Sulfate	T , N	$BaSO_4$	$BaCl_2$
Se	T	$Se\ Cl_2$	$SnCl_2$
Ca	T	CaC_2O_4	$H_2C_2O_4$

N: Nephelometry ; **T**: Turbidity

معايرة جهاز قياس العكارة

- يحضر المحلولين (١) و (٢) كما يلى:
- المحلول (١): يذاب ١.٠٠٠ جرام من كبريتات الهيدرازين فى ماء مقطر ويكمل الحجم إلى ١٠٠ ملليلتر.
- المحلول (٢): يذاب ١٠ جرام من سداسي الميثيلين رباعى الأمين فى ماء مقطر ويكمل الحجم إلى ١٠٠ ملليلتر.
- يخلط ٥.٠ ملليلتر من المحلول (١) و ٥.٠ ملليلتر من المحلول (٢) فى قارورة عيارية سعة ١٠٠ ملليلتر ويترك المحلول لمدة ٢٤ ساعة ثم يخفف بالماء حتى العلامة.

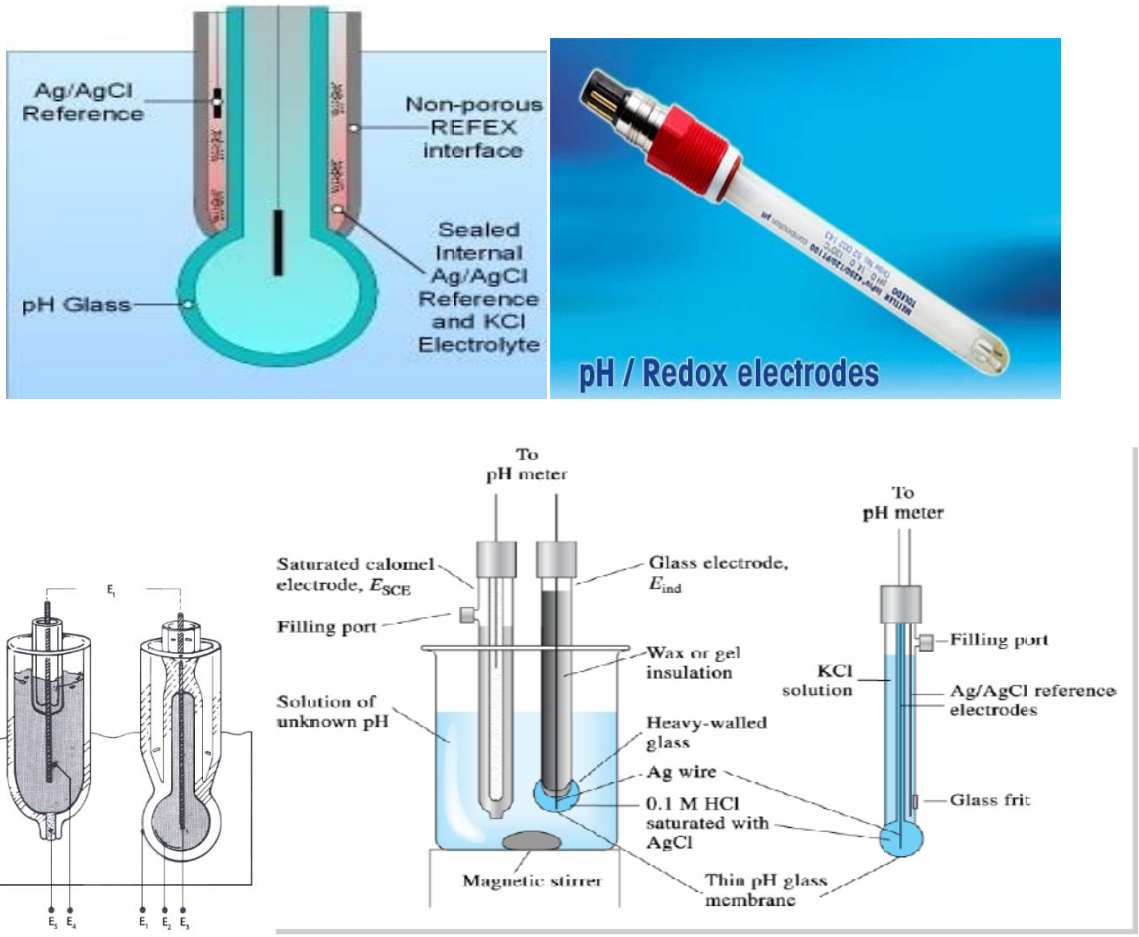
- يرج المحلول جيدا. يعطي هذا المحلول القياسي عكارة قياسية قدرها ٤٠٠ وحدة عكارة (NTU). يمكن تخزين واستخدام هذا المحلول لمدة شهر.
- يحضر معلق العكارة القياسى بتخفيف ٢٥ ملليلتر من المحلول إلى ١٠٠ ملليلتر باستخدام الماء المقطر للحصول على عكارة قدرها ١٠٠ وحدة عكارة (NTU) يحضر محلول آخر عكارتة ١٠ وحدة عكارة بتخفيف المحلول السابق ١٠ مرات.
- يعاير الجهاز باستخدام محلول العكارة ١٠٠ وحدة ليعطى نفس القراءة ثم يكرر مع محلول العكارة ١٠ وحدة.
- ترج العينة المراد قياس عكارتها جيدا وينتظر حتى تختفى الفقاعات الهوائية ثم ينقل جزء منها إلى أنبوبة الجهاز وتقرأ العكارة مباشرة من الجهاز.

إذا كانت قراءة العينة خارج مقياس الجهاز تخفف إلى حجم معلوم ويراعى معامل التخفيف.

جهاز قياس الرقم الأيدروجينى pH-meters

فى هذه الطريقة يتم معرفة الرقم الأيدروجينى عن طريق قياس فرق الجهد الناشئ بين قطبين أحدهما يستجيب لأيون الأيدروجين (Glass electrode) والآخر قطب مرجعى (Reference electrode) وهو عادة ما يكون قطب كالوميل (Calomel electrode) أو قطب كلوريد فضة (Ag/AgCl electrode) وذلك عن طريق غمر القطبين فى محلول العينة المراد قياس رقمها الأيدروجينى. ويوضح الشكل رقم (٦-٤) أقطاب قياس الأس الأيدروجينى، كما يوضح الشكل رقم (٦-٥) جهاز قياس الأس الأيدروجينى.

ومن المستحسن أن يتم قياس الرقم الأيدروجينى فى موقع أخذ العينة وإن تعذر ذلك تجرى عملية القياس فى أسرع وقت ممكن من وقت أخذ العينة.



شكل رقم (٦-٤)
أقطاب قياس الأس الأيدروجينى

وقبل قياس العينة المراد تعيين رقمها الأيدروجينى فإنه يجب أولا ضبط ومعايرة الجهاز عن طريق غمر القطب فى محلول منظم قياسى ذو رقم أيدروجينى ٧ والحصول على قراءة للجهاز ٧ ثم يتم الضبط مرة أخرى عن طريق وضع القطب فى محلولين منظمين ذو رقمين أيدروجينين ٤ و١٠ وضبط القراءات مرة أخرى. ومن المفضل أن يكون الضبط باستخدام محاليل منظمة ذات أرقام أيدروجينية قريبة من العينات المراد فحصها والتعرف عليها.

شكل رقم (٦-٥)
جهاز قياس الأس الأيدروجينى

معايرة جهاز قياس الأس الأيدروجينى

- يوضع قطبى الزجاج والمرجع بعد غسلهما جيدا وتجفيفهما فى محلول منظم أسه الأيدروجينى ٧ مع قطب ضبط درجة الحرارة ويضبط الجهاز ليعطى قراءة ٧.
- يغسل القطبين ويعاد القياس باستخدام محلول منظم أسه الأيدروجينى ٤ وكذلك ٩ ومن المفضل أن يكون الضبط باستخدام محاليل منظمة قياسية ذات أس أيدروجينى قريب من العينات المراد فحصها والتعرف عليها.
- يستخدم ضابط الميل فى ضبط القراءات ليعطى قراءة تطابق أو أقرب ما تكون من قيمة الأس الأيدروجينى للمحلول المنظم القياسى المستخدم.
- يغمس القطبين مع قطب ضبط الحرارة بعد غسلهما فى المحلول المراد قياسه وتسجل القراءة بعد ٣٠ ثانية ويعبر عنها إلى أقرب ٠.١ وحدة pH.
- يجب أن تكون درجة الحرارة عند المعايرة والقياس متماثلة.
- يغمر القطب فى محلول منظم قياسى ذو رقم أيدروجينى ٧ للحصول على قراءه للجهاز ٧ ثم يتم الضبط مرة أخرى عن طريق وضع القطب فى محلولين منظمين ذو رقمين أيدروجينين ٤ و١٠ وضبط القراءات مرة أخرى.

الأقطاب الأيونية المنتخبة ذات الأغشية

Ion Selective Membrane Electrodes

يمـكن تقسيـم هذه الأقطاب إلى نوعيـن: النـوع الأول الذى يسـمى (Ion selective electrodes) وهو القطب الذى يكون له خاصية انتقائية لقياس تركيز أيون محدد مثل أيونات (الكالسيوم والنترات والفلوريد والكلوريد) والنوع الثانى الذى يقوم بقياس تركيز بعض الأشكال الجزيئية الغازية مثل النشادر وثانى أكسيد الكربون وأكسيد النيتروجين. ويوضح الشكل رقم (٦-٦) بعض الأقطاب الأيونية المنتخبة ذات الأغشية.

وهذه الأقطاب تكون حساسة لكميات المواد المراد قياسها وإن كان فى كثير من الأحيان تتداخل بعض المواد الأخرى وتؤثر على القياسات.

والفكرة العامة لقياس تركيز العينة (مثل فكرة قياس الأس الأيدروجينى) هى تكوين فرق جهد يتم قياسه بين القطبين (قطب الدليل والقطب المرجعى) وفرق الجهد المتكون يسبب فرق فى التركيز بين المحلول القياسى الداخلى والمحلول الخارجى المراد تعيين تركيزه.

شكل رقم (٦-٦)
بعض الأقطاب الأيونية المنتخبة ذات الأغشية

- **معايرة الأقطاب الأيونية المنتخبة ذات الأغشية** تحضر سلسلة من محاول قياسي للمادة المراد قياسها فى ماء مقطر بتركيزات مختلفة.
- ينقل ١٠ ملليلتر من هذه المحاليل إلى كأس زجاجى سعة ١٠٠ ملليلتر.
- يضاف محلول منظم مناسب لضبط الأس الأيدروجينى كما فى حالة تقدير الفلوريد أو يضاف محلول ضابط القوة الأيونية أو مانع الأكسدة كما فى حالة تقدير الكبريتيد أو قلوي قوي كما فى حالة تقدير الأمونيا أو حمض قوي كما فى حالة تقدير ثانى أكسيد الكربون.
- يغمس قطب الأيون الإنتقائي وقطب مرجع (عادة فضة/ كلوريد فضة أو كالوميل) ويخلط المحلول جيدا ويقرأ الجهد من جهاز قياس الأس الأيدروجينى.
- ترسم العلاقة بين الجهد ولوغاريثم التركيز على ورق شبيه اللوغاريتم (Semi log) ويستخدم منحنى المعايرة القياسي فى قياس تركيزات مجهولة بإتباع نفس الخطوات وتقارن النتائج بالمنحنى القياسي.

جهاز قياس التوصيل الكهربائي Conductometers:

- يتناسب التوصيل الكهربى للماء (قياس قابلية الماء للتوصيل الكهربى) مع القوة الأيونية للماء ويعتمد على طبيعة المواد الأيونية الذائبة فى الماء وتركيزها ودرجة حرارة القياس. والوحدة القياسية للتوصيل الكهربى تعطى بوحدة سيمنز/ متر.
- لقياس التوصيل الكهربى يستخدم جهاز قياس التوصيل الكهربائي المبين بالشكل رقم (٦-٧) يجب معرفة ثابت الخلية والذى يقاس بمعرفة محلول قياسى من كلويد البوتاسيوم وكذلك يجب معرفة درجة الحرارة وأخذها فى الاعتبار عند قياس التوصيل الكهربى.
- ويجب أن تترك الخلية دائما فى الماء عند عدم الاستعمال كما يجب أن تجرى القياسات فى موقع أخذ العينة وإن تعذر ذلك تجرى عملية القياس فى أسرع وقت ممكن من وقت أخذ العينة.

شكل رقم (٦-٧)
جهاز قياس التوصيل الكهربائي

معايرة جهاز قياس التوصيل الكهربائي

- يحضر محلول قياسي ٠.٠١ عياري من كلوريد البوتاسيوم بإذابة ٧٤٥.٦ ملليجرام من كلوريد البوتاسيوم اللامائي الجاف فى لتر من ماء التوصيل عند درجة حرارة ٢٥°م. يجب أن يعطى هذا المحلول القياسي توصيل قيمته 141.2 mS/m or 1412 µmhos/cm.
- يحفظ المحلول فى عبوة من زجاج البيركس مغطاة جيدا.
- تغسل خلية التوصيل الكهربائي ٣ مرات على الأقل بمحلول ٠.٠١ عيارى من كلوريد البوتاسيوم قبل القياس وتضبط درجة الحرارة عند ٢٥.٠± ٠.١ °م.
- يمكن تصحيح توصيل محلول ٠.٠١ عيارى من كلوريد البوتاسيوم عند درجات حرارة مختلفة بإستخدام العلاقة:

$$(mS/m) = [141.2\ mS/m] / [1 + 0.0191\ (t-25)]$$

أو العلاقة

$$(\ \mu mho/cm] = [1412\ \mu mho/cm) / [1 + 0.0191\ (t-25]$$

- بعد مراجعة وحدة التعبير عن التوصيل على الجهاز يضبط ثابت الخلية ليعطى قراءة التوصيل المقابلة للمحلول.

جهاز قياس الأكسجين المذاب Dissolved Oxygen Meter

يعتمد قطب قياس الأكسجين على استخدام دائرة بولاروجرافيـة أو جلفانيـة تحتوي على قطبين معدنيين مغمورين فى اليكتروليت منفصول عن العينـات المراد قياسها بغشاء انتقائي من البولى إيثيلين اوالتيفلون كما هـو موضـح بالشكل رقم (٦-٨). ويستخدم فى الخلية البولاروجرافيـة تيـار كهربـى خارجـى لإستقطـاب القطـب المرجـع. ويـتناسب تيـار الإنتشـار (Diffusion Current) مع تركيز الأكسجين.

شكل رقم (٦-٨)
جهاز قياس الأكسجين المذاب

معايرة جهاز قياس الأكسجين المذاب

- يعاير قطب الأكسجين عادة بقياس أكسجين الهواء أو محلول معلوم تركيز الأكسجين به وسبق تقديره باستخدام طريقة (وينكلر) وكذلك فى عينة تحتوي على تركيز صفر من الأكسجين (محلول كبريتيت صوديوم وتركيز ضئيل جدا من كلوريد الكوبلت).
- تستخدم طريقة وينكلر فى تقدير الأكسجين المذاب مباشرة ولتطبيق هذه الطريقة تتبع الخطوات الآتية:

- يذاب ٤٨٠ جرام من كبريتات المنجنيز الثنائي ($MnSO_4.4H_2O$) أو ٤٠٠ جرام من ($MnSO_4.2H_2O$) أو ٣٦٤ جرام من ($MnSO_4.H_2O$) فى قليل من الماء ويرشح ويكمل المحلول إلى ١ لتر بالماء ,وهذا المحلول يجب ألا يعطى لونا مع محلول النشا بعد إضافة محلول محمض من يوديد البوتاسيوم.
- يذاب ٥٠٠ جرام أيدروكسيد الصوديوم أو ٧٠٠ جرام أيدروكسيد البوتاسيوم و١٣٥ جرام يوديد صوديوم أو ١٥٠ جرام يوديد بوتاسيوم فى ماء مقطر ويكمل إلى ١ لتر بالماء. يضاف للمحلول ١٠ جرام من أزيد الصوديوم المذاب فى ٤٠ ملليلتر ماء. هذا المحلول يجب ألا يعطى لونا مع النشا عندما يخفف ويحمض.
- محلول قياسى (٠,٢٥ عياري) من ثيوكبريتات الصوديوم بإذابة ٦.٢٠٥ جرام من $Na_2S_2O_3\,5H_2O$ فى ١ لتر من الماء السابق غليه وتبريده لطرد الأكسجين ثم يضاف له ٢ جرام من أيدروكسيد الصوديوم.
- محلول قياسى (٠.٠٢٥ عياري) من ثيوكبريتات الصوديوم للمعايرة ويحضر بتخفيف المحلول السابق ١٠ مرات, تقاس قوته بنقل ٢٠ ملليلتر من محلول أيودات هيدروجينية (٠.٠١٢٥ عياري) إلى دورق مخروطى يحتوى ١٠٠ ملليلتر من الماء المقطر ويضاف له ٢ ملليلتر من حمض الكبريتيك المركز متبوعا بـ ٢ جرام يوديد بوتاسيوم ويعاير المحلول مع محلول ثيوكبريتات الصوديوم (٠.٠٢٥ عياري) باستخدام النشا كدليل.
- تملأ قارورة القياس ذات الفوهة الضيقة وسعة ٣٠٠ ملليلتر وذات غطاء زجاجى مصنفر بالماء ويضاف تحت سطح الماء ٠.٧ ملليلتر من حمض الكبريتيك المركز (يحظر إضافة أكثر من ذلك) و١ ملليلتر من محلول برمنجنات البوتاسيوم و١ ملليلتر من محلول فلوريد البوتاسيوم ويجب أن يكون لون المحلول قرمزى دالا على وجود زيادة من البرمنجنات.تغطى القارورة وتقلب لخلط محتوياتها. يضاف ٠.٥ إلى ١.٠ ملليلتر من محلول ٢% أكسلات لإزالة لون البرمنجنات (٢ الي ١٠ دقيقة) تخلط محتويات القارورة جيدا وتوضع فى الظلام لمدة ١٠ دقائق.

- يزال غطاء القارورة ويضاف ٢ ملليلتر من كبريتات المنجنيز متبوعة ب ٢ ملليلتر من محلول (القلوى- اليوديد- الأزيد) تم تغلق القارورة وتخلط محتوياتها جيدا بقلب القارورة عدة مرات.
- يترك المحلول ليرسب ثم يضاف ٢ ملليلتر من حمض الكبريتيك المركز بعد إزالة الغطاء مباشرة ثم يرجع الغطاء وترج القارورة جيدا حتى تمام ذوبان الراسب.
- يعاير اليود المنطلق بنقل ٢٠٣ ملليلتر من المحلول إلى دورق مخروطى ويعاير مع ٠.٠٢٥ عياري محلول ثيوكبريتات. كل ١.٠ ملليلتر من ٠.٠٢٥ عياري ثيوكبريتات = ١.٠ ملليجرام أكسجين مذاب/ لتر.

جهاز المعايرة الأمبيرومترية:

يعتمد القياس الأمبيرومترى على إجراء تأكسد أو اختزال للمادة المراد قياس تركيزها بإستخدام جهد ثابت وقياس شدة التيار الكهربى الناشئ كدلالة على التركيز. وفى المعايرة الأمبيرومترية تجرى عملية معايرة لحجم معلوم من المادة المراد قياسها مع مادة قياسية وتحديد الحجم المستهلك منها عند نقطة التكافؤ بدلالة التيار الكهربى المتولد. ويستخدم جهاز المعايرة الأمبيرومترية الموضح بالشكل رقم (٦-٩) فى قياس تركيزات ضئيلة من الكلور الحر والمتبقى والمتحد والتفرقة بين أحادى وثنائي الكلورامين فى مياه الشرب.

ويقاس تركيز الكلور الحر المتبقى بالمعايرة مع محلول قياسى من أكسيد فينيل الزرنيخات حيث لا يحدث تغير فى التيار بعد نقطة التكافؤ بإضافة المزيد من المادة القياسية. ولقياس الكلور المتبقى المتحد أو المتبقى الكلى يضاف محلول يوديد البوتاسيوم لنفس المحلول السابق ويضبط الرقم الأيدروجينى بإضافة محلول منظم عند رقم أيدروجينى ٤-٧ ويعاير اليود المنطلق مع محلول قياسى من أكسيد فينيل الزرنيخات كما هو الحال مع الكلور المتبقي الحر.

ويتكون الجهاز من خلية تحتوى قطبين معدنيين كاثود وأنود (بلاتين /فضة أو ذهب/ نحاس) والأنود عبارة عن قطبين هما القطب المرجعـى وقطـب مساعد أو مكمل يعمل على ثبات التيار المقـاس ويعـرف النظـام بثلاثـى الأقطاب كما هو موضح بالشكل رقم (٦-١٠) بالإضافة إلى سحاحة ومسجل للتيار الكهربى الناشئ. وتتميز الطريقة بحساسيتها العالية التى تصـل إلـى ٠.٥ جزء فى البليون.

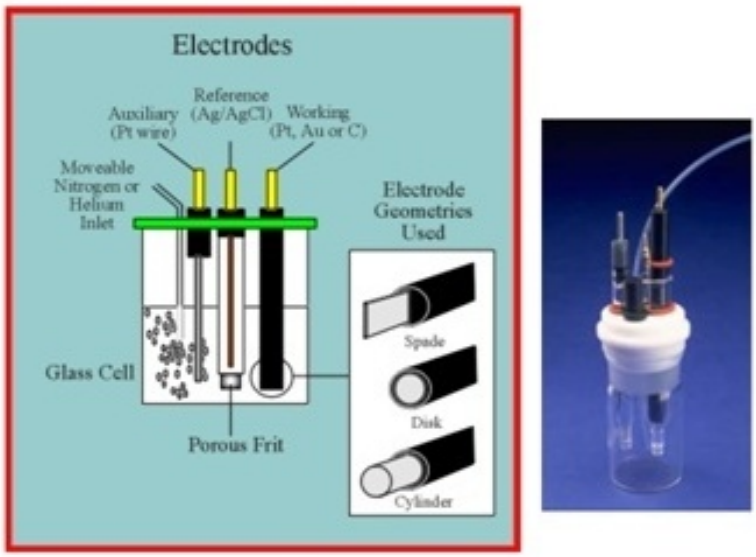
شكل (٦-٩)
جهاز المعايرة الأمبيرومترية

معايرة جهاز المعايرة الأمبيرومترية

عند عدم استخدام الجهار لمدة أسبوع أو أكثر أو عند تشغيل الجهاز لأول مرة تختبر الخلية الأمبيرومترية بإضافة بضع قطرات من محلول الكلور (كلوركس) إلى ٢٥ ميلليلترمن ماء الصنبور فى كأس سعته ٢٥٠ ميلليلتر وبعد رج المحلول وغمر الأقطاب فيه يضبط جهد التيار الكهربى عند ٠.٥ إلى ١.٥ ميكرو أمبير ويترك لمدة ١٠ دقائق ثم تغسل الأقطاب ويصبح الجهاز جاهزا للقياسات. وتنظف الأقطاب من وقت إلى آخر (كل شهر) بغمرها فى محلول ١:١ حمض نيتريك لمدة ساعتين ثم تغسل بالماء المقطر وتغمر فى محلول كلور مخفف لضمان ثبات القراءة عند القياس بعد ذلك.

وجهاز القياس الأمبيرومتري لا يحتاج إلى معايرة ولكن يجب أن تكون المحاليل المستخدمة قياسية معلومة التركيز تماما وان تجرى مقارنة بين

نتائج عينة تحتوى على الكلور باستخدام التحليل اللونـى بالتفاعل مـع كاشف (N,N-Diethyl-p- phenylenediamine) والتحليل الأمبيرومترى.



شكل رقم (٦-١٠)
أقطاب جهاز المعايرة الأمبيرومترية

جهاز قياس السيانيد Cyanide Analyzer:

يمكن أن يتواجد السيانيد فى الماء فى عدة صور (السيانيد الحر – السـيانيد المتاح – السيانيد القابل للكلورة والسيانيد الكلـى) وتقـدر صـور السـيانيد المختلفة فى الماء بطرق آلية كثيرة بعد إجراء عملية تقطير للعينة فى وسـط حامضى ثم يتم إجراء التالى:

١. **التقدير الطيفى اللونى**. وذلك بتجميع الهيدروسـيانيك المتصـاعد فـى محلول مائى ذو رقم أيدروجينى ٤.٥ ثم السماح للسيانيد بالتفاعـل مـع محلول الكلور ليكون كلوريد السيانوجين الذى يتفاعل بدوره مع كاشـف البيريدين وحمض بربتيوريك ليكون لونا أحمر يقـاس كثافتـه بدلالـة تركيز السيانيد باستخدام الطرق الطيفية اللونية.
٢. **التقدير الجهدى**. حيث يتم تقدير السيانيد فى مقطر العينة باستخدام قطب السيانيد الأيونى المنتخب مع قطب مرجع (فضـة/ كلوريـد فضـة أو

كالوميل) وقياس فرق الجهد بإستخدام جهاز قياس الجهد كدلالـة علـى لوغاريتم تركيز السيانيد.

٣. **التقدير الكروماتوجرافى:** يستخدم فى هذه الحالة جهاز كروماتوجرافيـا الأيونات حيث يقوم مبادل أنيونى بفصل أيون السيانيد من باقى الأيونات المصاحبة ويميز بواسطة كاشف كهروكيميائى.

٤. **التقدير الأمبيرومترى**: فى هذه الحالة لايلزم إجراء عملية تقطير للعينـة ولكن يدفع بالعينة فى تيار حامضى ويسمح لغاز الهيدروسيانيك بالمرور على غشاء كاره للماء يسمح بمرور الهيدروسيانيك انتقائيا إلى كاشـف أمبيرومتري لقياسه وتعرف هذه الطريقة "بطريقة الإنتشـار الغشـائي" وتوجد أجهزة كاملة متاحة فى السوق لهذه الطريقة من القياس. وبعـض هذه الأجهزة ملحق بها وحدة هضم بواسطة الأشعة فوق البنفسجية لقياس السيانيد المتاح والسيانيد الكلى. ويوضح الشكل رقـم (٦-١١) جهـاز لتقدير السيانيد بالطريقة الأمبيرومترية وجهاز محمول لقيـاس السـيانيد بالطريقة الضوئية اللونية

وتتميز الطريقة الأمبيرومترية بأنها تستبعد عملية التقطير التى تستغرق عادة وقتا طويلا (ساعتين) حيث تستغرق ٩٠ ثانية ويمكنها تقدير كميات ضـئيلة من السيانيد على مستوى جزء فى البليون.

شكل رقم (٦-١١)

جهاز تقدير السيانيد بالطريقة الأمبيرومترية وجهاز محمول لقياس السيانيد بالطريقة الضوئية اللونية

وهذه الأجهزة تعاير بنفس الطرق التى سبق ذكرها لمعايرة أجهزة القياس الأمبيرومترية والطيفية وكروماتوجرافيا الأيونات.

الفصل السابع

الأجهزة المساعدة والتقنيات المعملية

الفصل السابع

الأجهزة المساعدة والتقنيات المعملية

أهداف التدريب (التعلم):
بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـى أن:

- يذكر أنواع الأجهزة المساعدة التى يتم استخدامها فى معامل التحاليل.
- يصف الأجهزة المعملية المساعدة المختلفة وتركيبها ومكوناتها.
- يذكر إجراءات تشغيل وصيانة كل جهاز من الأجهزة المعملية المساعدة.
- يشرح بعض التقنيات المستخدمة فى الأجهزة المعملية المساعدة.
- يذكر أهمية جهاز تنظيم الحرارة الفائق ويصف كيفية عمله.
- يصف المجففات الزجاجية وأهمية أستخدامها.
- يلم بالتقنيات والأجهزة المستخدمة فى هضم العينات.
- يشرح معنى الاستخلاص وكيفية استخلاص المواد العضوية الملوثة.
- يصف عملية الترشيح والمعدات والادوات التى تتطلبها والعوامل التى تؤثر على اختيار نوع الوسط الترشيحى.
- يذكر الأنواع والطرق المختلفة للتقطير ومكونات هذة الأجهزة.

أولاً: الأجهزة المساعدة

١- أفران التجفيف وأفران الحرق Drying Ovens and Muffle Furnaces

أفران التجفيف (Drying Ovens)

أفران التجفيف هى وحدات حرارية ذات حجوم وسعات مختلفة وجدرانها الداخلية وأرفف مصنوعة من الصاب الذى لا يصدأ وقد تكون مزودة بأبواب مزدوجة وتسخن بملف كهربائى ويمكن ضبط درجة الحرارة بين ٥٠-٢٥٠°م ومزودة بمقياس لدرجة الحرارة (ترمومتر) وشاشة رقمية لإظهار درجة الحرارة داخل الفرن وتستخدم فى إزالة الرطوبة من العينات وتجفيفها وتعقيمها وتبخيرها. وهناك انواع مختلفة مثل:

- أفران الحمل الحرارى الميكانيكى (Mechanical Convection Ovens) وهى مزودة بمروحة داخلية دوارة بسرعات مختلفة حيث أن سرعة مرور الهواء على العينة وخروجها تؤدى إلى سرعة التجفيف وتعمل المروحة على التدوير المستمر للهواء الساخن داخل الفرن وإبقاء درجة الحرارة ثابتة.
- أفران الحمل بالجاذبية (Gravity Convection Ovens) وتستخدم عندما لاتكون هناك حاجة لدرجات ثابتة ومتجانسة وهى أقل سعراً من النوع الأول.
- افران التفريغ (Vacuum Ovens) وهى مزودة بمضخة تفريغ وتستخدم عندما يلزم التجفيف فى جو خامل أو عند تجفيف البودرات حيث تؤدى المروحة الى تطايرها وتبعثرها ويتم التجفيف من الحرارة الناشئة من جدران الفرن الداخلية.

أفران الحرق (Muffle Ovens)

هى وحدات حرارية بحجوم وسعات مختلفة مبطنة من الداخل بمواد عازلة للحرارة مصنوعة من ألياف سيراميكية وطوب حرارى يتحمل درجات الحرارة المرتفعة التى قد تصل إلى ١٨٠٠°م غير أن أكثرها شيوعا واستخداما فى معامل التحاليل تلك التى تصل فيها درجة الحرارة القصوى إلى ١١٠٠ -١٢٠٠°م. وهذه الأفران مكونة من ثلاثة اجزاء رئيسية: غرفة

التسخين والحرق، ووحدة الضبط الالكترونى لدرجة الحرارة والوقت، والعزل الحرارى. وهذه الأفران مزودة بأبواب ثقيلة محكمة لمنع تسرب الحرارة خارجها ووحدة لضبط درجة الحرارة والوقت ومروحة للتبريد وسحب الغازات ونواتج الاحتراق الغازية من غرفة التسخين إلى مدخنة وكذلك شاشة رقمية خارجية لإظهار درجة الحرارة داخل الفرن وبعض هذه الوحدات قد يكون مزودا ببرنامج يعمل على التسخين المتدرج لفترات محددة. وهذه الأفران قد تكون أحادية الغرفة أو مزودة بأرفف سيراميكية لتقسيمها إلى عدة أجزاء.

التشغيل والصيانة

يراعى عند اختيار أماكن الأفران وتشغيلها واستخدامها ما يلى:

- توضع فى مكان خالى من الأتربة بعيد عن مصادر الحرارة والاهتزازات الخارجية.
- توضع فى مكان بعيد عن المذيبات العضوية المتطايرة أو القابلة للاشتعال أو المواد الآكالة.
- يترك مكان كافى حول الفرن بحيث لا يقل عن ١٥ سم من جميع الجهات.
- لا يوضع بداخله أو تخزن فوقه مواد قابلة للإشتعال أو يمكن أن يتولد عنها أبخرة قابلة للإشتعال.
- تترك مسافة مناسبة بين ما هو موضوع على الأرفف داخل الفرن للسماح بسريان الهواء الساخن.
- لا يوضع بداخله مواد قابلة للاحتراق مثل الخشب والورق والكرتون.
- لا تزيد درجة الحرارة داخله عن الحد الأقصى المسموح به.
- لاتلمس جدران الفرن من الداخل وهو ساخن.
- لايستنشق هواء الفرن الساخن.
- يجب توافر أدوات الأمان عند الإستخدام مثل القفازات العازلة ونظارات الأمان وماسك الأدوات.
- يجب توافر طفاية للحريق بالقرب من الفرن.

- يفصل التيار الكهربى عند التنظيف وقبل إجراء الصيانة الدورية أو الفحص وعند عدم الإستخدام.
- التأكد من سلامة الأسلاك وعدم تآكلها وتوصيلها بالأرضى.

(ب) (أ)

شكل رقم (٧-١)

فرن التجفيف (أ) وفرن الحرق (ب)

٢. الأوتوكلاف (Autoclaves)

وعاء من الصلب الذى لا يصدأ محكم الغلق يستخدم فى تعقيم المعدات والأدوات والبيئات (الأوساط) وذلك بتعريضها لبخار الماء تحت ضغط مرتفع (30 psi) ودرجة حرارة مرتفعة (١٢١°م) لمدة ١٥ – ٢٠ دقيقة. وهو يشبه الفرن ويعمل مثل حلة الطبخ بالضغط البخارى وتختلف فى حجومها. ولتأكيد صلاحية وجودة أداء الأوتوكلاف تستخدم أدلة فيزيائية وكيميائية وبيولوجية والأدلة الكيميائية عبارة عن شرائط توضع على العبوات المراد تعقيمها وداخل الأوتوكلاف تغير لونها عندما تكون ظروف التعقيم مناسبة. والأدلة البيولوجية تتضمن استخدام نوع من البكتيريا المقاومة للحرارة مثل: (Geobacillus Stearothermophilus) فإن كان الأوتوكلاف لا يعمل جيدا فإن منبتات (Spores) البكتيريا سوف تنمو ويؤدى نواتج أيضها إلى تغيير لون

مادة حساسة للرقم الأيدروجينى. أما الأدلة الفيزيائية فهى سبائك معدنية من نوع خاص تنصهرعند درجة الحرارة المطلوبة لتدل على درجة حرارة الأوتوكلاف الداخلية اثناء عملية التعقيم.

التشغيل والصيانة

- يحفظ الأوتوكلاف فى مكان بعيدا عن المياه جيد التهوية لإزالة الحرارة والرطوبة المتولدة.
- يوضع الأوتوكلاف فى مكان فسيح وتترك مسافة كافية حوله (٠.٨ متر من كل جانب).
- تستخدم نوعية مياه عالية الجودة (عسر لا يزيد عن ٠.٠٢ ميللى مول/ لتر- التوصيل الكهربى ٣ ميكروسيمنز/ سم – رقم أيدروجينى ٥-٧).
- التأكد من كفاية كمية الماء فى الأوتوكلاف عند بدء دورة التعقيم.
- التأكد من عدم تسرب البخار من الجهاز.
- اختبار كفاءة المانومتر والترمومتر.
- التأكد من إزاحة كل الهواء قبل التشغيل حيث أن الهواء يعتبر وسط ردىء للتعقيم.
- ينظف بعد الاستخدام بمحاليل خالية من الكلور وتزال الرواسب ويغسل ويجفف.
- الفحص الدورى على مكونات وأجزاء الجهاز.
- التأكد من أن نظام الصرف يتحمل الماء الساخن الناتج من صرف الجهاز.

شكل رقم (٧-٣)
الأوتوكلاف

٣. الحضانات (Incubators)

الحضانة هى وحدة معملية على هيئة صندوق معدنى متنوع الحجوم مصنوع من الصاب ويشبه إلى حد كبير أفران التجفيف. وغالبًا تزود الحضانات بباب زجاجى داخلى وتستخدم الحضانات للحفاظ على درجة حرارة ورطوبة ثابتة ومناسبة داخلها للحفاظ على الكائنات البيولوجية ونموها. وبعض الحضانات مصنعة بحيث تسمح بإدخال غاز ثانى أكسيد الكربون أو الأكسجين داخلها فى تجارب تتطلب وجود مثل هذين الغازين. والحضانة مزودة بوحدة تسخين يمكنها توفير درجات حرارة من ٢٠ -١٠٠°م بدقة ± ٠.٢°م وبعض الحضانات قد تزود بوحدة تبريد للحصول على درجات حرارة منخفضة. وتشمل الحضانة أيضا ساعة ميقاتية ولوحة رقمية لبيان درجة الحرارة وقد تحتوى على برنامج خاص بالتحكم فى درجة الحرارة.

شكل رقم (٧-٣)
حضانات معملية

التشغيل والصيانة

- يوضع الجهاز فى مكان مناسب غير ضيق لايتعرض لتغيرات حرارية.
- لا توضع بالقرب من مواد قابلة للإشتعال.
- يترك فراغ كافى حول الحضانة (١٠ سم على الأقل) للسماح بسريان الهواء.

- تراقب درجة الحرارة داخل الحضانة يوميا للتاكد من ثباتها.
- لا يجب البقاء فترات طويلة أمام الحضانة وهى مفتوحة.
- معايرة مقياس درجة الحرارة للتأكد من ثباتها وتجانسها.
- تستخدم أدوات الوقاية الشخصية عند الإستخدام.
- تنظف من وقت لآخر بالماء ومحلول منظف صناعى.
- تجنب أى انسكابات داخل الحضانة وتنظف فور حدوثها.

٤. الموازين
Analytical Balances

هى أجهزة لقياس وزن (كتلة) المواد الكيميائية بالمعمل وهى أنواع مختلفة أكثرها شيوعًا الميزان علوى التحميل (Top Loading Balance) والميزان الإليكترونى (Electronic Balance) وتتنوع الأنواع حسب القدرة على قياس مستويات مختلفة من الأوزان.

شكل رقم (٧-٤)
الميزان الإليكترونى والميزان علوي التحميل

التشغيل والصيانة

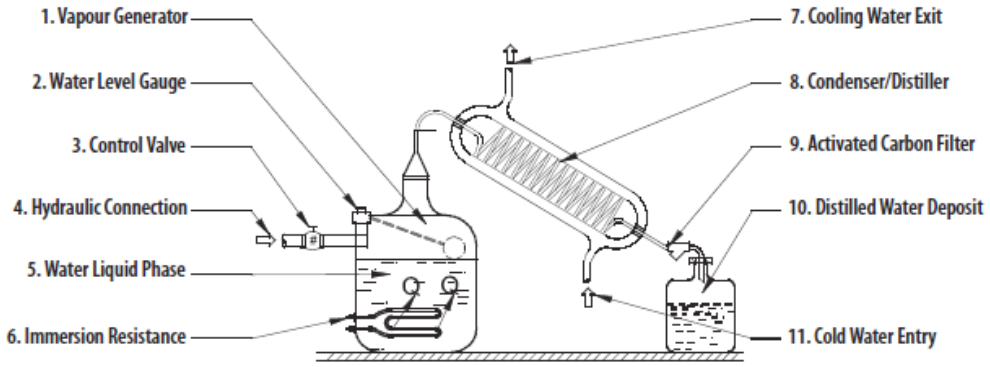
- يجب وضع الميزان فى مكان مناسب ليس به تيارات هوائية أو معرض لتغيرات مفاجئة فى درجات الحرارة.
- يجب وضع الميزان على طاولات مستوية تماما (طاولة موازين) معزولة عن أى اهتزازات.

- يجب عدم وضع الميزان أسفل أجهزة التكييف أو فى مكان تصله أشعة الشمس مباشرة.
- يجب عدم وضع الميزان بالقرب من أجهزة يصدر عنها مجال مغناطيسى عالى أو اهتزازات مثل أجهزة الطرد المركزى والموتورات والمولدات الكهربية.
- ينظف الميزان من الداخل وكفة الميزان بفرشاة ناعمة الشعر وبقطعة قماش نظيفة مبللة بالماء أومبللة بمحلول منظف صناعى مخفف.
- عند حدوث أى الإنسكابات على كفة الميزان تنظف فورا بقطعة من القماش مبللة بمحلول ٧٠ % كحول إيثيلى منعا للتآكل أو التلوث.
- تستعمل عبوات سابقة الوزن نظيفة لاستخدامها فى وزن المواد وتكون مصنوعة من الزجاج ولا يستخدم البلاستيك خصوصا فى وزن بودرات حيث يحمل البلاستيك شحنات كهرومغناطيسية.
- التأكد يوميا من وضع الصفر وحساسية الميزان والوضع المستوى له ونظافته قبل التشغيل.
- التأكد من استقرار كفة الميزان وعدم تأرجحها.
- يجرى سنويا معايرة الجهاز وفك وتنظيف بعض مكوناته.

٥- أجهزة تقطير وتنقية الماء Water Distillation and Water Purification

أجهزة تقطير المياه (Water Distillation)

تستخدم أجهزة تقطير المياه للحصول على مياه نقية عالية الجودة خالية من المواد الصلبة والعالقة صالحة للاستخدام فى تحضير المحاليل والكواشف والأوساط البيولوجية. وعادة لا يزيد تركيز المواد الصلبة الكلية عن ١ جـزء فـى المليـون والرقم الأيدروجينى من ٥.٤ – ٧.٢ والمقاومة الكهربية عن ٣ × $١٠^{٥}$ أوم/ سم عند درجة ٢٥° م، ويتكون الجهاز من عدة أجزاء: خزان الغليان وهو مصنوع من الصلب الذى لا يصدأ أو الزجاج ومزود بوحدة تسخين (ملف كهربى) لتسخين المياه لدرجة الغليان وتحويل الماء إلى بخار ثم وحدة تكثيف (مكثف) لتحويل البخار إلى ماء ثم فى بعض الأحوال مرشح كربونى صغير بعد المكثف ثم خزان تجميع للمياه المقطرة.



شكل رقم (٧-٥)
شكل تخطيطى لجهاز تقطير المياه

ومن عيوب طريقة التقطير انها عملية بطيئة وتحتاج الى طاقة للتسخين وتؤدى إلى فقد كميات مياه كبيرة للتبريد وتطاير انواع كثيرة من المواد العضوية مع الماء المقطر وكذلك احتمالية التلوث البكتيريولوجى اثناء التخزين وضرورة التنظيف المستمر لخزان التقطير.

أجهزة تنقية المياه (Water Purification)

أما أجهزة تنقية المياه المعملية فهى تقوم بعدة عمليات الهدف منها الحصول على مياه عالية الجودة والنقاوة عند درجة الحرارة العادية ودون الحاجة لطاقة عالية للتسخين فهى تقوم بنزع الأيونات والترشيح الكربونى والتخلص من المواد العضوية والترشيح الفائق والتناضح العكسى والتعقيم باستخدام الأشعة فوق البنفسجية.

ومعظم هذه الأجهزة تحتوي على ٤ وحدات:

- وحدة مبادل أيونى للتخلص من الأيونات غير العضوية
- وحدة غشاء للتناضح العكسى
- وحدة كربون نشط للتخلص من المواد العضوية
- وحدة لإزالة البكتيريا

وتصنف أنواع المياه النقية المعملية طبقا لمواصفات (ASTM) إلى عدة أنواع طبقا للاستخدام وهى أنواع ١ و٢ و٣ و ٤ كما هو مبين فى الجدول الآتى:

جدول رقم (٧-١)

انواع المياه المعملية النقية

الخصائص	Type IV	Type III	Type II	Type I
توصيل كهربى ($\mu S/cm^{-1}$)	5.0	4	1.0	0.06
مقاومة كهربية (MΩ-cm)	0.2	4.0	1.0	18.0
pH	5.0-8.0	NA	NA	NA
كربون عضوي كلى (ppb)	No limit	200	50	50
صوديوم (ppb)	50	10	5	1
كلوريد (ppb)	50	10	5	1
سيليكا كلية (ppb)	No limit	500	3	3
استخدامات	Washing machine. autoclaves	Electro-analysis media-preparation	General Lab reagents	GF-AAS. ICP-.MS. GC HPLC. AAS

(أ) (ب)

شكل رقم (٧-٦)

جهاز تقطير المياه (أ) وجهاز تنقية المياه (ب)

التشغيل والصيانة

- يوضع جهاز تقطير المياه بالقرب من مصدر مياه مستمر ومصدر كهرباء قريب.
- يراعى استمرار سريان الماء إلى خزان التبخير والمكثف عند وأثناء التشغيل.

- يراقب تكوين الأملاح على ملف التسخين.
- من وقت لآخر ينظف الجهاز بتفريغه وينظف ملف التسخين وخزان التبخير بمحلول مخفف (٢٠٠ جزء فى المليون) من الكلور لمدة ٣ ساعات ثم يغسل بماء الصنبور.
- ينظف المكثف ويتم تغيير المرشح الكربونى كل فترة زمنية تعتمد على نوعية المياه المستخدمة.
- يجب مراقبة نوعية المياه الناتجة عن أجهزة تنقية المياه بقياس ومتابعة التوصيل الكهربى لها.
- تغيير وحدات التنقية كلما لزم الأمر.

٦. الميكروسكوبات (Microscope)

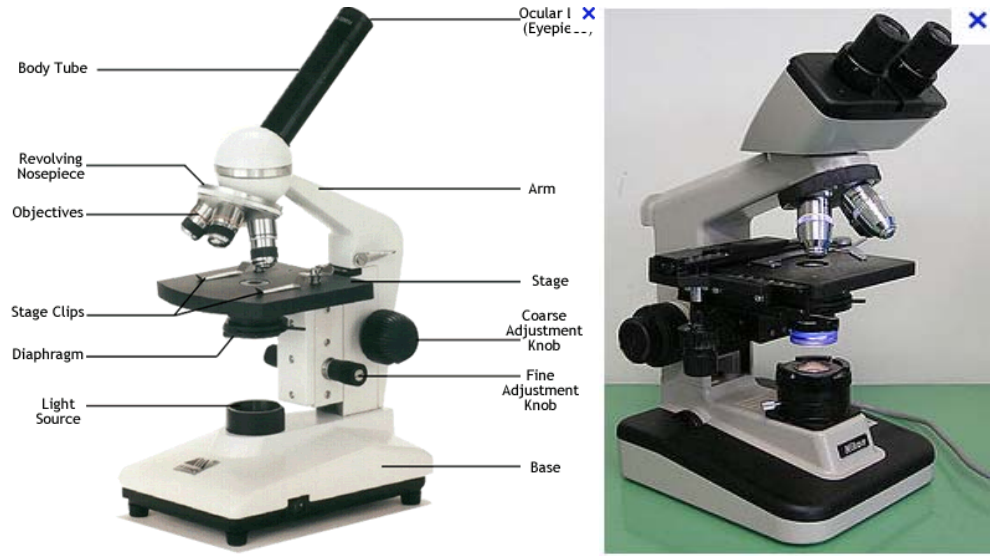
هى أجهزة عالية الدقة تستخدم كوسيلة للتشخيص والفحص البيولوجى فى معامل تحليل المياه. وهى تحتوى على:

- نظام ضوئى (عدسات – مرشحات).
- نظام ميكانيكى لضبط مكان العينات فى الإتجاهات الثلاث التى يجرى فحصها.
- نظام كهربى (محول – مصدر ضوئى).
- نظام إليكترونى (كاميرا – فيديو).

وتتنوع الميكروسكوبات لتشمل:

- ميكروسكوب ضوئي نقى المجال.
- ميكروسكوب ضوئي معتم المجال.
- ميكروسكوب ضوئي وميضى.
- ميكروسكوب تباين الرؤية.
- ميكروسكوب تداخل ضوئي.
- ميكروسكوب استقطاب ضوئي.
- ميكروسكوب انعكاس ضوئي.
- ميكروسكوب ضوئي لتجسيم الأشياء.

وجميع هذه الميكروسكوبات تعتمد على تكبير الأشياء باستخدام عدستين، إحداهما عدسة عينية والأخرى عدسة شيئية. وهذه الأنواع منها ما يتطلب مصدر لضبط كثافة الضوء مثل المرآة ومنها مايتطلب غرفة مظلمة.



شكل رقم (٧-٧)
الميكروسكوب

التشغيل والصيانة

- يجب أن يوضع الميكروسكوب فى مكان نظيف مكيف بعيدا عن الأتربة والرطوبة.
- يجب أن يوضع الميكروسكوب فى وضع مستوى على طاولة صلبة بعيدا عن مصادر الماء والإهتزازات والكيماويات وفى حالة عدم الإستخدام يغطى بغطاء بلاستيكى.
- التأكد من حماية العدسات من الأتربة والخدوش.
- لا ينظف النظام الضوئي بالمذيبات العضوية.
- لا تلمس العدسات ولا تنظف بورق عادى وتستخدم فرشاة أو قطعة قماش ناعمة.
- يستخدم الماء والكحول الإيثيلى فى تنظيف جسم الميكروسكوب.

٧. أجهزة هضم العينات Sample Digestion Equipment

كثير من العينات يلزم هضمها وإذابتها وتحويلها إلى صورة قابلة للتحاليل الكيميائية وخصوصًا عندما تكون مصاحبة لمواد عضوية أو مواد عالقة أو رواسب. ويستخدم لذلك تقنيات متنوعة منها:

الهضم بأشعة الميكروويف (Microwave Digestion)

حيث توضع العينات فى أوعية من التيفلون المغلقة والمحتوية على حامض الهضم داخل فرن ميكروويف ثم ترفع درجة الحرارة والضغط مما يؤدى إلى ذوبان العناصر الفلزية الموجودة.وتتميز الطريقة بقصر وقت الهضم إلى دقائق معدودات ومنع الأبخرة الحامضية من التصاعد فى جو المعمل ومنع تلوث العينات ومنع فقد العناصر المتطايرة واستخدام كميات ضئيلة من محاليل الهضم.

شكل رقم (٧-٨)
أجهزة هضم العينات باستخدام الميكروويف

الهضم بالأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Digestion):

تعتمد الطريقة على استخدام الأشعة فوق البنفسجية (طول موجى -220 nm) 275 الصادرة من لمبة الزئبق مع العينات المضاف لها فوق أكسيد الهيدروجين حيث ينتج شق الهيدروكسيل (OH^-) النشط الذي يتفاعل مع المركبات العضوية المصاحبة للعناصر الفلزية ويفككها (Photolysis) وتستخدم درجات حرارة لا تزيد عن ١٢٠°م للتسخين وتساعد الحرارة الصادرة من لمبة الزئبق على سرعة التحلل.

الهضم بإستخدام الأحماض والقلويات Acid/Base Digestion:

يجرى هذا الهضم مع أحماض أو قلويات قوية فى أوعية مفتوحة على أقراص تسخين فى خزانة غازات للتخلص من الأبخرة وعادة مايكرر التسخين واضافة الحمض كلما تطاير ويفضل إتباع الأنظمة المغلقة باستخدام أوعية مصنوعة من التيفلون سميك الجدران يحكم غلقها وتسخن إلى درجات حرارة تصل الى ٢٥٠ °م كحد اقصى فتعمل هذه الحرارة مع الضغط الداخلى على تفكك العينات وهضمها.

(أ) (ب)

شكل رقم (٧-٩)

أجهزة هضم العينات باستخدام الحامض أو القلوى فى أوعية مغلقة (أ) والأشعة فوق البنفسجية (ب)

ويمكن استخدام نوعين من التقنيات فى آن واحد مثل الميكروويف والأشعة فوق البنفسجية.

التشغيل والصيانة

- تتبع التعليمات الواردة مع الأجهزة من المصنع بدقة فيم يتعلق بالتركيب والتشغيل والصيانة.
- ضرورة متابعة نظافة وحدات مصادرالطاقة والتأكد من صلاحيتها.
- التأكد من نقاء كواشف الهضم من أحماض وقلويات.
- عدم فتح الأجهزة اثناء التشغيل وقبل إتمام دورة الهضم.
- إرتداء الملابس الواقية.

ثانياً: التقنيات المعملية

١. ضبط وتنظيم درجة الحرارة

جهاز التنظيم الفائق لدرجة حرارة المياه Ultra Thermostat

يلزم فى بعض الأحوال إجراء تجارب عند درجات حرارة محددة مما يستلزم الحصول على وسيلة مناسبة. وجهاز تنظيم حرارة المياه الفائق عبارة عن حمام مائي مزود بترمومتر(بكمان) لقياس وضبط درجات الحرارة بدقة فائقة للحصول على درجة الحرارة المطلوبة ويمكن وضع إناء التفاعل مباشرة فى الحمام المائي أو بدفعة إلى خلية التفاعل خارجيا وإعادة تدوير المياه.

شكل رقم (٧-١٠)
جهازالتنظيم الفائق لحرارة المياه

٢. التجفيف (المجففات الزجاجية) Glass Desiccators

المجففات الزجاجية هى أوعية مصنوعة من زجاج سميك الجدران على شكل جرس مقلوب مكونة من غرفتين تستخدم لحماية المواد الكيميائية الحساسة من الرطوبة والمواد القابلة للتميؤ. والغرفة السفلية مخصصة لوضع مادة التجفيف والغرفة العلوية لوضع المادة المراد تجفيفها على حاجز من البورسلين ولها غطاء محكم يمكن تثبيته باستخدام الشحم المعملى أو يصنع بحيث لا يتطلب استخدام الشحم وبعض هذه المجففات أغطيتها مزودة بصنبور لإمكانية توصيلها بمضخة تفريغ. وهناك أيضا مجففات مصنوعة

من مبلمر البولى اكريليك الشفاف تستخدم لنفس الغرض. وتستخدم مواد مجففة مناسبة مثل جل السيليكا أو كلوريد الكوبلت اللامائي أو كلوريد الكالسيوم اللامائى اوالجير الحى.

شكل رقم (٧-١١)
المجففات الزجاجية

٣. الاستخلاص
Extraction

هى طريقة لفصل المواد بعضها عن بعض اعتمادا على قابليتها للذوبان النسبى فى وسطين سائلين مختلفين لا يمتزجان كالماء ومذيب عضوى. ويعرف ذلك باستخلاص سائل – سائل (Liquid – Liquid Extraction) ويستخدم لذلك عادة قمع فصل زجاجى شكل رقم (٧-١٢). ويستدل بقيمة معامل التوزيع على كمية المادة المستخلصة. وتستخلص المواد العضوية الملوثة من الماء وكذلك المبيدات باستخدام مذيب عضوى مثل كلوريد الميثيلين ويمكن إجراء هذه الطريقة مرتين أو أكثر لضمان تمام الفصل ثم تفصل الطبقة العضوية وتجفف على كبريتات الصوديوم اللامائي وترشح ويجرى قياسها. وفى بعض الأحوال يضاف الى قمع الفصل مركب عضوي أو غير عضوي قادر على تكوين مركبات كارهة للماء مع العنصر المراد فصله فيساعد على استخلاصه فى المذيب العضوى كليا أو إنتقائيا.

وتستخدم أيضا طريقة الاستخلاص على وسط صلب (Solid Phase Extraction) الموضحة بالشكل رقم (٧-١٢ ب) حيث تستخدم أعمدة تحتوي مواد صلبة (صنف ثابت) لها قابلية عالية لإمتصاص المواد المراد فصلها بطريقة الإدمصاص أو التبادل الأيونى. ثم يغسل عمود الفصل بمذيب غير قطبى أو ذو قطبية ضعيفة ثم بالماء أو محلول منظم ثم تمرر العينة فيحتجز المادة المراد فصلها وتمر المواد الأخرى غير المرغوب فيها إلى خارج عمود الفصل. يغسل العمود بمذيب أو محلول منظم مناسب للتخلص من بقايا المواد المصاحبة غير المرغوبة وبعدها يضاف مذيب غير قطبى أو محلول منظم ذو رقم أيدروجينى مناسب لاسترجاع المادة المطلوبة لإجراء التحاليل. وتتميز الطريقة بسهولتها وفاعليتها.

(ب) **(أ)**

شكل رقم (٧-١٢)
قمع الفصل المستخدم فى الاستخلاص (سائل/سائل) (أ)
وأعمدة الفصل المستخدمة فى الاستخلاص (صلب/سائل) (ب)

٤. الترشيح Filtration هى عملية فصل فيزيائى للمواد الصلبة من محاليل تحتوى مواد عالقة أو رواسب. ويتطلب ذلك استخدام قمع ترشيح زجاجى أو بلاستيكى (Buchner Funnel) مزود بوسط ترشيح (ورق ترشيح أو قرص ترشيح زجاجى) وقارورة ترشيح زجاجية أو بلاستيكية (Buchner Flask) من مادة البولى

بروبيلين لها ذراع لتوصيلها إلى وسيلة سحب (مضخة مائية أو مضخة تفريغ) كما هو موضح بالشكل رقم (٧-١٣). ويتوقف نوع وسط الترشيح على حجم حبيبات المادة الصلبة المراد فصلها وطبيعتها وسرعة السريان المطلوبة وهذه الأوساط منها ما هو سيليلوزى ومنها ما هو بلاستيكى ومنها ما هو زجاجى ذو ثقوب أو فتحات بأحجام مختلفة. وتستخدم فى فصل الرواسب وتقدير المواد الصلبة العالقة والبكتيريا فى الماء أو فى التخلص من الرواسب.

شكل رقم (٧-١٣)
الأدوات المستخدمة فى الترشيح

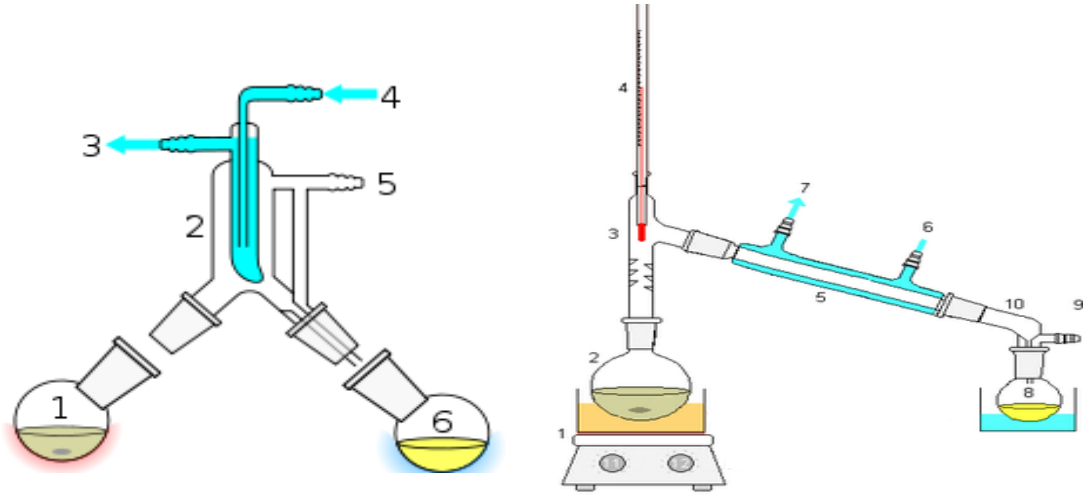
٥. التقطير
Distillation

هى طريقة فيزيائية لفصل مواد سائلة من مخلوط سائل اعتمادا على تطايرها بالتسخين. وهى أنواع مختلفة مثل:

- التقطير تحت الضغط الجوي العادى. شكل رقم (٧-١٤).
- التقطير باستخدام الممر القصير
- التقطير باستخدام التفريغ (تحت ضغط منخفض).
- التقطير التجزيئ. شكل رقم (٧-١٥ أ).
- التقطير البخارى. شكل رقم (٧-١٥ ب).
- التقطير الغشائي.

ويتطلب ذلك: استخدام وعاء تسخين ومكثف للأبخرة ومصدر تسخين واناء استقبال للمادة المقطرة ومولد للبخار وعمود تجزئة وأغشية فصل ومضخة تفريغ وترمومتر. ويعتمد اختيار هذه المكونات على طريقة الفصل المطلوبة. وتصلح طريقة التقطير تحت الضغط الجوي العادى لفصل مكونات متطايرة درجة غليانها أقل من درجة حرارة تكسرها من مواد غير متطايرة صلبة أو من زيوت. أو من مواد أخرى الفرق بين درجة غليانهما أكبر من ٢٥°م. وتصلح طريقة التقطير باستخدام الممر القصير لنفس الغرض ولكن لكميات صغيرمن المادة. أما طريقة التقطير باستخدام التفريغ (تحت ضغط منخفض) فتستخدم لفصل مركبات تتكسر عند درجة غليانها تحت الضغط الجوى المعتاد ويؤدى استخدام التفريغ الى خفض درجة الغليان إلى حد كبير مما يؤدى الى تمام عملية الفصل دون تكسر المادة المراد فصلها.

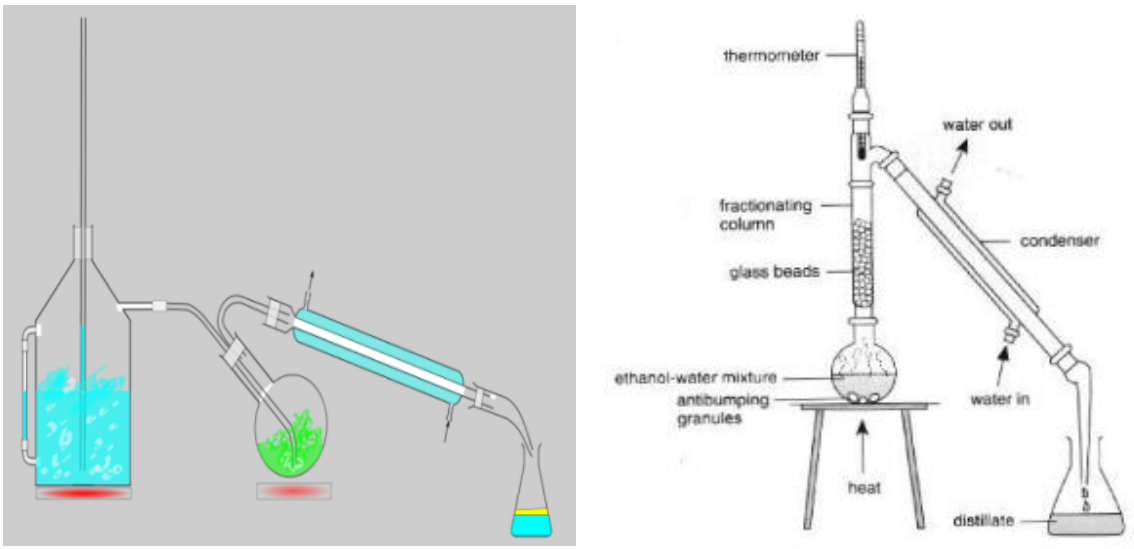
وتستخدم طريقة التقطير التجزيئ فى فصل عدة مكونات للمخلوط بعضها عن بعض وذلك بتكرار دورة التبخير والتكثيف باستخدام عمود تجزئة. وتستخدم طريقة التقطير البخارى التقطير البخارى لفصل مركبات حساسة للحرارة وذلك بإمرار بخار الماء خلال المخلوط المسخن حيث تتطاير المادة المراد فصلها مع البخار فتبرد وتجمع. والأجهزة المستخدمة جميعها يمكن أن تكون بأحجام مختلفة وفقا لكمية المخلوط المطلوب تقطيره.



(ب) (أ)

شكل رقم (٧-١٤)

أجهزة التقطير تحت الضغط الجوى العادى (أ) باستخدام المكثف (ب) باستخدام الممر القصير.



(ب) البخارى **(أ) التجزيئى**

شكل رقم (٧-١٥)

أجهزة التقطير

الفصل الثامن

التحاليل الكيميائية لمياه الشرب

الفصل الثامن

التحاليل الكيميائية لمياه الشرب

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـى أن:

- يذكر أنواع التحاليل التى تجرى على المياه.
- يحدد أنواع وطبيعة المواد التى يجرى تحليلها فى المياه.
- يعبر عن نتائج التحاليل بالوحدات الفيزيائية والكيميائية.
- يشرح أنواع التحاليل الكيميائية والفيزيائية المختلفة ومدلولاتها وكيفية إجراء كل تحليل منها.
- يذكر أسس قياس بعض نتائج التحاليل.
- يحدد الاحتياطات التى يجب اتخاذها عند إجراء التحاليل المختلفة.
- يفسر أسباب التغير فى بعض القياسيات وتأثير ذلك على المعالجة.
- يعرف معنى بعض التحاليل والمصطلحات المستخدمة وأهمية إجراء هذه التحاليل.
- يتعرف على صلاحية المياه بناءاً على دلالات نتائج الاختبارات الرئيسية لمياه الشرب

أنواع التحاليل التى تجرى على المياه

تجرى عادة اختبارات على أنواع المياه المختلفة ومنها مياه الشرب لتحديد محتواها من المواد العضوية وغير العضوية. وتستخدم عادة أجهزة قياس مثل جهاز قياس الطيف الضوئى، وأجهزة قياس الجهد والتوصيل الكهربى، بالإضافة إلى الطرق التقليدية مثل المعايرة الحجمية أو الطرق الوزنية.

توجد أربعة أنواع من التحاليل التى تجرى على المياه هى:
التحاليل الفيزيائية، والتحاليل الإشعاعية، والتحاليل الكيميائية، والتحاليل البيولوجية.

التحاليل الفيزيائية

- درجة الحرارة
- الرائحة
- الطعم
- اللون
- العكارة
- الأس الأيدروجينى.
- التوصيل الكهربى

التحاليل الإشعاعية

المواد المشعة (مشتقات من فصيلة ألفا، بيتا).

التحاليل الكيميائية

- المواد العضوية (الزيوت - الدهون – الشحوم - الفينول – المبيدات - المنظفات الصناعية - المبيدات الحشرية - المركبات العضوية المتطايرة - المركبات العضوية الحامضية أو القاعدية).
- مركبات الكبريت غير العضوية (كبريتيد - كبريتات).
- مركبات النيتروجين غير العضوية (نترات – نيتريت – أمونيا - سيانيد).

- مركبات الفوسفور غير العضوية (فوسفات).
- مركبات الهالوجين غير العضوية (كلور - كلوريد - فلوريد).
- الكربونات والبيكربونات والسليكات.
- العناصر الفلزية (صوديوم – بوتاسيوم - كالسيوم - ماغنسيوم – باريوم – كروم – نحاس – حديد – منجنيز – زنك – نيكل - كوبلت – زئبق – فضة – رصاص - زرنيخ).

التحاليل البيولوجية

- القولونيات الكلية.
- القولونيات الغائطية.
- الطفيليات الأولية.
- الطحالب والفطريات.

التحاليل الكيميائية والفيزيائية

١. درجة الحرارة
Temperature

تقاس درجة الحرارة بدرجة السيليزيوس (مئوية) أو الفهرنهيت والعلاقة بينها كالتالى ((°C = 5/9 (°F- 32)) ويمكن استخدام الترمومتر الزئبقى فى القياس ويجب أن يكون تدريجه يسمح بقراءة ٠.١°م كما يمكن استخدام محس الحرارة الموجود فى أجهزة قياس الأس الأيدروجينى لهذا الغرض. وتسجل النتيجة الرقمية أو قراءة الترمومتر. وتعتبر درجة الحرارة هامة فى بعض القياسات مثل قياس الرقم الأيدروجينى أو التوصيل الكهربى الذى تتأثر قيمتهما بتغير درجة الحرارة ويجب تسجيل درجة الحرارة التى تم عندها القياس.

دلالة الاختبار

يعتبر اختبار درجة الحرارة من الاختبارات المهمة، حيث يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى التأثير على التفاعلات الكيميائية، وسرعتها وصلاحية المياه للاستخدام، كما تؤثر على الحياة المائية، لأن ارتفاع درجة الحرارة

يقلل من الأكسجين المذاب (DO). ولمعرفة مدى تأثير التغير في درجة حرارة المياه على المعالجة نلاحظ الآتي:

الزيادة في درجة حرارة المياه يزيد من سرعة تفاعل المواد الكيماوية المروبة مع العوالق والمواد الموجودة بالمياه وانخفاضها يقلل من سرعة التفاعل، لذلك نجد أن هناك زيادة في استهلاك المواد الكيميائية في وقت الشتاء ويقل في وقت الصيف وربما يصل الأمر إلى الزيادة في الليل عنه في النهار.

أما بالنسبة للكلور فإن الاستهلاك يزيد في الصيف ويقل في وقت الشتاء لزيادة الملوثات العضوية وكذلك نتيجة لعمليات البخر.

٢. التوصيل الكهربي Electrical Conductivity (EC)

أساس القياس:

يتفاوت قياس التوصيل الكهربي نتيجة ذوبان بعض الأملاح المعدنية فى الماء ويمكن استخدام قيم التوصيل الكهربي فى معرفة كمية المواد الذائبة . وتؤثر درجة الحرارة فى قراءة التوصيل الكهربى كما هو مبين من المعادلة الآتية والتى يجب أخذها فى الإعتبار والحسابات. وجهاز قياس التوصيل يحتوى على مقياس لأكثر من مدى ويجب استخدام المدى المناسب والتحول إلى المدى الآخر إذا لم يكن المدي المستخدم مناسبا:

طريقة الحساب:

$$\text{Conductivity at } 25^{\circ}\text{C} = \frac{Conductivity \quad \text{Re}ading \quad (ms/m \quad or \quad \mu \quad mho/cm)}{1 \quad + \quad 0.0191 \quad (T-25)}$$

حيث:

T: هى درجة الحرارة التى يجرى عندها القياس.

وحدة القياس: (ms/m) وهى Milli Siemens/meter

الاحتياطات:

١. تحفظ الخلية أو أقطاب التوصيل فى ماء مقطر فى فترة عدم الاستخدام.
٢. تسجل درجة الحرارة ويجرى تصحيح للقيم المقروءة.

٣. تجرى معايرة للخلية المستخدمة.
٤. يستخدم ماء توصيل (Conductivity Water) عند تحضير المحاليل القياسية.
٥. يجرى قياس التوصيل بأسرع ما يمكن.

دلالة الاختبار

التوصيل الكهربي، هو رقم للتعبير عن قابلية المحلول المائي على توصيل التيار الكهربي، وهذه القدرة تعتمد على وجود الأملاح، وتركيزها، وتكافؤات أيوناتها المعدنية ويمكن استخدام قيم التوصيل الكهربي فى معرفة كمية المواد الذائبة، ومعامل التحويل يتراوح بين ٠.٥٥ إلى ٠.٩. وعند ضرب قيمة التوصيل الكهربي (ميكروأوم/سم) فى هذا المعامل ينتج كمية المواد الذائبة (مجم/لتر). ويتراوح التوصيل الكهربي للمياه الصالحة للشرب من ٥٠ إلى ١٥٠٠ مللى أو/سم.

٣. العكارة
Turbidity

تعريف العكارة

العكارة هو تعبير مبسط لعتامة المياه الطبيعية "Cloudiness" وتعتمد طريقة قياس العكارة على مقارنة كمية الضوء الذي يتشتت عند سقوطه على محلول معلق قياسى (فورمازين) بكمية الضوء المشتت عند استخدام العينة وكلما زادت العكارة ازداد التشتت.

ويحضر محلول الفورمازين من مخلوط كبريتات الهيدرازين Hydrazine Sulfate $(H_2N)_2H_2SO_4$ والهكسامين Hexamethylene-tetramine . $(CH_2)_6N_4$

تأثير العكارة على مراحل التنقية

تسبب زيادة العكارة الأضرار التالية:

- انسداد المرشحات أثناء عملية التنقية وتكرار عمليات الغسيل.
- زيادة تكون الروبة والرواسب في المروقات وخزانات المياه.
- انخفاض كفاءة المعالجة وارتفاع درجة تعكر المياه للمراحل المختلفة.
- زيادة استهلاك الكيماويات.

التأثير على الصحة العامة:

طالما توجد جسيمات تعكر المياه فإنها تكون مخابئ تلجأ إليها الكائنات الحية للهروب من تأثير الكلور عليها فلا يتم التطهير الكامل وتصل هذه الكائنـات للمستهلك وتصيبه بالأمراض، لذا حددت المواصـفات القياسـية ان أقصـى مستويات للعكارة في مياه الشرب تكون وحدة واحدة N.T.U.

طرق قياس العكارة:

يتم قياس العكارة باستخدام جهاز "قياس العكارة" المسمى (Turbidity Meter) وتقاس العينة مباشرة على الجهاز باستخدام خلية زجاجية تصب بها العينـة بعد تقليبها بلطف جيداً وبعد معايرة الجهاز بالمحلول القياسـي ذو العكـارة المعلومة. ووحدة القياس هى N.T.U. (وحدة العكارة النيفلوميترية).

الاحتياطات:

١. استعمال زجاجات نظيفة تمامًا.
٢. التأكد من خلو عينة القياس من فقاعات الهواء.

طريقة الحساب:

$$\text{Sample NTU} = \frac{\text{NTU measured}}{\text{Proportion of sample in dilution}}$$

وحدة القياس: NTU وهى (Nephelometric Turbidity Units)

طرق التخلص من العكارة:

يتم التخلص من العكارة بالترسيب الطبيعي أو بالترسيب بمساعدة المروبات في أحواض الترويق ثم المرشحات.

دلالة الاختبار:

يتسبب وجود مواد عالقة فى المياه فى تعكيرها، وهذه المواد مثل الطمي، والمواد العضوية، وغير العضوية الدقيقة، والمواد العضوية الذائبة،

والكائنات الميكروسكوبية. وصفاء الماء عنصر هام فى تحديد صلاحية نوعية المياه التى يستخدمها الإنسان. ولقد اقترحت منظمة الصحة العالمية (WHO) أن العكارة يجب أن تكون أقل من ٥ وحدات. وطبقًا للتشريعات المصرية فإنه يجب ألا يزيد مستوى العكارة فى مياه الشرب عن وحدة واحدة NTU. ويجب التأكيد على أن ارتفاع عكارة المياه يؤدى إلى استهلاك مزيد من مواد الترويب (الشبة) والتطهير (الكلور).

٤. الأس (الرقم) الأيدروجيني pH

المقصود بالرقم الهيدروجينى:

هو تعبير عن شدة قاعدية أو حمضية المياه ويرمز له بالرمز pH وبالتعريف الحسابي هي سالب لوغاريتم تركيز أيـون الهيـدورجين $pH = - Log [H^+]$ ومعظم المياه تتراوح قيمتها ما بين (٦-٩) وتكون المياه حمضية إذا كانـت ايونات الهيدروجين (H^+) أكثر من أيونات الهيدروكسـيد (OH^-) وقلويـة إذا حدث العكس ومتعادلا اذا تساوت القيمتان . وتوجد علاقة أساسية مابين الرقم الهيدروجينى والحموضة والقلوية. والماء الحمضي هو الذي يسبب تآكلا في المعدات أما الماء القلوي فيرسب قشوراً.

$[pH] + [pOH] = 1$

أسباب التغير في الرقم الهيدروجيني للمياه وتأثير ذلك على المعالجة:

- وجود الملوثات الزراعية وبعض المخلفات الصناعية فـي الميـاه مثـل الأملاح غير العضوية والأحماض والقواعد والمواد العضـوية والمـواد العالقة والمواد المسببة للرغوة... ألخ تغير من الرقم الهيدروجينى للمياه.
- تعتمد معظم العمليات التي تتم بالمحطـات علـى الـرقم الهيـدروجيني المناسب بالإضافة إلى أن عمليات المتابعة في مراحل المعالجة يمكن أن تساعد في معرفة أي مشاكل موجودة في كل مرحلة، كما يلعـب الـرقم الهيدروجيني دور كبيراً في حسابات معامل التشبع للمياه (LSI).

طرق قياس الأس الهيدروجينى:

١. باستخدام شرائط قياس الرقم الهيدروجيني اللونية
٢. باستخدام الأجهزة:

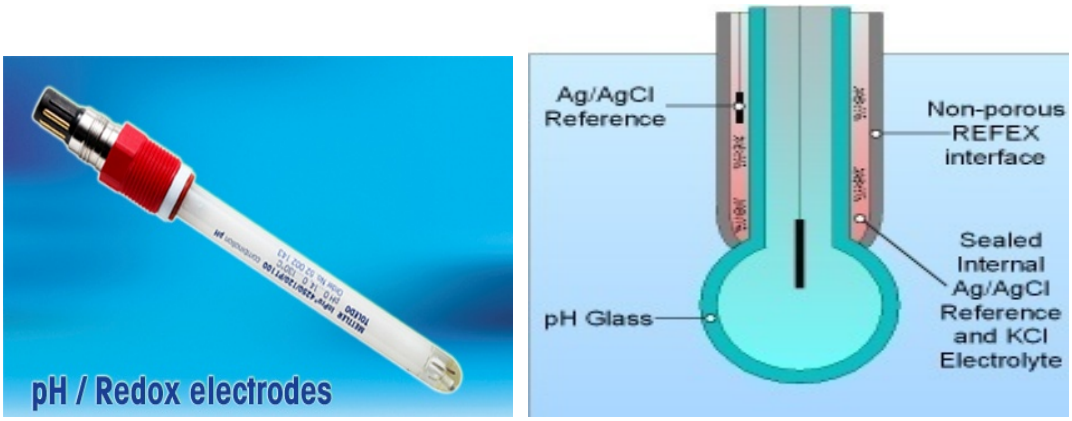
- جهاز قياس الرقم الهيدروجيني ذو القطب الزجاجى كما هو موضـح بالشكل رقم (٨-١).
- جهاز مقارنة لونية باستخدام الدلائل الكيميائية.

جمع العينات:

يجب أن يقاس الرقم الهيدروجيني في موقع جمع العينة وإذا تعذر ذلك تجرى عملية القياس بأسرع ما يمكن من وقت أخذ العينة وتجمع العينة فـى وعـاء زجاجى أو بلاستيك نظيف ويجب عدم إضافة مواد حافظة.

خطوات التشغيل القياسية لجهاز pH:

يقدر الرقم الأيدروجينى بقياس الجهد الناشئ بين قطبين أحـدهما يسـتجيب لأيون الأيدروجين (قطب زجاجى – Glass Electrode) وآخر قطب مرجعى (Reference Electrode) وذلك عند غمر القطبين فى محلول العينـة المـراد قياس رقمها الأيدروجينى.



شكل رقم (٨-١)
الأقطاب الزجاجية لجهاز pH

- وكل وحدة رقم أيدروجين pH = ٥٨.١٦ ملى فولت عند درجة حرارة ٢٥°م.
- تغسل الأقطاب بالماء المقطر وتجفف قبل إجراء القياس.

- يضبط جهاز القياس عند درجة حرارة العينة المقاسة يدويًا أو أوتوماتيكيًـا، ويعاير باستخدام المحاليل المنظمة Buffer Solution (pH7. pH4. pH10) وطبقًا لكتالوج الجهاز.
- يراعى ملء المحلول الداخلي للقطب المرجعي حتى المستوى المناسب.
- يقاس الأس الايدروجيني للمحاليل قبل إضافة مواد حافظة لها.
- يعاير الجهاز قبل القياس باستخدام محاليل منظمة قياسية.
- تترك الأقطاب مغمورة في الماء المقطر بعد القياس.
- يتم قراءة قياس العينة مباشرة بعد غمر الألكترود في العينة (بعد ثبات القراءة خلال ٣٠ ثانية).
- يسجل الأس الأيدروجيني فى موقع أخذ العينة أو بمجرد استلامها.
- تسجل درجة الحرارة التى تم عندها القياس حيث تعتمد قيمـة الـرقم الهيدروجينى على درجة الحرارة.

دلالة الاختبار:

يعتبر قياس الأس الهيدروجيني pH من أهم المعايير، وأكثرها استخداماً فـى التحقق من نوعية المياه، ويستخدم هذا الأس فى حسـابات القلويـة، وثـاني أكسـيد الكربـون، والتوازنـات الحامضـية والقاعديـة. ويتـراوح الأس الايدروجيني الطبيعي للمياه عادة بين ٤ و ٩، وتميل معظمها إلـى القلويـة لوجود البيكربونات والكربونات لبعض عناصر الأقلاء والأقلاء الأرضـية. ومستوى الأس الأيدروجينى فى مياه الشرب يجب أن يتراوح بـين ٦.٥ و ٨.٥.

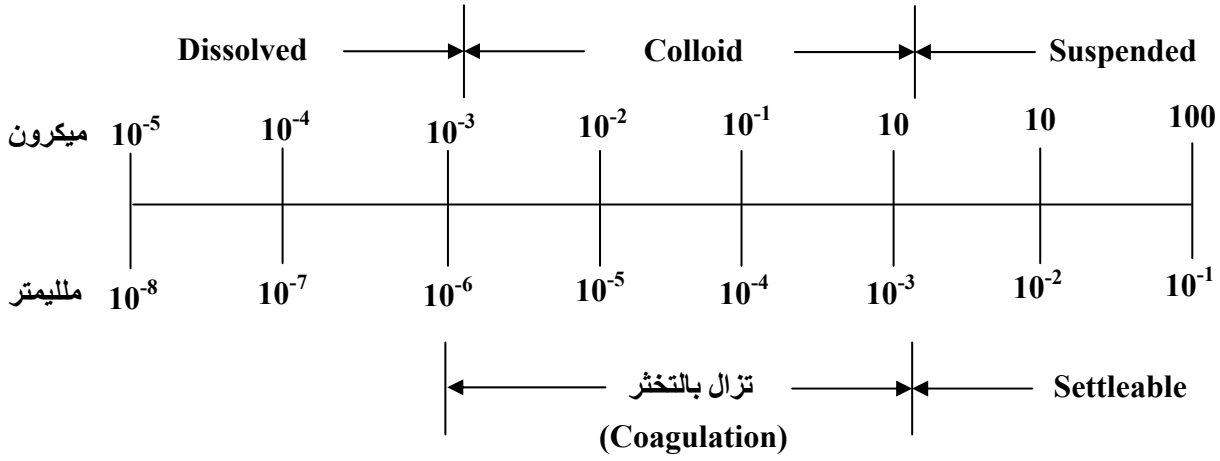
٥. المواد الصلبة
Solids

تختلف تركيزات كمية المواد الصلبة الكلية فى مياه الشرب. ومحتوى الميـاه من المواد الصلبة يقاس بتبخير لتر واحد من المياه عند ١٠٣م – ١٠٥م، ثم وزن كتلة المواد الصلبة المتبقية. وتصنف المواد الصلبة (شكل ٧-٢) إلى:

أ. مواد عالقة Suspended، وهى المواد التى لا يقل نصف قطرهـا عـن ١ ميكرون على الأقل.

ب. مواد قابلة للترسيب Settleable، وهى التى تترسب فى قـاع مخـروط إمهوف (Imhoff Cone) فى فترة زمنية مقدارها ساعة، وهى مقياس لمـا يمكن إزالته بالترسيب.

ج. مواد ذائبة أو قابلة للترشيح Filterable or Dissolved، وهذه المواد إما أن تكون غروية (نصف قطر حبيباتها يتراوح بين ١ مللي ميكرون إلـى ١ ميكرون) أو مواد ذائبة كلياً. وكلما زادت كمية الأمـلاح الذائبـة، كلمـا ساءت نوعية المياه للاستخدام الآدمي. لذلك فـإن تركيـزاً قـدره ٥٠٠ ملليجرام/لتر يعتبر مستوى معقولاً فى مياه الشرب. وتحسب هذه الكميـة بتبخير لتر من الماء بعد ترشيحه، ووزن الراسب المتكون.



شكل رقم (٨-٢)
أنواع المواد الصلبة

والغرويات، لا يمكن إزالتها بالترسيب، ولكن تفصل بالأكسدة البيولوجيـة أو التخثر.

ويمكن تصنيف أنواع المواد الصلبة السابق ذكرها علـى أسـاس وزن مـا يتطاير منها بالتسخين عند درجة حرارة ٦٠٠ °م، حيث يتم أكسـدة الجـزء العضوي، وتطايره مخلفاً الجزء غير العضوي.

تقدير المواد الصلبة الكلية Total Solids:

تجمع العينات فى عبوات بلاستيك أو زجاج بشرط عدم التصاق المواد العالقة على جدرانها وتجرى التحاليل فور جمع العينة لعدم امكانية إضـافة مـواد حافظة وتحفظ العينة من لحظة جمعها إلى وقت تحليلها (خلال ٢٤ سـاعة) عند درجة حرارة ٤°م لتقليل التحال البكتيرى للمواد الصلبة.

يقاس محتوى المياه من المواد الصلبة الكلية بنقل لتر واحد أو حجم مناسب من المياه بعد رجها جيدا إلى كأس زجاجى أو بوتقة بورسلين جافة سـبق وزنها. يجرى تبخير للعينة على قرص تسخين حتى قرب الجفاف ثم توضع فى فرن تجفيف كهربائي عند ١٠٣ – ١٠٥°م لمدة ساعة على الأقل حتـى تمام الجفاف. ثم يوزن الكأس و يعاد التسخين والوزن حتى يثبت الوزن.

المواد الصلبة الكلية (ملليجرام/ لتر) = (أ – ب) × ١٠٠٠/ ج

حيث:

أ = وزن الكأس + الراسب

ب = وزن الكأس فارغا

ج = حجم العينة المستخدمة بالملليلتر

تقدير المواد الصلبة الذائبة Dissolved Solids:

ينقل حجم معلوم مناسب من العينة بعد رجها جيدا إلى بوتقة ترشيح سـبق وزنها و متصلة بجهاز ترشيح وترشح العينة. ينقل الرشيح إلى كأس زجاجى أو بوتقة بورسلين وتوضع البوتقة أو الكأس على قرص تسخين او فى فـرن كهربى عند درجة حرارة ١٨٠°م لمدة ساعة على الأقل ثم تـوزن البوتقـة. يعاد التسخين والوزن حتى يثبت الوزن.

المواد الصلبة الذائبة (ملليجرام/ لتر) = (أ – ب) × ١٠٠٠/ ج

حيث:

أ = وزن البوتقة + الراسب

ب = وزن البوتقة فارغة

ج = حجم العينة المستخدمة بالملليلتر

تقدير المواد الصلبة العالقة Suspended Solids:

ينقل حجم معلوم مناسب من العينة بعد رجها جيدا إلى بوتقة ترشيح سـبق وزنها و متصلة بجهاز ترشيح وترشح العينة. يغسل الراسب بقليل من الماء المقطر وتوضع البوتقة المحتوية على الراسب فى فرن تجفيف كهربى عنـد درجة حرارة ١٠٣ – ١٠٥ ٠م لمدة ساعة على الأقل ثم توزن البوتقة. يعاد التسخين والتبريد والوزن حتى يثبت الوزن.

المواد الصلبة العالقة (ملليجرام/ لتر) = (أ – ب) × ١٠٠٠/ ج

حيث:

أ = وزن البوتقة + الراسب

ب = وزن البوتقة فارغة

ج =حجم العينة المستخدمة بالمليلتر

٦. عسر المياه
Water Hardness

التعريف بعسر المياه وأنواعه

يعرف عسر المياه باحتواء الماء على عنصرى الكالسيوم والمغنسيوم ويعبر عنه بتركيز كربونات كالسيوم (مجم/ لتر) وينعكس فى عدم قدرة الماء على تكوين رغوة مع الصابون وينقسم العسر إلى نوعين:

أ. عسر مؤقت: بسبب وجود أملاح بيكربونات (الكالسيوم/ المغنسيوم) والتي تذيبها المياه المحتوية على ثاني أكسيد الكربون.

ب. عسر دائم: بسبب أملاح كبريتات وكلوريـدات الكالسـيوم أو كبريتـات وكلوريدات المغنسيوم والتي تذوب بصورة طبيعية في المياه طالما وجدت هذه الأملاح في التربة التي تمر بها المياه.

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + CO_2 + H_2O$$

وفى حين يمكن التخلص من العسر المؤقت بتسخين المياه لتحويل بيكربونات الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة إلى كربونات الكالسيوم والمغنسيوم غير الذائبـة فإنه يصعب التخلص من العسر الدائم حيث لا يؤثر التسخين على كلوريدات وكبريتات الكالسيوم والمغنسيوم و يمكن التخلص من العسر الدائم بوسـائل

وتقنيات أخرى مثل التبخير ثم التكثيف و التناضح العكسى (RO). واستخدام المبادلات الأيونية.

تأثير العسر فى عمليات التنقية

يسبب العسر المؤقت تكوين طبقات من القشور داخل مواسير المياه بالإضافة إلى أن المياه العسرة تسبب مشاكل في التنقية، ولا يمكن التخلص منها في المراحل الأولية بالطرق التقليدية المتبعة.

طريقة القياس

يتم قياس عسر المياه بالطريقة الحجمية للمعايرة وذلك باستخدام محلول إيديتا (ايثيلين ثنائي امين رباعى خلات الصوديوم) E.D.T.A في وسط قلوي من المحلول وتقاس ككربونات كالسيوم، ويبين قرار وزير الصحة والسكان رقم (٤٥٨) لسنة ٢٠٠٧ بشأن الحدود القصوى للمعايير والمواصفات الواجب توافرها فى المياه الصالحة للشرب والاستخدام المنزلى ان الحد الأقصى المسموح به للعسر الكلى بالمياه هو ٥٠٠ ملليجم/ لتر ($as\ CaCO_3$).

قياس عسر المياه عملياً بالطريقة الكيميائية:

يتم القياس عن طريق المعايرة باستخدام محلول قياس من الإيـديتا E.D.T.A في وجود دليل إيروكروم بلاك تى EBT في العسر الكلي ودليل ميروكسـيد Murexide في عسر الكالسيوم فى وجود محلول منظم. ويعبر عـن العسـر بتركيز كربونات الكالسيوم:

كربونات الكالسيوم ملليجرام/ لتر = حجم EDTA × عيارية EDTA × 50000 / حجم العينة

دلالة الاختبار:

توجد الأملاح المسببة لعسر المياه بتركيزات متفاوتة تزيد عادة فـي الميـاه الجوفية حسب مكونات طبقات التربة التي تمر خلالها المياه ويسمح بتركيـز مقداره ٠.٤ مجم مكافئ لكل كيلوجرام من العسر للاستخدام الصـناعي فـى

الغلايات، وأعلى مستوى يسمح به من العسر الكلي هو ١٠٠ مجم/ لتر، بحد أقصى ٥٠٠ مجم/لتر من كربونات الكالسيوم.

٧. القلوية
Alkalinity

تعريف القلوية:

هي مقدرة المياه على معادلة الأحماض المضافة إليها أو هي مقياس لمدى قدرة الأيونات السالبة الموجودة بالمياه على معادلة الأيونات الموجبة المضافة. وتحسب قلوية المياه بإضافة حمض الكبريتيك فى وجود دليلي الفينولفثالين والميثيل البرتقالي.

أسباب ارتفاع وانخفاض القلوية:

إذا مرت المياه السطحية أو الجوفية على صخور جيرية فإنها تصبح عالية القلوية وكذلك تتأثر القلوية ببعض الملوثات ارتفاعاً أو انخفاضاً حسب نوعية الملوثات الصناعية إذا كانت ذات طبيعة حمضية أو قاعدية.

طريقة التحليل:

تستخدم طرق المعايرة باستخدام الكواشف (الاتزان بين القاعدة والحمض) أو المعايرة الجهدية باستخدام قطبى الزجاج والمرجع. وتتم معايرة حجم معلوم من العينة في دورق زجاجي بحمض قياسى معلوم التركيز (حمض كبريتيك ٠.٠٢ عياري) مع استخدام دليل الميثيل البرتقإلى للوصول إلى نقطة التعادل. وقد تستخدم طريقة المعايرة الجهدية باستخدام قطبى الزجاج والقطب المرجع (:كالوميل أو فضة /كلوريد فضة) ومعايرة المحلول حتى يصل إلى أس ايدروجيني ٤.٥، وفى حالة المياه المحتوية على نسبة عالية من الأحماض يعاير حتى تصل إلى أس أيدروجيني ٣.٩.

طريقة الحساب:

$$Alkalinity = \frac{A \quad x \quad N \quad x \quad 50{,}000}{ml \quad sample}$$

حيث:

A = حجم الحامض المستخدم فى المعايرة.

N = عيارية الحامض المستخدم فى المعايرة.

وحدة القياس: ($mg/L\ CaCO_3$)

جمع العينات:

تجمع العينات في أوعية زجاجية أو بلاستيك سعة ٢٥٠ مللي أو أكثر وتحفظ عند ٤° م وتحلل خلال ٢٤ ساعة وقد تصل إلى أسبوعين.

الاحتياطات:

- تحفظ عبوات العينات عند درجة حـرارة ٤ ٠ م ولا تفـتح إلا قبـل التحليل.
- لا يجب ترشيح أو تخفيف أو تركيز عينة القياس.
- التأكد من غياب زيوت أو شحوم بدرجة عالية.

دلالة الاختبار:

تعزى قلوية المياه لوجود هيدروكسيدات – كربونات – بيكربونـات بعـض عناصر الأقلاء، ويؤدى ارتفاع قلوية المياه إلى تزايد التكـاثر البيولـوجي. وليست هناك أضرار صحية على شرب المياه المحتوية على قلويـة حتـى ٤٠٠ مجم/ لتر.

٨. الفوسفات

أساس الطريقة:

يقاس الأرثوفوسفات بتفاعله مع موليبدات الأمونيوم أو حمض فانيدوموليبدك لتعطى فوسفوموليبدات أو فوسفو فانيدوموليبدات الذي إما ان يقاس مباشـرة عند طول موجى من ٤٠٠ إلى ٤٩٠ نانومتر أو يـتم اختزالـه باسـتخدام حمض الأسكوربيك أو الهيدرازين أو كلوريد القصدير الثنائي $SnCl_2$ ليعطي لوناً أزرق يعرف بأزرق الموليبدنم الذي يقاس امتصاص كثافته الضوئية عند طول موجى ٦٥٠ - ٨٨٠ نانومتر باستخدام جهاز قياس طيف الامتصـاص المرئي (سبكتروفوتومتر) كما يمكـن قيـاس الفوسـفات باسـتخدام جهـاز

كروماتوجرافيا الأيونات. وتقاس الفوسفات الكلية وهى العضوية وغير العضوية بإجراء عملية هضم مسبقة لتحويل الفوسفور العضوي إلى أرثوفوسفات الذي يقدرمع الفوسفات غير العضوية بطريقة أزرق الموليبدنم أو جهاز كروماتوجرافيا الأيونات.

الاحتياطات:

١. الأخذ فى الاعتبار أن وجود الزرنيخات يؤثر على النتائج.
٢. وجود الكبريتيد يتداخل ويؤثر على النتائج ويجب أكسدته بواسطة برمنجانات البوتاسيوم متبوعة بحمض الاسكوربيك.
٣. وجود الكرومات (الكروم السداسي) يؤثر على النتائج ويجب التخلص منه بواسطة حمض الاسكوربيك.

طريقة الحساب:

$$\text{Phosphate} - \text{P}\ (\mu\text{ g P/L}) = \frac{\mu\ P\ measured\ x\ 1000}{sample\ volume\ (ml)}$$

وحدة القياس: (µg P/L) أو (mg P/L).

دلالة الاختبار:

يوجد الفوسفات فى الصورة الذائبة، وفى صورة مركبات عضوية فوسفورية فى بعض الكائنات وكمية الفوسفات فى المياه العذبة قليلة جداً، وتتفاوت مع فصول العام ووجودها يدل على تلوث زراعى من الأسمدة أو تلوث صناعى وتعتبر المنظفات الصناعية من أهم المصادر الناتجة عن النشاط الآدمى. ولا تحتوى المواصفة المصرية لمياه الشرب على حدود محددة مسموح بها لتواجد الفوسفات فى مياه الشرب. ويمكن اعتبار الحد الأقصى المسموح به ١ ميلليجرام/ لتر فى ضوء التركيز الأقصى المسموح به للصرف على مياه نهر النيل.

٩. النيتريت

أساس الطريقة:

تعتمد الطريقة علي تفاعل النيتريت في وسط حامضي قوى مـع سـلفينيلميد ليعطى ملح ديازونيوم الذي يضاف له محلول N (١. نافثيل) – إيثيلين ثنائي أمين داي هيدروكلوريد لتتكون صبغة الآزو ذات اللون الأحمر الذي يقـاس كثافته الضوئية عند ٥٤٠ نانومتر والطريقة حساسة وتستخدم لتقـدير ٠.٠١ الى١.٠ ميللجرام/ لتر. وتخفف المحاليل المحتوية على تركيزات أكبر قبـل قياسها.

الاحتياطات:

١. يجب أن تكون العينة شفافة وغير ملونة.
٢. يجري التحليل في أسرع وقت ممكن.
٣. يمكن إجراء التحليل خلال يومين إذا حفظت العينـة عنـد – ٢٠°م أو بإضافة ٤٠ مجم من أيون الزئبقيك علي كل لتر من العينة وحفظها عند ٤°م.

طريقة الحساب:

$$\text{Nitrite - N} = \frac{1000 \quad x \quad (UgNO_2 - N)}{\text{Vol. sample (ml)}}$$

وحدة القياس: (µg /L) أو (mg /L).

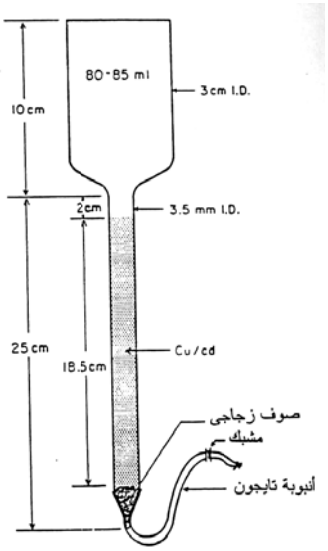
دلالة الاختبار:

النيتريت من المواد غير الثابتة حيث يسهل أكسدته إلى صـورة النتـرات ووجوده يعتبر مؤشراً على تلوث سابق ناشئ من أكسدة الأمونيا، وعـادة لا يرتفع مستواه عن ٠.٢ مجم/ لتر فى المياه السطحية أو الجوفيـة. ويـؤدى وجود النيتريتات فى مياه الشرب إلى تكوين نيتروزأمينات فى الجسم وهـى مركبات مسرطنة.

١٠. النترات

أساس الطريقة:

تعتمد الطريقة علي اختزال النترات إلي النيتريت، ويتم ذلك باستخدام عمـود زجاجي يحتوي علي حبيبات عنصر الكادميوم المملجم مع النحـاس حيـث يحضر بغسل ٢٥ جرام من حبيبات عنصر الكادميوم ذات أحجام ٤٠ mesh – ٦٠ بحمض أيدروكلوريك ٦ عيارى ثم غمسة فـى ١٠٠ ملليلتـر مـن كبريتات النحاس ٢% لمدة ٥ دقائق وملء العمود به. كما هو مبـين فـي الشكل رقم (٨-٣). وتقدرالنترات بإمرار محلولها فى العمود وتقدير النيتريت الناتج بالطريقة السابق ذكرها، كذلك يمكن استخدام طريقة البروسين او ثنائي كبريتات الفينول الذي بتفاعلهما مع النترات في وجود حمض كبرتيك يتكون مركب أصفر يمكن قياس كثافته الضوئية.



شكل رقم (٨-٣)

عمود الاختزال

الاحتياطات:

١. ترشيح العينة من أى مواد عالقة.
٢. العينات عالية العكارة يضاف إليها كبريتات خارصين لإزالة العكارة.
٣. العينات المحتوية علي نسبة عالية من الحديد – النحـاس – الكـاديوم، يضاف إليها EDTA لمنع تأثير هذه العناصر.
٤. يفضل إجراء التحليل مباشرة وإذا لزم الأمر تخزينها يضاف ٠.٨ سـم^{٣} من حمض الكبرتيك لكل لتر.

٥. عند استخدام طريقة البروسين فإن ضبط حرارة التفاعل عامل رئيسي للحصول علي نتائج صحيحة. كما يجب إزالة الكلور من العينة.

طريقة الحساب:

$$NO_3 - N = \frac{\mu g NO_3 - N}{\text{Vol. of sample (ml)}}$$

وحدة القياس: (mg /L)

دلالة الاختبار:

النترات هى الناتج النهائي لأكسدة مركبات النيتروجين (نيتروجين عضوى - أمونيا ونيتريت). وتقديرها من الأهمية بمكان، حيث أن ارتفاع مستواها يؤدي إلى أمراض خطيرة. ولا يجب أن يزداد مستوى النترات فى مياه الشرب عن ٤٥ مجم/ لتر. وزيادة تركيز النترات يؤدي إلى تسمم دماء الأطفال (Methomoglobinemia).

١١. الأمونيا

جمع العينات:

تستخدم عبوات زجاجية أو بلاستيكية سعة ٥٠٠ ميلليلتر لتجميع العينات المزمع تحليل الأمونيا فيها. ويجب إجراء التحليل فور جمع العينة أما اذا تطلب الأمر إجراء التحليل بعد ٢٤ ساعة تحفظ العينة فى مبرد عند درجة حرارة ٤°م. كما يمكن حفظ العينات لمدة تصل إلى ٢٨ يوم بالتجميد عند درجة حرارة -٢٠°م أو إضافة حمض للعينة ليصل رقمها الأيدروجينى إلى أقل من ٢.

وتقاس الأمونيا بعدة طرق:

١. التقطير والمعايرة الحجمية.
٢. التقطير والتفاعل مع محلول نسلر أو تفاعل فينول انـدوفينول وقياس الكثافة الضوئية للون المتكون.
٣. قياس الجهد باستخدام حساس غاز الأمونيا.

الطريقة الأولى:

تجري بنقل ٥٠٠ ملليلتر من العينة وإضافة ٢٥ ملليلتر من منظم البـورات ذو الرقم الأيدروجينى ٩.٥ ويجرى تقطير للعينة وتجمع الأمونيا فـى ٢٥ ملليلتر من محلول حمض الكبريتيك ٠.٠٤ عيارى ويقاس الجهد باسـتخدام اليكترود الأمونيا أو تجمع الأمونيا فى محلول ٢% حمض بوريك وتجـري المعايرة الحجمية مع محلول قياسي من حمض الكبريتيـك ٠.٠٢ عيـارى. تجري تجربة مع تركيزات مختلفة من محلول معلوم التركيز مـن الأمونيـا وكذلك تجربة غفل. كما يمكن تفاعل الأمونيا مع محلول نسلر تحت ظروف مناسبة لتكوين لون اصفر يقاس امتصاصة ويقـارن مـع منحنـى قياسـى لتركيزات معلومة من الأمونيا ويحسب التركيز فى العينة مجهولة التركيز.

الاحتياطات:

١. إذا كانت العينات ملونة ويصعب تحليلها بالطريقة الطيفيـة وجـب أن يجرى لها تقطيرا مسبقا أوتستخدم الطريقة الجهديـة باسـتخدام قطـب الأمونيا.
٢. تتداخل الكيتونات الأرومانية والألدهيدات والكحولات في طريقة نسـلر الطيفية إن وجدت. يمكن أن يجري تحليل العينـات المقطـرة بطـرق المعايرة الحجمية مع حمض الكبريتيك أو الجهديـة باسـتخدام بقطـب الأمونيا أو الطيفية.
٣. أن يكون الأس الأيدروجيني للعينة أقل من ٢ لمنع تطاير غاز الأمونيـا من المحاليل المحتوية علية.

طريقة الحساب:

١. **المعايرة الحجمية:**

$$NH_3 - N = \frac{(A - B) \quad N \quad x \quad 14 \quad x \quad 1000}{S}$$

حيث:

A = حجم حمض الكبرتيك المستخدم في معايرة الأمونيا الناتجة من تقطير العينة

B = حجم حمض الكبرتيك المستخدم في معايرة التجربة الغفل.

N = عيارية حمض الكبرتيك المستخدم في المعايرة.
S = حجم العينة بالميليلتر.

٢. قياس طيف الامتصاص:

$$NH_3 - N = \frac{A \quad x \quad 1000}{D} \times \frac{B}{C}$$

حيث:
A = ميللجرامات الأمونيا – نيتروجين المقرؤة من منحني القياس.
B = حجم المحلول المقطر المجمع في حمض البوريك.
C = حجم المحلول الذي تم تفاعله مع محلول نسلر.
D = حجم العينة الرئيسي.

الاحتياطات:

١. عند وجود أية ألوان في مياه التحاليل تستخدم طريقة التقطير أو الطريقة الجهدية.
٢. وجود الكيتونات – الأمونيا الأروماتية والألدهيدات والكحولات تتـداخل في طريقة نسلر الطيفية.
٣. أن يكون الأس الأيدروجيني للعينة أقل من ٦.

٣. قياس باستخدام قطب الأمونيا:

- تحضر محاليل قياسية من كلوريـد الأمونيـوم بتركيـز ٠.١ و ١.٠ و ١٠.٠ و١٠٠.٠ ميللجرام أمونيا/ لتر.
- ينقل ١٠٠ ميلليلتر من كل محلول على حدة الـي كـأس سـعة ١٥٠ ميلليلتر ويغمر فيه قطب الأمونيا ثم يضاف ١ ملليلتر مـن ايدروكسـيد الصوديوم ١٠ عياري.
- يرج المحلول جيدا ثم يقاس فرق الجهد الناشئ على جهاز قيـاس الأس الأيدروجينى بعدما تثبت القراءة.
- يرسم منحنى معايرة بين لوغاريتم التركيز وفرق الجهد المقـرؤ لكـل تركيز باستخدام (Semilog paper).

- تجري نفس الخطوات على العينات مجهولة التركيز وتقارن بـالمنحني القياسى للحصول علي تركيز الأمونيا. وتجري تجربة غفل تحت نفـس الظروف.

طريقة الحساب

$$NH_3 - N = \frac{(A - B) \quad x \quad 1000}{C}$$

حيث:

A = ميللجرامات الأمونيا – نيتروجين من منحني القياس الجهدى.

B = ميللجرامات الامونيا – نيتروجين من التجربة الغفل.

C = حجم العينة المأخوذة بالميليلتر.

وحدة القياس: (mg/L).

دلالة الاختبار:

يؤدي تحلل النباتات والحيوانات فى الماء إلى تكوين الأمونيا ويتحول جـزء من الأمونيا بواسطة نشاط بعض أنواع البكتريا إلى نيتريت ثم نترات لـذلك وجب التقليل من مستوى النيتروجين لمنع أو خفض هذه السلسلة، ويراعى أن هناك إتزاناً بين غاز الأمونيا، وأيون الأمونيوم.

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

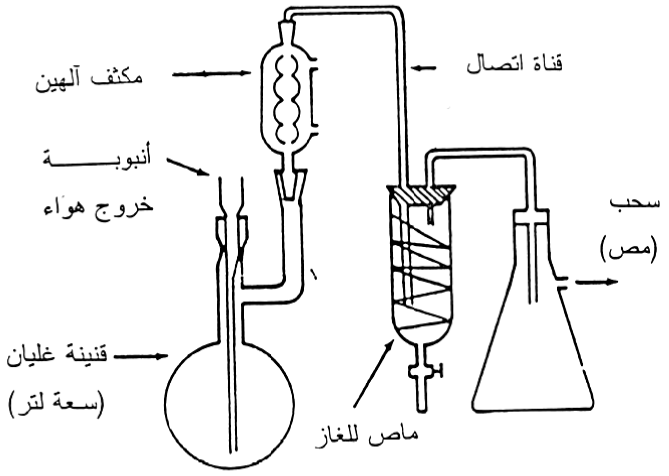
فعند أس أيدروجيني أكبر من ٧ يكثر وجود غاز الأمونيا، وعند أقل من أس أيدروجينى ٧ يكثر وجود أيون الأمونيوم، وارتفاع كمية الأمونيـا بدرجـة كبيرة يسبب تلوثاً سماً. ويبلغ مستوى الأمونيا فـى المـاء أقـل مـن ١٠ ميكروجرام/ لتر. ويعتبر الحد الأقصى المسموح به فى ميـاه الشـرب ٠.٥ مجم/ لتر.

١٢. السيانيد

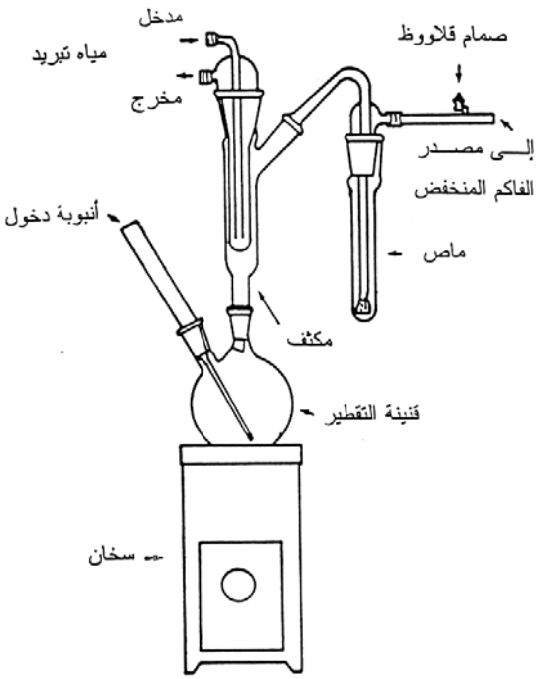
أساس الطريقة:

تعتمد الطريقة على تقطير العينة المحمضة وجمع حمـض الهيدروسـيانيك الناتج فى أيدروكسيد صوديوم وتقديره بالمعايرة الحجمية أو القياس الجهدى باستخدام قطب السيانيد الأيونى الانتقائي، أو بتحويله إلى كلوريد السيانوجين وتفاعله مع بيريدين بيرازولون أو حمض بيريدين باربتيورك وقياس كثافتـه الضوئية عند طول موجى ٦٢٠ و ٥٧٨ نانومتر على الترتيـب. ويمكـن قياس أيون السيانيد الناتج باستخدام الطرق الجهدية مـع القطـب المنتخـب لأيون السيانيد.

ويستخدم أحد الأجهزة المبينة فى الأشـكال (٨-٤)، (٨-٥)، (٨-٦) فـى عملية التقطير.

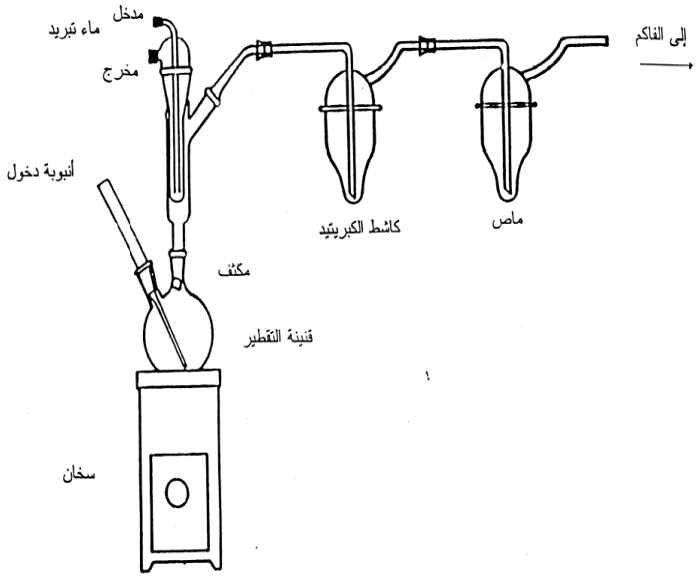


شكل رقم (٨-٤)
جهاز تقطير السيانيد، نموذج (أ)



شكل رقم (٨-٥)

جهاز تقطير السيانيد، نموذج (ب)



شكل رقم (٨-٦)

جهاز تقطير السيانيد، نموذج (جـ)

الاحتياطات:

١. يضاف حمض الاسكوربيك فى وجود الكلور فى العينة.
٢. تحفظ العينة فى وسط قلوى (أس أيدروجيني أكبر من ١٢).
٣. تحلل العينة بمجرد جمعها.
٤. فى وجود النتريت أو النترات يجب إضافة حمض السلفاميك.
٥. وجود الأحماض الأليفاتية يتداخل فـى التقـديراللونى ويجـب إزالتهـا باستخلاصها بمذيب عضوي.
٦. فى حالة وجود أيون كبريتيد فى العينة يجب إمرار الحمض المتطاير فى مصيدة تحتوى على محلول خلات الرصاص.

طريقة الحساب:

١. طريقة المعايرة الحجمية:

$$CN = \frac{(A - B) \text{ x } 100}{\text{ml original sample}} \times \frac{250 \text{ x } 26 \text{ x } N}{\text{ml of aliquat titrated}}$$

حيث:

A = حجم نترات الفضة المستخدمة فى معايرة العينة المأخوذة من ٢٥٠ سم٣ هو الحجم الكلي.

B = حجم نترات الفضة المستخدمة فى التجربة الغفل.

N = عيارية نترات الفضة.

٢. الطريقة الطيفية:

$$CN = \frac{A \text{ x } 100}{B} \times \frac{50}{C}$$

حيث:

A = وزن السيانيد (ميكروجرام) من منحنى المعايرة.

B = حجم العينة المأخوذة للمعايرة.

C = حجم العينة المأخوذة للقياس الطيفي.

وحدة القياس: µg/L

دلالة الاختبار:

يعتبر وجود السيانيد دليلا على وجود تلوث خطير شديد السمية ينشـأ مـن النشاط الصناعي. وتعتبر الأسماك فى مياه الأنهار مؤشراً حساسـاً للتلـوث بالسيانيد. ومعظم السيانيد الحر يتواجد فـى هيئـة حمـض هيدروسـيانيك المتطاير HCN ولا يسمح بتركيز أعلى من ٠.٠٥ مجم/ لتر من السيانيد فى مياه الشرب.

١٣. الكبريتيد

أساس الطريقة:

تستخدم طريقتان إحداهما معايرة حجمية تعتمد على إضافة حجم معلوم مـن محلول قياسي من اليود فى وسط حامضي لأكسدة الكبريتيد وتعاير الزيـادة غير المتفاعلة مع ثيوكبريتات الصوديوم. والطريقة الثانية تعتمد على إضافة ثنائي ميثيل – بارا – فينيلين داى أمين فى وجود كلوريد الحديديك وقيـاس اللون المتكون.

الاحتياطات:

١. إذا لم تكن العينة المجمعة قد أضيف إليها خلات الخارصـين لحفظهـا وجب تحليلها فوراً.
٢. عدم تعريض العينات إلى أكسجين أو هواء لمنع أكسدة الكبريتيد.
٣. التأكد من عدم وجود الكبريتيت والثيوكبريتات والهيدروكبريتيت.
٤. تجنب استخدام الطريقة الطيفية إذا كانت العينة عكرة أو ملونة.

طريقة الحساب:

$$\text{Sulfide} = \frac{400 \quad (A - B)}{\text{ml} \quad \text{sample}}$$

حيث:

A = حجم اليود المضاف أو المستخدم فى التجربة.

B = حجم ثيوكبريتات الصوديوم المكافئ لليود المتبقى.

وحدة القياس: (mg/L).

دلالة الاختبار:

يجب خلو مياه الشرب من الكبريتيد حيث أنه من المواد السامة ولا تتضـمن المواصفة المصرية أو المواصفات العالمية حدود قصوى لتواجد هذه المادة. غير أن معايير الصرف على مياه نهر النيل تحدد تركيزا اقصى مقـدارة ١ ميلليجرام/ لتر. والمصدرالأساسى المحتمل للكبريتيد فى المياه هـو التلـوث بمياه الصرف الآدمى والصناعى. وتجدر الإشارة إلى أن استخدام الكلور فى تعقيم المياه يؤدي إلى أكسدة الكبريتيد إلى كبريتات.

١٤. الكبريتات

أساس الطريقة:

تعتمد الطريقة على تحويل الكبريتات الذائبة إلى كبريتات باريوم غير ذائبة، والتى تقاس عكارتها وتقارن بمنحنى قياسي.

الاحتياطات:

١. التأكد من عدم وجود أى عوالق أو ألوان فى المحلـول، وفـى حالـة وجودها تجرى تجربة غفل (بلانك) للمقارنة.
٢. التأكد من عدم وجود سيليكا بتركيز اكبر من ٥٠٠ مجم/لتر لتداخلها.
٣. تقاس العكارة كل ٣٠ ثانية ولمدة ٤ دقائق ويؤخذ أعلاها.

طريقة الحساب:

$$SO_4 = \frac{mgSO_4 \quad x \quad 1000}{ml \quad sample}$$

وحدة القياس: (mg/L).

دلالة الاختبار:

تعتبر كبريتات الكالسيوم المذابة من الطمي، بالإضافة إلى الأكاسيد الكبريتية المتصاعدة من المناطق الصناعية، مصدراً رئيسياً للكبريتات فـى الميـاه . ووجود كميات كبيرة من الكبريتات يعطى مذاقاً حامضـياً للميـاه، ويسـبب الإسهال. ويعتبر الحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب ٢٥٠ مجم/ لتر.

١٥. الفلوريد

أساس الطريقة:

قياس جهد قطب الفلوريد المنتخب الأيوني ومقارنة النتيجة مع منحنى معايرة قياسى أو بالطريقة اللونية باستخدام تفاعل كاشف صوديوم ٢-(باراسلفوفينيل آزو) ١ و ٨- ثنائي هيدروكس – ٣ و ٦- نفثالين ثنائي سلفونات ثلاثى الصوديوم (SPADNS) و كلوريد الزركونيل وقياس كثافة اللون عند ٥٧٠ nm.

الاحتياطات:

١. ضبط الأس الايدروجيني فى حدود ٥.
٢. إضافة ٢.١-سيكلوهكسلين ثنائي نيتريلو رباعي حمض الخليك (CDTA) للتخلص من تداخلات العناصر الفلزية ثم استخدام القطب المنتخب لأيون الفلوريد للقياس الجهدى.

طريقة الحساب:

$$F = \frac{mgF \quad x \quad 100}{ml \quad of \quad sample}$$

وحدة القياس: (mg/L).

دلالة الاختبار

يتواجد الفلوريد فى مياه الآبار نتيجة مرور المياه على صخور حاملة له ووجود أيون الفلوريد فى مياه الشرب بتركيز حوالى ١ ميلليجرام فى اللتر يقى من تسوس الأسنان أما التركيزات المرتفعة فتسبب تآكل العظام وتلوين الأسنان بخطوط بنية والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب ٠.٨ ملجم/لتر.

١٦. الكلوريد

أساس الطريقة:

معايرة الكلوريد مع نترات الزئبقيك باستخدام دليل ثنائي فينيل كربـازون أو مع نترات الفضة باستخدام كرومات البوتاسيوم كدليل كما يمكـن اسـتخدام قطب الكلوريد الأيونى الإنتقائي والقياس المباشر أو من خلال معايرة جهدية مع نترات الفضة.

الاحتياطات:

١. يجب أكسدة الكبريتيت إذا وجد باستخدام فوق أكسيد الهيدروجين.
٢. يضاف هيدروكينون فى حالة وجود كرومات.

طريقة الحساب:

$$\text{Chloride} = \frac{(A - B) \quad N \quad x \quad 35.5}{\text{ml} \quad \text{of} \quad \text{sample}}$$

حيث:

A = حجم نترات الزئبقيك أو نترات الفضة المستهلكة فى معايرة العينة.

B = حجم نترات الزئبقيك أو نترات الفضة المستهلكة فى معايرة التجربة الغفل.

N = عيارية نترات الزئبقيك أو نترات الفضة.

وحدة القياس: (mg/L).

دلالة الاختبار

يرجع وجود الكلوريدات فى مصادر المياه الطبيعية إلـى ذوبانيـة بعـض الصخور المحتوية على كلوريد الصوديوم عند مرور المياه عليها، وكذلك من التربة القريبة من السواحل بالإضافة لما قد يصل لمصادر المياه من صرف صناعي، وزراعي، وصحي ويعتبر التركيز المعتاد من ٥-٢٠ مجم/ لتـر. وكميات الكلوريدات التى يفرزها فرد آدمي واحد فى اليوم تصل إلى ٦ جم/ فرد. وحيث أن الكلوريد لا يتم معالجته، أو التخلص منه فى أى مرحلة مـن مراحل المعالجة، لذلك فارتفاع مستوى الكلوريد يعتبر مؤشراً على تسرب أو تلوث من مصادر الصرف ولايجب ان يزيد مستوى الكلوريد فـى ميـاه الشرب عن ٢٥٠ ميللجرام/ لتر.

١٧. الكلور

أساس الطريقة:

يمكن تقدير الكلور بعدة طرق منها المعايرة الحجمية والمعايرة الأمبيرومترية أو القياس اللونى باستخدام كاشف DPD (N.N-diethyl-p-phenylenediamine) وقياس الإمتصاص عند 515 nm. وتعتمد طريقة المعايرة الحجمية على تفاعل الكلور مع يوديد البوتاسيوم وفينيل أكسيد الزرنيخ وتقدير الزيادة باستخدام اليود عند أس أيدروجيني ٤ أو إضافة يوديد البوتاسيوم ومعايرة اليود المنطلق مباشرة مع فينيل أكسيد الزرنيخ.

الاحتياطات:

عند استخدام طرق المعايرة يضبط الأس الأيدروجيني عند ٤ قبل إضافة اليوديد لتقليل أثر المنجنيز والحديد والنيتريت إذا وجد.

١. فى حالة غياب العناصر السابقة ووجود كمية عالية من المركبات العضوية يضبط الأس الايدروجيني إلى ١ قبل إضافة يوديد البوتاسيوم.
٢. تستخدم طريقة الإضافة القياسية إذا كانت العينات عكرة أو ملونة.
٣. لا يستخدم حمض الايدروكلوريك فى التحميض ويستخدم حمض الخليك أو الكبريتيك.

طريقة الحساب:

$$Q_2 = \frac{(A - 5B) \quad x \quad 200}{C}$$

حيث:

A = حجم فينيل أكسيد الزرنيخ (عيارية ٠.٠٠٥٦٤).

B = حجم اليود (عيارية ٠.٠٢٨٢).

C = حجم العينة (سم٣).

وحدة القياس: (mg/L)

الكلور المستهلك:

يعرف الكلور المستهلك بأنه الفرق بين كمية الكلور المضاف للماء وكمية الكلور الحر أو المتحد المتبقى فى الماء فى نهاية فترة تلامس محدودة.

الكلور المستهلك = الجرعة – الكلور المتبقى

ومن الضرورى إضافة جرعات كافية من الكلور لتعويض الكميـات التـى تستهلك منه بواسطة المواد العضوية الأخرى، الحديد، الكبريتيد، المنجنيـز، النيتريتات، والأمونيا. .ولابد من تلبية كل الاحتياجات المطلوبة للاسـتهلاك من الكلور قبل الحصول على كلور حر متبقى.

خطوات قياس الكلور المتبقي فى المياه بطريقة DPD:

تمهيد:

عند إضافة N.N-Diethyl-p-phenylenediamine إلى عينـة مـاء، يتفاعـل الكلور الحر المتاح فى الحال لينتج لون أحمر. يتم بعد ذلك معـايرة العينـة باستخدام كبريتات الأمونيوم الحديدية القياسية (FAS) حتى الوصول إلى نقطة معايرة نهائية واضحة.

- حجم العينة المستخدمة ١٠٠ مل.
- ١ مل من (FAS) يعادل ١ مللجم/لتر كلور حر متاح.

الأجهزة:

سحاحة ١٠ مل وحامل، قارورة ايرلنماير ٢٥٠ مل، مخبـار ١٠٠ ميلللتـر مدرج.

الكواشف:

أ. كبريتات الأمونيوم الحديدية (الفياسية):

يذاب ١.١٠٦ جرام من ملح موهو [$Fe(NH_4)(SO_4)_2.6H_2O$] فى ماء مقطر يحتوى على ١ مل من حمض الكبريتيك (١: ٣) لعمل محلول لتر باسـتخدام ماء مقطر مغلى ومبرد. وتستخدم لمدة أسبوع ويتم معايرتها فى مقابل ثـاني كرومات البوتاسيوم إذا استخدمت لمدة أطول من ذلك.

ب. N.N-Diethyl-p-pheneylinediamine (DPD):

وهو محلول يحضر بإذابة ١ جرام من أوكسالات الـ DPD أو ١.٥ جـرام من كبريتات N.N-Diethyl-p-pheneylinediamine فى ماء مقطر خالي مـن الكلور يحتوى على ٨ مل من ١٤٣ حمض كبريتيك، ٢٠٠ ملجم مـن ملـح (EDTA) disodium ethylenediamine dehydrate لعمل محلول لتر باستخدام الماء المقطر ويحفظ فى زجاجة بنية اللون تغلق بسدادة.

ج. محلول الفوسفات المنظم (ثابت الأس الهيدروجيني):

يحضر بإذابة ٢٤ جرام من:"Anhydrous disodium hydrogen phosphate" (Na_2HPO_4) و ٤٦ جرام من (KH2PO4) فى ماء مقطر، بإضافة ١٠٠ مللى لتر من الماء المقطر المذاب به ٠.٨ جم من E.D.T.A ثـم يـتم التخفيـف للمحلول إلى لتر باستخدام الماء المقطر. ويمكن إضـافة ٠.٢ جـرام مـن كلوريد الزئبق كمادة حافظة ولمنع تداخل اليود.

الخطوات:

١. تحضير العينة:

أ. إضافة ٥ ملليلتر من محلول الفوسفات إلى الدورق.
ب. إضافة ٥ ملليلتر من الكاشف DPD.
ج. إضافة ١٠٠ ملليلتر من العينة.

٢. المعايرة:

أ. أملأ السحاحة (سعة ٢٥ ملليلتر) بكبريتـات الأمونيـوم الحديديـة القياسية .
ب. قم بتصريف الـ F.A.S الزائدة وإزالة فقاعات الهواء.
ج. قم بالتصريف حتى خط الصفر.
د. قم بمعايرة العينة إلى أن يختفى اللون الأحمر.
ه. سجل عدد مللى لترات الـ F.A.S المستخدمة.

٣. الحسابات:

كل ملليلتر F.A.S يكافئ (يعادل) ١ ملليجم/لتر كلور حر متاح وتضرب القراءة × ١٠ = ملليجم/ لتر.

٤. البدائل:

يمكن استبدال محلول الفوسفات المنظم ومحلول الـ .D.P.D بواحدة من مسحوق هاك (Hach powder pillow) للحصول على الكلور الحر المتاح.

٥. تفسير النتائج:

إذا ظهر لون أصفر مع .D.P.D بدلاً من اللون الأحمر فذلك يعنى أن العينة تحتاج إلى التخفيف بالماء المقطر واختبار التخفيف لمعرفة الكلور الحر.

<u>قياس الكلور الحر والمتحد باستخدام كبريتات الحديدوز النوشادرية:</u>

١. من الخطوات السابقة يتم معرفة الكلور الحر المتاح وذلك بأخذ ١٠٠ ملى لتر من العينة، ٥ ملى لتر من محلول الفوسفات المنظم، ٥ ملليلتر من كاشف .D.P.D فى دروق ٢٥٠ ملليلتر ومعايرته باستخدام F.A.S حتى زوال اللون الأحمر.

٢. يضاف ١ جرام من يوديد البوتاسيوم للدورق ويقلب حتى الذوبان. يترك المحلول دقيقتين (فى هذه الحالة يحول الكلورأمين اليوديد إلى يودين) (Iodide → Iodine) ويتحول اللون للأحمر مرة أخرى.

٣. تتم عملية المعايرة باستخدام .F.A.S مرة أخرى حتى نقطة التعادل (عديم اللون) وتسجل القراءة. وتمثل الكلور الكلي المتاح.

الكلور المتحد = الكلور الكلي – الكلور المتبقي (الحر)

الكلور المتحد (ملجم/ لتر) = (قراءة السحاحة فى الخطوة ٣) – (قراءة السحاحة فى الخطوة ١) × ١٠

حسابات جرعات الكلور:

١. لإيجاد كمية الكلور (بالكجم) اللازمة لتحضير جرعة محددة لإضافتها إلى مقدار معلوم من الماء.

الكمية المطلوبة من الكلـور (١٠٠%) = متـر مكعـب مـن الميـاه × ملليجم/لتر (الجرعة) × ٠.٠٠١.

مثال:

ما مقدار كمية غاز الكلور (بالكجم) المسـتخدمة فـى عمـل جرعـة ٠.٤ ملليجم/لتر من غاز الكلور لإضافتها إلى ٢١٠٠٠ م^{٣} من الماء ؟

الكمية = ٢١٠٠٠ × ٠.٤ × ٠.٠٠١ = ٨٤ كجم كلور

١. لإيجاد مقدار هيبوكلوريت الكالسيوم المطلوب ليعطي ٨٤ كجم كلـور، فإن:

$$\text{كمية الهيبوكلوريت بالكجم} = \frac{\text{الكلور المطلوب (كجم)} \times ١٠٠}{\text{نسبة الهيبوكلوريت}}$$

مثال:

ما كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٦٥%) المطلوبة إذا علمت أن مقدار الكلور المطلوب هو ٨٤ كجم ؟

$$\text{الكمية} = \frac{٨٤ \times ١٠٠}{٦٥} = ١٢٩.٢٣ \text{ كجم}$$

٢. لإيجاد جرعة الكلور (ملليجم/ لتر) عندما يكون كلاً من مقـدار الكلـور (بالكجم) وكمية المياه المراد معالجتها (بالمتر المكعب) معلومين:

$$\text{جرعة الكلور بالملليجم/ لتر} = \frac{\text{مقدار الكلور بالكجم}}{\text{المتر المكعب} \times ٠.٠٠١}$$

مثال:

ما هى جرعة الكلور (مللجم/ لتر) إذا تم استخدام ٣٧ كجم كلور لكل ٢٠٠٠٠ م^{٣} من الماء.

$$\text{الجرعة} = \frac{٣٧}{٠.٠٠١ \times ٢٠٠٠٠} = ١.٨ \text{ مللجم/ لتر}$$

١٨. الفلزات الثقيلة

أساس الطريقة:

تعتمد الطريقة على هضم العينة مع حمض النيتريك والتبخير ثم الإذابة فى الماء وقياس طيف الامتصاص الذري للعناصر وفى حالة عنصر الزئبق تجرى عملية الهضم باستخدام حمض الكبريتيك وبرمنجنات البوتاسيوم وتجرى عملية الهضم فى آنية مفتوحة تحت الضغط الجوى المعتاد أو تحت ضغط أو باستخدام أفران الميكروويف أو الأشعة فوق البنفسجية أو فوق الصوتية.

الاحتياطات:

١. تحميض العينات وإجراء عملية هضم كاملة.
٢. قياس طيف الامتصاص الذري عند الطول الموجي المناسب لكل عنصر.
٣. عمل منحنى قياس بتركيزات تتناسب مع ما هو متوقع فى العينة.
٤. استخدام اللهب المناسب أو الفرن الجرافيني.
٥. استخدام طريقة البخار البارد لقياس الزئبق والهيدريد لقياس الزرنيخ.

دلالة الاختبار:

- **الكالسيوم والباريوم:** لا يسبب وجودهما بتركيزات عالية أية مشاكل صحية، والحد الأقصى المسموح به ٢٠٠ مجم/ لتر. أما عنصر الباريوم فالحد الأقصى المسموح به ٠.٧ مجم/ لتر.

- **الماغنسيوم**: يشكل الماغنسيوم فى معظم المياه العسرة نسبة ضئيلة، إذا ما قورنت بالكالسيوم، والحد الأقصى المسموح به هو ١٥٠ مجم/ لتر.

- **الصوديوم:** يوجد الصوديوم فى معظم المياه الطبيعية بمستويات تتراوح بين ١-٥٠٠ مجم/ لتر، وترتفع نسبة وجوده فى المياه العسرة. وتعتبر النسبة بين تركيز الصوديوم إلى تركيز كل الكاتيونات مؤشراً لصلاحية المياه للرى. والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب ٢٠٠ مجم/ لتر.

- **العناصر الفلزية الثقيلة والسامة:** يتراوح تأثير العناصر الموجودة فى مياه الشرب بين ما هو غير ضار، وما قد يؤدي إلى مشاكل، وما هو سام وذو خطورة عالية وفيما يلي بيان بأمثلة من هذه العناصر وتأثيرها:

- **عنصر الكادميوم:** سام ويؤدي إلى أمراض خطيرة من ارتفاع لضغط الدم وأنيميا إلى الفشل الكلوي وسرطان البروستاتا. ولقد حددت منظمة الصحة العالمية تركيز ٠.٠٠٥ مجم/لتر كحد أقصى لوجوده فى المياه. والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب فى التشريعات المصرية ٠.٠٠٣ مجم/لتر.
- **عنصر النحاس:** لا يسبب تسمماً بالتراكم، والتسمم به يمكن تجنبه بالاعتماد على التذوق، حيث يمكن تمييزه عندما تصل تركيزاته إلى ١-٢ مجم/ لتر، ولا يحدث تسمم إلا بتركيزات أعلى من ذلك بكثير. وينشأ مصدر وجود النحاس بتركيزات عالية عن التلوث الزراعي، والصرف الصحي. والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب فى التشريعات المصرية ٢ مجم/ لتر.
- **عنصر الحديد:** غير ضار، ولكن وجوده بتركيز عال يجعل للمياه طعماً غير مستساغ، كما أن المياه المحتوية عليه عندما تتعرض للأكسجين فإن الحديد يترسب ويؤدي إلى ظهور بقع فى الغسيل والأحواض. والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب فى التشريعات المصرية ٠.٣ مجم/ لتر.

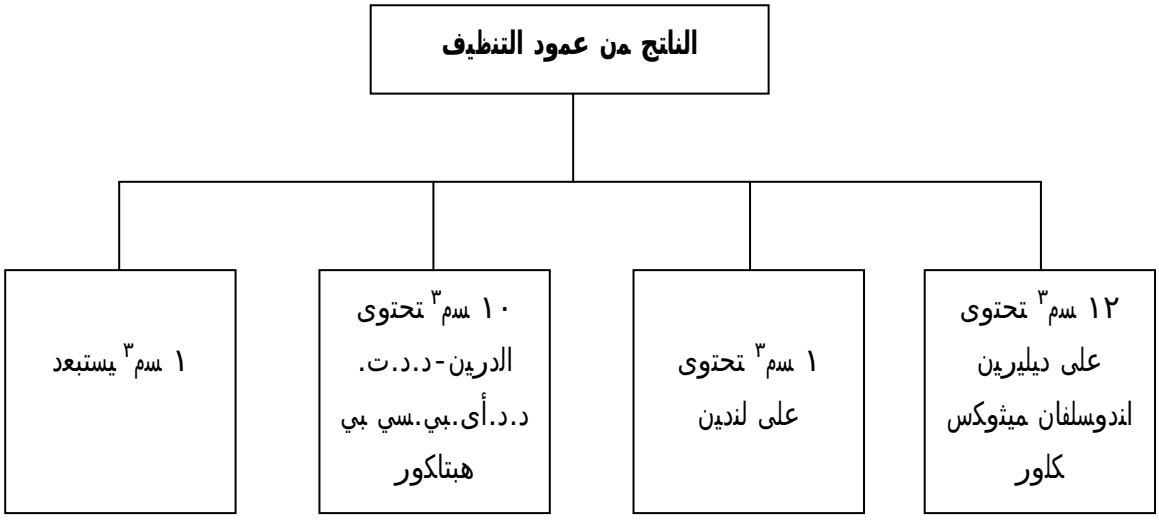
- **عنصر المنجنيز:** وجود كميات ضئيلة منه يؤدي إلى مشاكل كثيرة، والكميات الكبيرة منه سامة، ومصدره غالباً هو التلوث الصناعي. والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب فى التشريعات المصرية ٠.٤ مجم/ لتر.
- **عنصر النيكل:** من العناصر المنتشرة نظراً لادمصاصه على أكاسيد العناصر الأخرى، وحبيبات الطمى، والمواد العضوية، ومعظم أملاحه تذوب فى الماء، ومصدره الرئيسي هو التلوث الصناعي.
- **عنصر الرصاص:** عنصر سام بالتراكم، وتتسبب المياه المحتوية عليه فى الإصابة بالإمساك – الإضطرابات المعوية – الأنيميا – الشلل التدريجي للعضلات، وهو يستخدم فى الصناعة، وأنابيب الرصاص. والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب فى التشريعات المصرية ٠.٠١ مجم/ لتر.
- **عنصر الخارصين:** يؤدى وجوده إلى خلل فى الفحص البكتريولوجي للعينات لأن وجود الخارصين يعمل على القضاء على البكتريا، ويسبب تسمماً للكائنات الدقيقة، وليس له ضرر كبير على صحة الإنسان. والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب فى التشريعات المصرية ٣ مجم/ لتر.
- **عناصر أخرى:** يمكن تواجد بعض العناصر الفلزية الأخرى السامة فى مياه الشرب نتيجة لوجود تلوث صناعى وحدودها القصوى مثل الزئبق (٠.٠٠١ ملجم/ لتر) والسيلينيوم (٠.٠١ ملجم/ لتر) والكروم (٠.٠٥ ملجم/ لتر) والزرنيخ (٠.٠١ ملجم/ لتر).

١٩. المبيدات والمركبات العضوية

أساس الطريقة:

يؤخذ لتر من العينة ويضاف له ٢٠ سم^3 من الهكسان العادي ويستخلص الجزء العضوي ويتم ذلك مرتين، ويجفف المستخلص باستخدام كبريتات الصوديوم الجافة، ويجرى التحليل باستخدام كروماتوجرافيا الغاز. ويمكن تنظيف العينات بإمرارها فى عمود زجاجي (١٠ سم طول و ٥ مم نصف قطر) محتوى على سليكا جيل منشطة بالتسخين عند درجة حرارة ١١٠°م

ويغسل العمود بـ١٥ سم^3 من مخلوط ايزوأوكتان بنزين بنسبة (٩٥: ٥) و١٠ سم^3 من مخلوط أيزو أوكتان بنزين بنسبة (٧٠: ٣٠) ثم ١٠ سم^3 من البنزين ويجمع الناتج جزئياً كما فى شكل رقم (٨-٧). يقاس تركيز المكونات باستخدام جهاز كروماتوجرافيا الغاز أو السائل تحت ضغط مرتفع. وتتضمن المواصفة المصرية معايير لعشرات المركبات العضوية (مبيدات – هيدروكربونات – كلوروهيدروكربونات – مركبات أكسجينية – مركبات نيتروجينية).



شكل رقم (٨-٧)
طريقة تحليل المبيدات

الفصل التاسع

التحليل البكتريولوجي لمياه الشرب باستخدام طريقة الأنابيب المتعددة

الفصل التاسع

التحليل البكتريولوجي لمياه الشرب باستخدام طريقة الأنابيب المتعددة

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـى أن:

- يذكر طريقتين لتحديد عدد البكتريا القولونية.
- يشرح طريقة تعيين العد الكلى للبكتريا الحية فى المياه بواسطة اختبار عد الأطباق القياسى.
- يذكر طرق الكشف عن المجموعة القولونية وبكتريا القولون البرازى.
- يشرح الغرض من طريقة تخمر الأنابيب المتعددة والمراحل التى يمر بها الاختبار.
- يشرح كيفية تطبيق طريقة الأنابيب المتعددة على المياه الملوثة وعلى المياه غير الملوثة.
- يصف الطريقة المباشرة لفحص القولونيات الغائطية.
- يشرح طريقة العد الاحتمالى لفحص البكتريا السبحية المعوية وفحص بكتريا سودوموناس إيروجنزا.

مقدمـة

يسبب وجود بعض أنواع البكتريا أمراضاً عديدة للإنسان، وتسمى البكتريـا المرضية (Pathogenic Bacteria)، كذلك فإن وجود بعض الكائنات الأخرى مثل الفيروسات، والديدان، والطفيليات فى المياه يؤدي إلى ظهـور بعـض الأمراض.

ويعتبر اختبار الكشف عن القولونيات الكلية هاماً لتحديد الكائنات التى تسبب أمراضاً وفيه يتم الكشف عن بكتريا القولون البرازية او الغائطية (Escherichia Coli) (E. Coli)، التى توجد، فى البراز الذي يحتوى على نسبة عالية من كل أنواع البكتريا، ويشير وجود هذه البكتريا فى المياه إلى حدوث تلوث من الصرف الصحي، والبقايا الآدمية، والحيوانية، ووجود الأنواع الأخرى من البكتريا، وغياب (E.Coli) يُعزى إلى حدوث تلوث من التربة والمزروعات، ويجب ألا يحتوى ١٠٠ ملليلتر من المياه على أكثر من أثنين من الخلايا البكتيرية على ألا يتكرر ذلك فى عينتان متتاليتان من نفس المصدر مع مراعاة أن تكون ٩٥ % من العينات التى يتم فحصها خلال العام خالية تماماً من بكتريا القولون.

طرق التحاليل البكتريولوجية

يعتـبر وجود البكتريا القولونية فى المـياه وخصوصاً تلك المقاومة للحرارة مؤشراً لتعرض المياه لنشاط الكائنات ذات الدم الحار ومنها الإنسان.

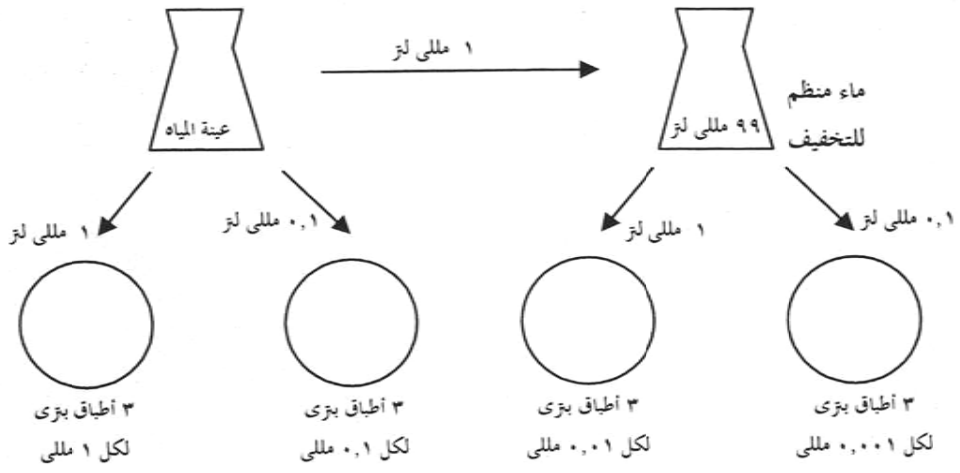
وحيث أن الأمراض التى تنتقل بالماء تحدث نتيجة لوجود مواد غائطية، لذا يمكن تقدير الخطورة على الصحة من خلال تقدير نسبة وجود هذه البكتريا. ويدل وجود البكتريا الغائطية (E. Coli) على وجود تلوث غائطى حديث.

ويعتمد اختبار الكشف عن البكتريا القولونية الغائطية على أثرها فى تخمر اللاكتوز لينتج حامض وغاز عند درجة حرارة ٣٦ و ٤٤°م فى أقل من ٢٤ ساعة. وأيضاً ينتج الأندول فى ماء الببتون. ويتم تحديد عدد البكتريا القولونية بطريقتين قياسيتين:

١- اختبار الأنابيب المتعددة والتى تعطى دلالة على العدد الإحتمالى للبكتريا الموجودة (MPN).
٢- اختبار الترشيح الغشائى (MF) التى تعطى عدداً مباشراً للبكتريا.

كما حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) العدد الكلى للبكتريا المسموح به (عد الأطباق) فى عينات المياه بما لا يزيد عن ٥٠٠ مستعمرة بكتيرية/ مللى لتر من العينة حيث أن العدد المثالى فى الطبق يتراوح ما بين ٣٠-٣٠٠ مستعمرة.

ويمكن اختيار كميات العينات وتخفيفاتها لتصل إلى هذا المدى وخصوصاً عينات مياه المجارى والمياه العكرة والمياه الملوثة الأخرى. ويوضح الشكل رقم (٩-١) طريقة تخفيف العينات للفحص البكتريولوجى



شكل رقم (٩-١)
طريقة تخفيف العينات للفحص البكتريولوجى

ويعتبر العدد الكلى للبكتريا الحية فى درجة ٣٧°م أكثر دلالة على تلوث المياه منه عند ٢٠°م، إذ تجرى التجربة عند درجة حرارة مماثلة لدرجة حرارة جسم الإنسان فيزداد نمو وتكاثر البكتريا التى تعيش فى جسم الإنسان أو الحيوان مما يكون أكثر دلالة على تلوثها بفضلات الإنسان أو الحيوان.

ولا يفضل التخفيف بالمياه المعقمة لأننا فى هذه الحالة نزيل المواد المغذية (Nutrient). كما أنه لا يفضل أن يمضى أكثر من ٢٠ دقيقة بعد عمليات التخفيف لزرع البكتريا حتى لا تعطى نتائج خاطئة.

أولاً: اختبار عـد الأطبـاق القياسى

(Standard Plate Count Test) هى طريقة لتعيين العدد الكلى للبكتريا الحيـة فى المياه فى درجة ٢٠° م، ٣٧° م. ونتائج هذه التجربة قد تختلف عن العدد الحقيقى للبكتريا فى المياه لعدة أسباب منها أن البكتريا قد توجد فى مستعمرات (تجمعات) والرج الشديد للعينة قد لا يفكك هذه التجمعات البكتيرية (Bacterial Cluster) مما يتعذر معه التفرقة بين حدوث النمو من كائن واحد حى أو من مجموعات. كما أن البيئة الواحدة ودرجة حرارة الحضانة المستخدمة قد لا تكون كافية لمتطلبات نمو كل البكتريا.

وتتمثل الطريقة فيما يلى:

- أخذ ١ مللى لتر كحد أقصى للعينة باستخدام ماصة (معقمة فى فرن فى درجة حرارة ١٦٠ - ١٨٠°م لمدة ساعة) وتوضع فى طبق بترى سعة ١٠٠مم^{٣} بعد إسالة بيئة مستنبت خميرة الآجار، وتصب فيها وتمزج العينة مع بيئة الآجار بحركة دائرية للطبق وتترك لتتجمد.
- توضع العينة فى حضانة عند درجة حرارة ٣٥-٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة.
- يتم عد المستعمرات البكتيرية فى الطبق بعد ذلك وتكون النتيجة: عدد المستعمرات البكتيرية/ ١ مللى لتر من العينة، أو (العدد الكلى للبكتريا/ ١ مللى لتر عند ٣٥°م).
- تتم نفس الخطوات السابقة وتحضن العينة عند درجة حرارة ٢٠°م لمدة ٤٨ ساعة وتكون النتيجة: العدد الكلى للبكتريا/١ مللى لتر (عند درجة ٢٠°م).

ثانياً: طرق الكشف عن المجموعة القولونية وبكتريا القولون البرازى

هناك طريقتان للفحص البكتريولوجى للمياه:

١. طريقة تخمر الأنابيب المتعددة (Multiple Tube Fermentation Method).
٢. طريقة الترشيح الغشائى (Membrane Filter Method).

١. التحليل البكتريولوجي باستخدام طريقة تخمر الأنابيب المتعددة (Multiple Tube Fermentation Method):

الغرض من الطريقة:

تستخدم هذه الطريقة لتعيين وجود وعد بكتيريا المجموعة القولونية (مخمرات سكر اللبن) عن طريق زرع سلسلة أجزاء مقاسة الحجم من العينة داخل أنابيب محتوية على أوساط زرع ملائمة.

إعتبارات خاصة بطريقة تخمر الأنابيب المتعددة:

- يجرى الاختبار من خلال ثلاث مراحل محددة:
  ١- الاختبار الأولى.
  ٢- الاختبار التأكيدى.
  ٣- الاختبار المكمل.

ومن الممكن إيقاف فحص عينة المياه عند نهاية أى من هذه المراحل إذا ما تحقق الهدف من الاختبار أو استكمال الفحص مباشرة من مرحلة إلى المرحلة التالية.

- والاختبار المكمل (Complete Test) هو الاختبار القياسى لتعيين مدى مطابقة المياه للمعايير القياسية وصلاحيتها للشرب من الوجهة البكتريولوجية. وتحت هذه المقاييس يمكن أن ينتهى الفحص بعد الاختبار

التأكيدى، ولكن بعد أن يثبت أن الاختبار التأكيدى قد أعطى نتائج مكافئة للاختبار المكمل بسلسلة من الاختبارات المتوازنة.

- فى المعمل الروتينى توقف الاختبارات البكتريولوجية لمعظم مصادر المياه العامة عند نهاية الاختبارات التأكيدية. والاختبار التأكيدى له أهمية كبيرة فى فحص عينات من مصادر إمداد المياه ومن الأجزاء المختلفة فى محطة معالجة المياه.

- طريقة الأنابيب المتعددة مبنية على قوانين الإحتمالية وتستخدم للحصول على تقدير العدد البكتيرى فى العينة معبراً عنه بالعدد الاحتمالى (MPN)، وبعد إتمام الخطوات المعملية تسجل كل النتائج الإيجابية والسلبية ثم يتم الربط بين هذه النتائج وأحجام العينة التى تم زرعها. وفى النهاية يتم تعيين العدد الاحتمالى بالرجوع إلى جدول الأعداد الاحتمالية أو باستخدام القانون الآتى:

$$\text{العدد الاحتمالى} = \frac{\text{عدد العينات التى أعطت نتائج إيجابية} \times ١٠٠}{\sqrt{\text{عدد الملليلترات من العينات التى أعطت نتائج سلبية} \times \text{عدد الملليلترات من العينات فى كل الأنابيب}}}$$

وهناك عدة طرق مختلفة لزرع العينة منها:

- الزرع المبدئى لخمسة أجزاء كل منها ٢٠ مللى لتر ويستخدم فى اختبار نوعية مياه الشرب.
- الزرع بطريقة السلسلة العشرية وهى: زرع خمسة أجزاء كل منها ١٠ مللى لتر، خمسة أجزاء ١ مللى لتر، خمسة أجزاء ٠.١ مللى لتر. وتطبق فى اختبار المياه الخام أو عندما يكون معلوماً أن بكتيريا المجموعة القولونية موجودة، ويكون الغرض من هذا الاختبار فى هذه الحالة هو تعيين العدد.

وطبقاً لكثافة بكتيريا المجموعة القولونية المتوقعة، يمكن توضيح السلسلة العشرية (خمس أنابيب لكل منها) لكل ١٠٠ مللى لتر كما فى الجدول رقم (٩-١).

جدول رقم (٩-١)
كثافة المجموعة القولونية المتوقعة

كثافة المجموعة القولونية المتوقعة لكل ١٠٠ مل	السلسلة العشرية (خمس أنابيب لكل منها)
٢ - ٥٤٢	١٠، ١، ٠.١ مللى لتر
٢٠ - ٥٤٢٠	١، ٠.١، ٠.٠١ مللى لتر
٢٠٠ - ٥٤٢٠٠	٠.١، ٠.٠١، ٠.٠٠١ مللى لتر
٢٠٠٠ - ٥٤٢٠٠٠	٠.٠١، ٠.٠٠١، ٠.٠٠٠١ مللى لتر

المبدأ الأساسي:

فى طريقة الأنابيب المتعددة، تلقح سلسلة من الأنابيب المحتوية على مستنبت مرقى مناسب بمقادير اختبارية من عينة الماء. وبعد مدة حضانة معينة فى درجة حرارة محددة، يعتبر كل أنبوب يتكون به غاز (إيجابياً ظنياً) (Presumptive positive) لأن هذا يدل على احتمال وجود قولونيات. ولكن بما أن الغاز قد ينتج بواسطة جراثيم أخرى، يستلزم تأكيد ذلك بإجراء اختبار لاحق. ويعرف الاختباران بالاختبار الظنى والاختبار المؤكد على التوالي.

ففى حالة الاختبار المؤكد، يلقح مستنبت أكثر انتقائية بجزء مأخوذ من الأنابيب الإيجابية. وبعد فترة مناسبة تفحص الأنابيب لمعرفة ما إذا كان قد تكون غاز. وعندها يمكن تقدير درجة تركز الجراثيم فى العينة من عدد الأنابيب الملقحة وعدد الأنابيب الإيجابية فى الاختبار المؤكد. ويمكن تقدير العدد الأكثر احتمالاً ((Most Probable Number (MPN) للجراثيم الموجودة

باستخدام جداول إحصائية مبتكرة خصيصاً لهذا الغـرض. وتعـرف هـذه الطريقة بطريقة العدد الأكثر احتمالاً (MPN).

التلقيح يمكن استخدام مقادير اختبارية مختلفة لتحضير سلسلة من التخفيفات العشرية وتتوقف التخفيفات على إعداد جراثيم القولونيات المتوقعة فى عينة الماء التى يجرى فحصها. وتعتمد مصداقية النتيجة (Reliability) التى يـتم الحصـول عليها على عدد الأنابيب الملقحة بكل مقدار اختباري. وفى حـالات معينـة يمكن خفض هذا العدد إلى ثلاثة أنابيب فى كل خطوة من خطوات التخفيف. ولكل مجموعة من الأنابيب الملقحة جدولها الخاص من قيم الأعداد الأكثـر احتمالاً (MPN).

المياه غير الملوثة يمكن بصورة عامة افتراض وجود تلوث قليل، أو عدم وجود تلـوث، فـى المياه التى تدخل الشبكة أو المياه الموجودة فيها. وفى هذه الحالة يحتاج الأمر إلى تلقيح خمسة أحجام من ماء العينة، كل منها ١٠ ملليلتـر، فـى خمسـة أنابيب يحتوى كل منها على ١٠ ملليلتر مـن مسـتنبت مـزدوج القـوة (Double-strength).

المياه الملوثة المياه التى يشتبه بأنها أكثر تلوثاً، مثل المياه غير المعالجة التى تجلـب مـن مصادر معينة للماء الخام، تحتاج للفحص باستخدام أحجام تلقيح مختلفة فـى تخفيفات عشرية. وفيما يلي التلقيحات التى تجرى فى العادة:

١. ١٠ ملليلتر من العينة فى كل من خمسة أنابيب يحتوى كل منها على ١٠ ملليلتر من مستنبت مزدوج القوة.
٢. ١.٠ ملليلتر من العينة فى كل من خمسة أنابيب يحتوى كل منها علـى ١٠ ملليلتر من مستنبت مفرد القوة.
٣. ١.٠ ملليلتر من تخفيف ١ : ١٠ من العينة (أى ٠.١ ملليلتر من العينة) فى كل من خمسة أنابيب يحتوى كل منها على ١٠ ملليلتر من مسـتنبت مفرد القوة.

وإذا كان من المتوقع أن تكون العينة مفرطة التلوث، تلقح مقـادير متسـاوية حجمها ١.٠ ملليلتر من تخفيفات عشرية متسلسلة من كل خطوة تخفيف فـى خمسة أنابيب على ١٠ ملليلتر من مستنبت مفرد القوة.
وإذا كان عبء العمل ثقيلاً جداً والوقت المتاح محدوداً، يمكن خفـض عـدد الأنابيب على ثلاثة فى كل سلسلة. ولكن تلقيح خمسة أنابيب بكل حجم مـن العينة يعطى نتيجة بالعدد الأكثر احتمالاً (MPN) يوثق بها إحصائياً أكثر من النتيجة التى يحصل عليها بتلقيح ثلاث أنابيب فحسب.

البيئات وماء التخفيف

الأوساط (Media) المجففة المتاحة فى الأسواق تبسط عملية تحضير مـرق الزرع، ولذلك يوصى باستعمالها فى المختبر، وينتج هذه الأوساط صـانعون مختلفون كمساحيق يمكن وزنها بسهولة وإذابتها فى ماء مقطر ووضعها فى أطباق وأنابيب الزرع تمهيداً لتعقيمها.
وهناك مستنبتات مختلفة متعددة متاحة للاختبار الظني، مثل:

- مرق لوريل تربتوز (LTB).
- مرق ماك كونكي (MacConkey).
- مرق لاكتوز (Lactose).

واستعمال هذه الأوساط الثلاثة شائع فى بلدان عديدة. وتعتمد انتقائيـة مـرق ماك كونكي ومرق لوريل تربتوز على التوالي على وجود أملاح الصـفراء (Bile salts) والعامل السطحي النشاط (Surface-active)، كبريتات اللوريل، أما مرق لاكتوز فهو وسط غير انتقائي.

ويستعمل مرق لاكتوز الصفراء الأخضر اللامع (BGB) أو مرق الماكونكي على نطاق واسع كوسط تأكيدي (Confirmatory medium) لفحص إجمـالي القولونيات. ولتأكيد وجود القولونيات الغائطية يستخدم إما مـرق (BGB) أو مرق القولونية البرازية (FC).

تحضير الأوساط (البيئات):

يجب أن تحضر الأوساط بموجب تعليمات الصانع، على الوجه التالي:

أ- أذب الكمية المعينة من الوسط المجفف فى ماء مقطر للحصول على وسط ظنى مزدوج أو مفرد القوة (فى حالة التحليل التأكيدي يستعمل الوسط المفرد القوة فحسب).

ب- وزع الحجم المطلوب فى أنابيب زرع تحتوى على أنبوب (Durham) مقلوب، وغط أنابيب الزرع.

ج- عقم الأنابيب فى جهاز التعقيم أو آنية طهى بالضغط (Pressure Cooker) فى درجة حرارة ١١٤°م لمدة ١٠ دقائق (أو حسب توصيات الصانع). ومن المهم بصفة خاصة عدم وضع الأوساط التى تحتوى على مواد ثنائية السكريات (Disaccharides)، مثل اللاكتوز، فى جهاز التعقيم، وفى درجة حرارة أكثر ارتفاعاً.

د- يجب أن يخزن الوسط المعقم فى درجة حرارة الغرفة (٢٥° م تقريباً)، للإبقاء على تعقيمة. وبالإضافة إلى ذلك يجب وقاية المحاول من التعرض للضوء لأن هناك صبغات متعددة حساسة للضوء.

ماء التخفيف

يستعمل محلول منظم (Buffer) معقم خصيصاً لتحضير تخفيفات من عينات للتلقيح فى المستنبتات. ويحضر الماء من محلول أصلي (Stock) مركز من محلول منظم فوسفاتي (Phosphate Buffer) و محلول كلوريد ماغنسيوم.

تحضير محلول منظم فوسفاتى (محلول ١):

لتحضير المحلول الأصلي، يذاب ٣٤.٠ جراماً من فوسفات ثنائي هيدروجين البوتاسيوم (KH_2PO_4) فى ٥٠٠ مل من الماء المقطر. ويجب أن يكون الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول ٧.٢ (ينبغي التحقق من ذلك بواسطة قياس الرقم الهيدروجيني). ويمكن زيادة الرقم الهيدروجيني إذا لزم ذلك بإضافة قطرات

من محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) تركيزه مول واحد بـاللتر (٤٠.٠ جرام مذاب فى ١٠٠ ملليلتر من الماء المقطر). ثم يضاف قدراً كافيـاً مـن الماء المقطر حتى يصبح الحجم لتراً واحداً. وعند اسـتعمال المحلـول المختزن ينبغى حفظه فى زجاجة محكمة الإغلاق فـى درجـة حـرارة ٤-١٠°م، وذلك لتأخير النمو الجرثومي.

تحضير محلول كلوريد الماغنسيوم (٢):

يوزن ٨١.١ جم كلوريد الماغنسيوم ($MgCl_2.6H_2O$)وتضاف إلى ١ لتر من ماء مقطر.

تحضير ماء التخفيف:

يحضر محلول التخفيف المستعمل وقت إجراء التجربة على النحو التالي:

- ١.٢٥ ملل من المحلول رقم (١).
- ٥ ملل من المحلول رقم (٢).
- ١٠٠٠ ملل ماء مقطر.

ثم يصب فى أنابيب بحجم ٩ ملليلتر أو ٩٩ ملليلتر فى كل أنبوبة وتعقم فـى جهاز التعقيم لمدة ١٥ دقيقة.

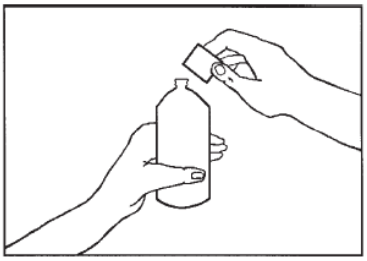
التطبيق على المياه غير الملوثة:

الطريقة:

نوضح فيما يلى الطريقة التى تستعمل لفحص مياه غير ملوثة نسبياً، كالميـاه المعالجة فى شبكات المياه.

أ. أنزع الورق الملفوف على زجاجة العينة.

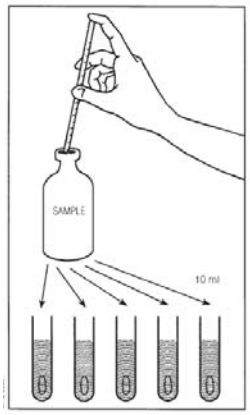
ب. رج الزجاجة بقوة بينما السدادة فى موضعها وذلك حتى تتوزع الجراثيم توزيعاً متساوياً، وإذا كانت الزجاجة ممتلئة فإنزع السدادة وأفرغ منها ٢٠-٣٠ ملليلتر، وبعد ذلك ضع السدادة ورج الزجاجة حتى تمام المزج.



(أ)

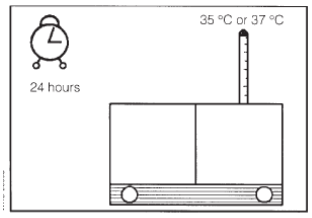
(ب)

ج. باستعمال ماصة معقمة سعة ١٠ ملليلتر، ضع ١٠ ملليلتر من العينة فى كل أنبوبة من خمسة أنابيب تحتوى على ١٠ ملليلتر من مرق الفحص الظني (مزدوج القوة). ومن المستحسن رج الأنابيب بهدوء حتى تتوزع العينة بالتساوي فى المستنبت كله.



(ج)

د. أحضن الأنابيب فى الحاضنة فى درجة حرارة ٣٥°م أو ٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة.

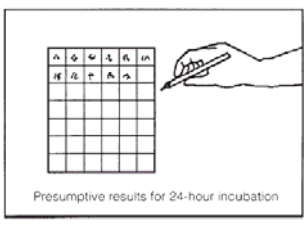


(د)

هـ. عند انتهاء ٢٤ ساعة من الحضانة، أفحص كل أنبوب بحثاً عن الغاز. فإذا كان هناك غاز فسوف يمكن رؤيته فى أنبوبة (Durham)، أما إذا لم يوجد غاز فترج الأنبوبة بهدوء، فإذا شوهد فوران من الفقاعات الصغيرة، تعتبر الأنبوبة إيجابية.

(هـ)

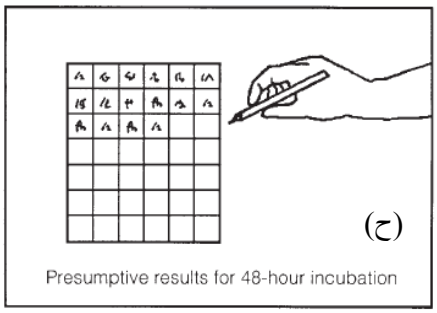
و. سجل عدد الأنابيب الإيجابية بعد ٢٤ ساعة فى جدول.



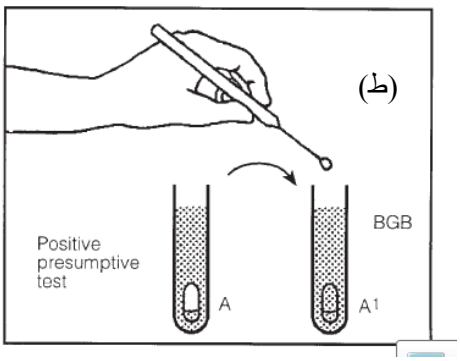
(و)

ز. أعد حضانة الأنابيب السلبية لمدة ٢٤ ساعة أخرى وبعد انتهاء هذه المدة أفحص الأنابيب من جديد بحثاً عن الغاز كما فى الخطوة هـ ويعتبر الغاز المنتج فى نهاية ٢٤ ساعة أو ٤٨ ساعة من الحضانة تأكيد عن وجود قولونيات فى العينة.

ح. سجل عدد الأنابيب الإيجابية بعد ٤٨ ساعة على الجدول.

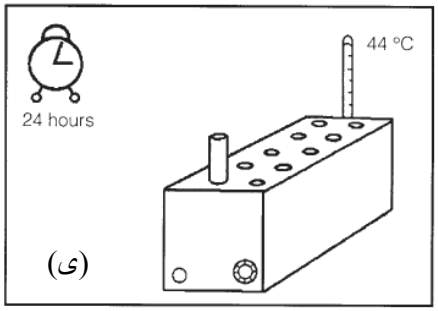


ط. يجرى الفحص التأكيدي فى نهاية كل من الحضانة لمدة ٢٤ ساعة ولمدة ٤٨ ساعة على السواء. وباستعمال عروة أنقل نقطة أو نقطتين من كل أنبوبة ذات نتيجة إيجابية ظنية إلى أنبوبة مقابلة معقمة تأكيدية حجمها ١٠ ملليلتر وتحتوى مثلاً على مرق لاكتوز الصفراء الأخضر المتألق BGB. وقبل كل عملية نقل تعقم العروة على لهب ثم تترك لتبرد.



ى. إذا أريد أيضاً تحرى وجود القولونيات الغائطية تزرع مزارع ثانوية فى أنبوبتين تحتويان على مرق تأكيدي (مثل مرق لاكتوز الصفراء الأخضر المتألق BGB)، وتحضران من كل من الأنابيب الإيجابية الظنية.

ك. لتأكيد وجود القولونيات أحضن فى الحاضنة أنبوبة مزرعة ثانوية من كل أنبوبة إيجابية ظنية لمدة ٤٨ ساعة فى درجة حرارة ٣٥°م أو ٣٧°م.



ل. أفحص الأنابيب فى نهاية ٤٨ ساعة من الحضانة فإذا وجد غاز فإن ذلك يؤكد وجود القولونيات فى العينة. سجل النتائج فى الجدول.

م. لتأكيد وجود القولونيات الغائطية أحضن فى الحاضنة أنبوبة مزرعة ثانوية أخرى من كل أنبوبة إيجابية ظنية لمدة ٢٤ ساعة فى درجة حرارة ٤٤-٤٥°م.

ن. إذا تكون غاز فى الأنابيب بعد حضانة لمدة ٢٤ ساعة، فإن ذلك يؤكد وجود قولونيات غائطية.

تعيين العدد الأكثر احتمالاً:

فى حالة الماء المعالج، حيث تلقح ٥ أجزاء من العينة حجم كـل منهـا ١٠ ملليلتر، يمكن معرفة العدد الأكثر احتمالاً (MPN) من نتائج الاختبار بواسطة الجدول رقم (٩-٢).

جدول (٩-٢)

الأعداد الأكثر احتمالاً (MPN) لتوافيق مختلفة من نتائج إيجابية وسلبية عند استعمال ٥ أجزاء من العينة كل منها ١٠ ملليلتر

عدد الأنابيب ذات التفاعل الإيجابي من ٥ أنابيب سعة كل منها ١٠ ملليلتر	العدد الأكثر احتمالاً (MPN)
صفر	صفر
١	٢
٢	٥
٣	٩
٤	١٦
٥	أكثر من ٢٣

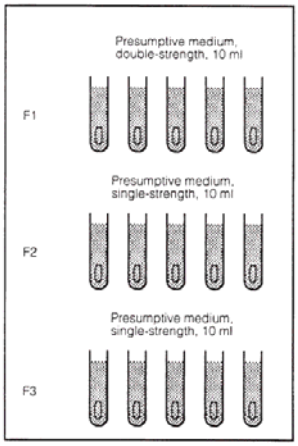
فإذا كانت هناك ثلاثة أنابيب إيجابية مؤكـدة بالنسـبة لمجموعـة إجمـالي القولونيات. فمن الجدول يمكن أن نرى أن القيمة المقابلة للعدد الأكثر احتمالاً (MPN) هى ٩ إجمالي القولونيات فى كل ١٠٠ ملليلتر من العينـة. وفيمـا يختص بالقولونيات الغائطية، لم يكن هناك سوى أنبوبة إيجابية واحدة مؤكدة فحسب. وبالتالي فإن قيمة العدد الأكثر احتمالاً (MPN) هـى ٩.٢ اجمـالي قولونيات فى كل ١٠٠ ملليلتر من العينة. وفيما يختص بالقولونيات الغائطية، لم يكن هناك سوى أنبوبة إيجابية واحدة مؤكدة فحسب. وبالتالي فـإن قيمـة العدد الأكثر احتمالاً (MPN) هى ٢.١ فى كل ١٠٠ ملليلتر.

التطبيق على المياه الملوثة (بطريقة التخفيف):

الطريقة:

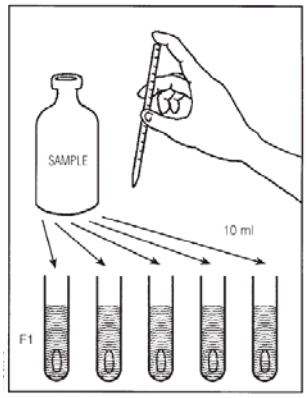
الطريقة التى تستعمل لفحص مياه يتوقع أن تكون ملوثة حتى ولو كان قد سبق معالجتها مبينة فيما يلي، وهى فى جوهرها مماثلة للطريقة الموصوفة سالفاً، باستثناء استعمال تخفيفات متعددة فى هذه الطريقة.

أ. رتب ثلاثة صفوف يتألف كل منها من خمس أنابيب فـى رف لأنابيب الاختبار. يحتوى كل من الأنابيب فى الصف الأول (ف١) على ١٠ مل من وسط ظنى مزدوج القوة، بينما تحتوى على أنبوبة فى الصـفين الثـاني والثالـث (ف٢، ف٣) على ١٠ مل من وسط ظنى مفرد القوة.



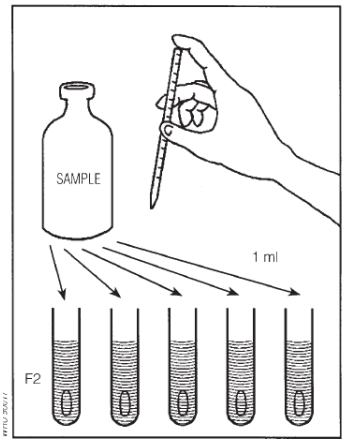
(أ)

ب. ضع ١٠ مل من العينة فى كل من الأنابيب الخمسة فـى الصف ف١ باستعمال ماصة معقمة.



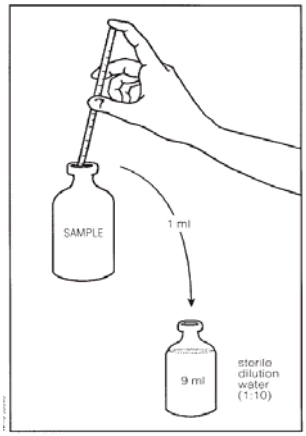
(ب)

ج. ضع ١ مل من العينة فى كل من الأنابيب الخمسـة فـى الصف ف٢ باستعمال ماصة معقمة.



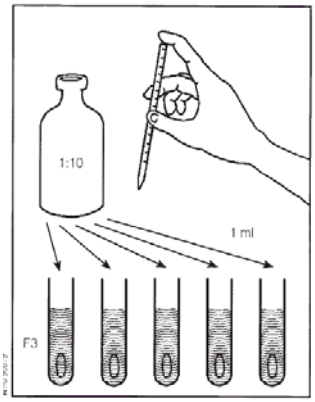
(ج)

د. حضر محلول ١ : ١٠ من العينة بإضافة ٩ مل من الماء المخفف (استعمل ماصة معقمة سـعة ١ مـل). اغلـق الزجاجة المحتوية على العينة المخففة ورجها بقوة.



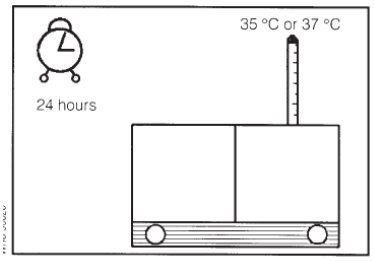
(د)

هـ. أضف ١ مل من السائل المخفف ١ : ١٠ بواسطة ماصة معقمة أخرى إلى كل من الأنابيب الخمس فـى الصـف ف٣.



(هـ)

و. بعد رج الأنابيب برفق لمـزج الزرعـة (Incoulum)، ضع الرف ومعه الخمس عشرة أنبوبة فى درجة حـرارة ٣٥°م أو ٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة فى الحاضنة. وبعدها تابع الطريقة الخاصة بالماء غير الملوث.



(و)

تعيين العدد الأكثر احتمالاً:

يتم التوصيل إلى العدد الأكثر احتمالاً بطريقة مماثلة للطريقة الموضحة فيما سبق، ولكن بالنظر للعدد الكبير من الأنابيب، يتعين استخدام الجدول (٩-٣) الأكثر تعقيداً.

ويبين المثال التالي كيفية الحصول على النتائج:

لنفرض أنه تم الحصول على النتائج التاليـة بعـد تأكيـد وجـود إجمـالي القولونيات:

- ٥ أنابيب إيجابية فى الصف ف١ (حجم العينة الملقحة ١٠ مل).
- ٣ أنابيب إيجابية فى الصف ف٢ (حجم العينة الملقحة ١ مل).

- أنبوبة إيجابية واحدة فى الصف ف ٣ (حجم العينة الملقحة ٠.١ مل).

وهكذا يمكن أن يرمز للنتائج بالأرقام ٥-٣-١، وهى تمثل الاختبار المؤكـد للقولونيات. ويشير الجدول رقم (٩-٤) بأن النتيجة المشـفرة ٥-٣-١ (٥ × ١٠ مل إيجابي، ٣ × ١ مل إيجابي، ١ × ٠.١ مل إيجابي) تعطى قيمة العدد الأكثر احتمالاً وقدرها ١١٠، أى أن عينة الماء تحتوى علـى حـوالى ١١٠ قولونيات فى كل ١٠٠ مل تقريبا.

ويجرى الاختبار المؤكد للقولونيات الغائطية بنقل ما تحمله أبرة التعقيم مـن كل أنبوبة اختبار إيجابية ظنياً إلى أوساط تأكيدية، ووضعها فى الحاضنة فى درجة ٤٤ ± ٠.٥°م لمدة ٢٤ ساعة. ولنفرض أن هذا الاختبار يعطى قيمـة مشفرة هى ٤ - ٣- صفر. عندما يعطى الجدول رقم (٩-٣) قيمـة العـدد الأكثر احتمالاً وقدرها ٢٧ أى وجود قولونية غائطية فى كل ١٠٠ ملليلتـر من العينة، ثم لنأخذ مثالاً لماء مفرط التلوث، فقد تعطى الطريقة الموضـحة أعلاه نتيجة مشفرة قدرها ٥-٥-٥.٠، ونتيجة كهذه لا تعطى قيمـة محـددة للعدد الأكثر احتمالاً. فعند الاشتباه بتلوث شديد كهذا تلقح عادة أكثر من ثلاث تخفيفات عشرية التركيز. ويجب عمل سلسلة التخفيفات العشـرية (Tenfold) هذه بطريقة ما بحيث يتحتمل حدوث نتيجة سلبية لأعلى تخفيف ملقح علـى الأقل. فإذا لقح فى البداية ٥ × ١.٠ مل، ٥ × ٠.١ مل، ٥ × ٠.٠١ مـل و ٥ × ٠.٠٠١ مل وتم الحصول على نتيجة مشفرة مؤكدة قدرها ٥-٥-٤-١، عندها يتعين استخدام ثلاث فقط من هذه النتائج للحصول على قيمـة العـدد الأكثر احتمالاً من الجدول رقم (٩-٤).

وينبغى انتقاء هذه النتائج بأخذ أصغر حجم للعينة (فى هذه الحالة ٠.١ مل) تعطى فيه كافة الأنابيب نتيجة إيجابية، والتخفيفين الأعلى اللذين يليانه مباشرة، وعندها تستعمل النتيجة المشفرة للأحجام الثلاثة للحصول على قيمة العدد الأكثر احتمالاً من الجدول (٩-٣)، ففى المثال المذكور أعلاه تختار النتيجة ٥-٤-١ التى تمثل الأحجام ٠.١، ٠.٠١، ٠.٠٠١ مل من العينة.

وقيمة العدد الأكبرالذي يتم الحصول علية من الجدول رقم (٩-٣) يجب أن تضرب فى ١٠٠ للحصول على العدد الأكثر احتمالاً لهذه العينة بالذات (أنظر أدناه)، وتكون هذه النتيجة فى هذه الحالة هى ١٧٠٠٠ لكل ١٠٠ مل.

وأحياناً قد يجد عامل المختبر صعوبة فى تعيين معامل الضرب لاستخدامه فى الحصول على العدد الأكثر احتمالاً (MPN) المناسب لعينة جرى فحصها. فالطريقة البسيطة لتعيين العدد الأكثر احتمالاً هى تقسيم قيمته التى يتم الحصول عليها من الجدول رقم (٩-٣) على حجم العينة ممثلاً بالعدد الأوسط فى الرمز المختار. فعلى سبيل المثال، خذ رمزاً (Code) قدره ٥-٢-صفر يمثل فيه العدد ٢ حجم عينة قدرها ٠.٠١ مل، كما هو موضح بالجدول رقم (٩-٣). فالعدد الأكثر احتمالاً للرمز ٥-٢-صفر من الجدول رقم (٩-٣) هو ٤٩. لهذا تكون قيمة العدد الأكثر احتمالاً للعينة المفحوصة = ٩ / ٠.١ = ٤٩ × ١٠٠ = ٤٩٠٠.

ويبين الجدول (٩-٤) أمثلة للعوامل التى تستخدم لضرب قيمة العدد الأكثـر احتمالاً المستخرج من الجدول (٩-٣) للحصول على العدد الأكثر احتمـالاً الملائم للتخفيفات المختلفة.

جدول رقم (٩-٣)

الأعداد الأكثر احتمالاً (MPN) لنتائج توافيق مختلفة إيجابية وسلبية

عند استخدام ٥ مقادير كل منها ١٠ مل، و٥ مقادير كل منها ١ مل و٥ مقادير كل منها ٠.٥ مل

عدد الأنابيب التى تعطى تفاعلاً إيجابياً من أصل			العدد الأكثر احتمالاً	عدد الأنابيب التى تعطى تفاعلاً سلبياً من أصل			العدد الأكثر احتمالاً
٥ كل منها ١٠ مل	٥ كل منها ٠.١ مل	٥ كل منها ١ مل		٥ كل منها ١٠ مل	٥ كل منها ٠.١ مل	٥ كل منها ١ مل	
0	0	0	<1.8	4	0	3	25
0	0	1	1.8	4	1	0	17
0	1	0	1.8	4	1	1	21
0	1	1	3.6	4	1	2	26
0	2	0	3.7	4	1	3	31
0	2	1	5.5	4	2	0	22
0	3	0	5.6	4	2	1	26
1	0	0	2	4	2	2	32
1	0	1	4	4	2	3	38
1	0	2	6	4	3	0	27
1	1	0	4	4	3	1	33
1	1	1	6.1	4	3	2	39
1	1	2	8.1	4	4	0	34
1	2	0	6.1	4	4	1	40
1	2	1	8.2	4	4	2	47
1	3	0	8.3	4	5	0	41
1	3	1	10	4	5	1	48
1	4	0	10	5	0	0	23
2	0	0	4.5	5	0	1	31
2	0	1	6.8	5	0	2	43
2	0	2	9.1	5	0	3	58
2	1	0	6.8	5	1	0	33
2	1	1	9.2	5	1	1	46
2	1	2	12	5	1	2	63
2	2	0	9.3	5	1	3	84
2	2	1	12	5	2	0	49
2	2	2	14	5	2	1	70
2	3	0	12	5	2	2	94
2	3	1	14	5	2	3	120
2	4	0	15	5	2	4	150
3	0	0	7.8	5	3	0	79
3	0	1	11	5	3	1	110
3	0	2	13	5	3	2	140
3	1	0	11	5	3	3	170
3	1	1	14	5	3	4	210
3	1	2	17	5	4	0	130
3	2	0	14	5	4	1	170
3	2	1	17	5	4	2	220
3	2	2	20	5	4	3	280

عدد الأنابيب التى تعطى تفاعلاً إيجابياً من أصل			العدد الأكثر احتمالاً	عدد الأنابيب التى تعطى تفاعلاً سلبياً من أصل		العدد الأكثر احتمالاً
٥ كل منها ١٠ مل	٥ كل منها ٠.١ مل	٥ كل منها ١ مل		٥ كل منها ١٠ مل	٥ كل منها ٠.١ مل	٥ كل منها ١ مل
3	3	0	17	5	4	350
3	3	1	21	5	4	430
3	3	2	24	5	5	240
3	4	0	21	5	5	350
3	4	1	24	5	5	540
3	5	0	25	5	5	920
4	0	0	13	5	5	1600
4	0	1	17	5	5	>1600
4	0	2	21			

جدول رقم (٩-٤)

أمثلة لعوامل الضرب لتعيين العدد الأكثر إحتمالاً للتخفيفات المختلفة للعينة

المثال	عدد الأنابيب التى تعطى تفاعلاً إيجابياً من أصل					النتيجة المشفرة المختارة	عامل الضرب للعدد الأكثر احتمالاً
	٥ كل منها ١ مل	٥ كل منها ٠.١ مل	٥ كل منها ٠.٠١ مل	٥ كل منها ٠.٠٠١ مل	٥ كل منها ٠.٠٠٠١ مل		
١	٥	٥	٢	صفر	صفر	٥-٢- صفر	١٠٠
٢	٥	٥	٤	١	صفر	٥-٤-١	١٠٠
٣	٥	٣	صفر	صفر	صفر	٥-٣- صفر	١٠
٤	٥	٥	٣	٣	١	٥-٣-١	١٠٠٠
٥	صفر	١	صفر	صفر	صفر	صفر-١-صفر	١٠

التطبيق على المياه الملوثة (الطريقة "المختصرة):

إن إجراءات الطريقة المختصرة هى فى الواقع مماثلة للطريقة المذكورة سابقاً، والفرق الوحيد هو أن ثلاثة أنابيب فقط من كل حجم تلقح بدلاً من خمسة أنابيب، مما يجعل من الضروري استخدام جدول مختلف وهو الجدول رقم (٩-٥) لتعيين العدد الأكثر احتمالاً.

انتفاء الأنابيب للاختبار المؤكد:

يجب أن يتضمن كل تحليل جرثومي الاختبار المؤكد Confirmed Test فـإذا اقتصر الفحص على خمس نابيب فقط من حجم ١٠ ملليلتر، يتعين إجـراء الاختبار المؤكد الخاص بالقولونيات والقولونيات الغائطية فى جميع الأنابيـب التى يتكون فيها الغاز. ولكن إذا تضمن التلقيح خمسة أنابيب أو ثلاثة لكل من أحجام العينات التى تزيد عن ثلاثة (مثلاً ١.٠، ٠.١، ٠.٠١، ٠.٠٠١ مـل) عندها لا يكون من الضروري إجراء الاختبارات التأكيدية على كل الأنابيب الإيجابية.

ويعرض الجدول رقم (٩-٥) الأعداد الأكثر احتمالاً لتوافيـق مختلفـة مـن النتائج الإيجابية والسلبية عند استعمال ثلاثة مقادير كل منها ١٠ مل، وثلاثة مقادير كل منها ١ مل، وثلاثـة مقـادير كـل منهـا ٠.١ مـل (الطريقـة "المختصرة").

جدول رقم (٩-٥)
الأعداد الأكثر احتمالاً

عدد الأنابيب التى تعطى تفاعلاً إيجابيا من أصل			
٣ كل منها ١٠ مل	**٣ كل من ١ مل**	**٣ كل منها ٠.١ مل**	**العدد الأكثر احتمالاً**
صفر	صفر	صفر	< ٣
صفر	صفر	١	٣
صفر	١	صفر	٣
١	صفر	صفر	٤
١	صفر	١	٧
١	١	صفر	٧
١	١	١	١١
١	٢	صفر	١١
٢	صفر	صفر	٩
٢	صفر	١	١٤

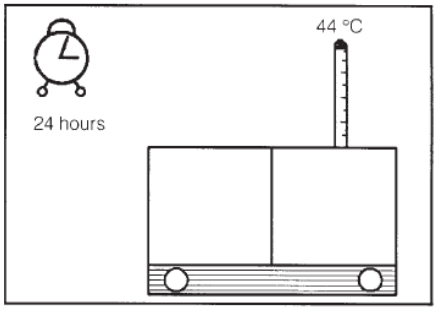
إذا كانت الأنابيب الخمسة (الثلاثة) كلها إيجابية فى تخفيفين متتاليين أو أكثر. عندها يتعين انتقاء مجموعة الأنابيب التى تمثل الأصغر بين أحجـام العينـة التى تكون فيها الأنابيب جميعها إيجابية. ويجب إجراء الاختبار المؤكد علـى جميع هذه الأنابيب وجميع الأنابيب الإيجابية المتطابقة مع الأحجـام التاليـة الأدنى. وفيما يلي مثال يوضح هذه الطريقة : بعـد وضـع الأنابيـب فـى الحاضنة لمدة ٢٤ ساعة كانت النتائج الإيجابية فى خمسة أنابيب سـعة كـل منها ١٠ مل، وخمسة أنابيب سعة كل منها ١.٠ مل، وخمسة أنابيب سعة كل منها ٠.١ مل، وأربعة أنابيب كل منها ٠.٠١ مل، وأنبوبة واحدة سعة ٠.٠١ مل وهكذا. وإجراء الاختبار المؤكد على الأنابيب التى لقحـت فـى البدايـة بمقادير من العينة مقدارها ٠.١ مل و ٠.٠١ مل و ٠.٠٠١ مل.

الطريقة المباشرة لفحص القولونيات الغائطية:

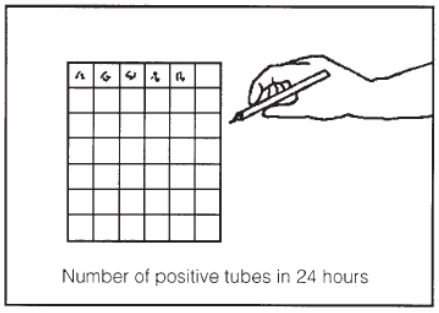
في حالة فحص ماء غير مكلور من مرفق مياه مجتمعي صغير، ويكون فيـه الاهتمام منصبا علي القولونيات الغائطية فحسب، يمكـن اسـتخدام طريقـة متعددة الأنابيب مباشرة لفحص القولونيات الغائطية. ويمكن أن تستخدم هـذه الطريقة فى البلدان النامية أو أثناء الاستقصاءات الميدانية إذا كـان المكـان والقوى العاملة وتسهيلات الحضانة محدودة. وتقوم هذه الطريقة على طريقة العدد الأكثر احتمالاً العادية التى يستخدم فيها مرق لاكتوز كوسط للفحـص الظني، ولكن تتم حضانة الأنابيب فى حمام مائي فى درجـة ٤٤ ± ٠.٥° م بدون فحص مسبق لإجمالي القولونيات فى درجة ٣٥° م أو ٣٧° م لمدة ٢٤ ساعة.

وهذه الطريقة مماثلة لتلك المذكورة فيما يتعلق بفحص الماء الملوث، ولكـن يستخدم فيها مرق لاكتوز أو مرق ماك كونكي كوسط ظني. ولإجراء ذلـك حضر ١٥ أنبوبة من كل من العينة والوسط كما هو موضح سابقاً.

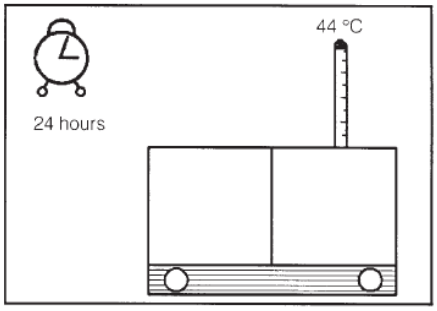
بعد رج الأنابيب برفق لخلط المحتويات ضع الخمس عشرة أنبوبة فى درجة ٤٤°م ± ٠.٥°م فى الحاضنة لمدة ٢٤ ساعة.



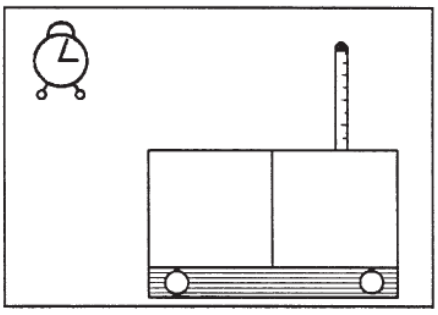
أفحص كل أنبوبة لاكتشاف وجود غاز فيها ثم سجل عدد الأنابيب الإيجابية بعد ٢٤ ساعة فى الجدول المناسب.

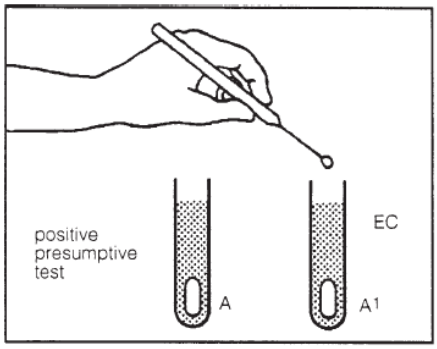


يجب أن توضع الأنابيب السلبية فى الحاضنة ثانية لمدة ٢٤ ساعة أخرى، وأن تفحص بعد ذلك بحثاً عن وجود غاز فيها.



تأكد من النتائج الظنية بعد ٢٤ ساعة و٤٨ ساعة بنقل جزء من المرق بواسطة العروة إلى مرق تأكيدي ووضعه فى الحاضنة فى درجة ٤٤°م لمدة ٢٤ ساعة.





يتأكد وجود القولونيات الغائطية إذا تكون غاز باستخدام المرق التأكيدي بعد ٢٤ ساعة فى درجة حرارة ٤٤°م. عين العدد الأكثر احتمالاً MPN

استمارات التسجيل

التحليل الذي يجرى لعينة معينة يعطى نتائج متعـددة، وينبغـى أن تكـون الاستمارة التى تعد لتسجيل هذه النتائج كاملة، وليس بالضـرورة ان تكـون معقدة، وينبغى أن يتضمن النموذج معطيات وتعريف مفصل عن العينـات (Sampling) تساعد أيضاً فى التعرف على العينات، ومعطيات مسجلة علـى استمارة إرسال العينة، وأخرى عن التحليل الجرثومي نفسه، ويبـين الشـكل رقم (٩-٢) استمارة شاملة مقترحة.

برنامج مراقبة جودة المياه

تحليل المياه الجرثومي

(المحافظة.....)

رقم العينة:

المنطقة:

الموقع الذي جمعت منه العينة:

المكان:

المصدر:

المرسل:

تاريخ أخذ العينة: _ _ _ _ _/ _ _ _ _ _ _ / _ _ _ _ _ الوقت:

تاريخ التحليل: _ _ _ _ _/ _ _ _ _ _ _ / _ _ _ _ _ الوقت:

الكلور الحر المتبقي		ملليجرام/ لتر

النتائج

إجمالي القولونيات	/١٠٠ مل
القولونيات الغائطية (باسيل القولوني النموذجي)	/ ١٠٠ مل
المياه من الناحية الجرثومية	.....

فني المختبر

جيدة / غير مقبولة .....

(توقيع)

مديرالمعمل

شكل رقم (٩-٢)

نموذجً للبروتوكول المستخدم

فحص البكتريا السبحية المعوية:

ويجرى الاختبار بطريقة العد الاحتمالي (Most probale number) باستخدام بيئة الأزيد دكستروز بروث (Azide dextrose broth)، وفى حالة استخدام ١٠ مل من العينة للفحص تستخدم بيئة مضاعفة التركيز وتركيبها كالآتي:

٩ جم خلاصة لحم
٣٠ جم تربتون
١٥ جم جلوكوز
١٥ جم ملح طعام
٠.٤ جم ثنائي فوسفات أحادي صوديوم أزيد
٢ مل بروموكريزول قرمزى (بربل) (بعد إذابة ١.٥ جم فى ١٠٠ مل كحول)
فى حالة استخدام البيئة السابقة بوزن ٧٠ جم/ لتر.

تحضير الأوساط (البيئية):

تخلط المقادير جيداً وتعقم بعد ضبط الرقم الهيدروجيني ٧.٢-٧.٤ وتعبأ فى أنابيب معقمة ١٠ مل فى كل أنبوبة.

إجراء الاختبار:

أ. تحقن خمس أنابيب من المستنبت المضاعف التركيز بعشرة مل من العينة المراد فحصها فى كل أنبوبة بواسطة ماصة معقمة وتحضن عند درجة حرارة ٣٧° م لمدة ٤٨ ساعة.

ب. تقرأ الأنابيب التى أعطت عكارة والتى من المحتمل احتوائها على بكتريا المجموعة السبحية المعوية، ويلزم بعد ذلك إجراء الاختبارات التأكيدية التالية:

الاختبار التأكيدي الأول:

باستخدام بيئة كاناميسين اسكولين أزيد أجار. وتركيبه كالآتي:

- ٢٠ جم تربتون.
- ٥ جم خلاصة خميرة.
- ١ جم كلوريد الصوديوم.
- ١ جم صوديوم سترات.
- ١ جم اسكولين.
- ٥ جم سترات أمونيوم أحادية.
- ٠.١٥ جم صوديوم أزيد.
- ١٠ جم ماء مقطر.

وفى حالة استعمال البيئة السابقة التجهيز يوزن ٤٢.٦ جم/ لتر.

طريقة تحضير البيئة:

تخلط المكونات ويضبط الرقم الهيدروجيني ٧.٢ وتعقم وتبرد إلـى درجـة ٤٢°م ثم يضاف إليها زجاجة واحدة من كاناميسين لكل ٥٠٠ جم من البيئـة ويصب ١٠ مل من المستنبت فى أطباق بترى معقمة وتحفظ فى الثلاجة.

طريقة إجراء الاختبار التأكيدي:

يزرع من كل أنبوبة إيجابية (بها عكارة) على طبق كاناميسين أسكولين أزيد أجار بواسطة أبرة زرع، ويحضن الطبق عند درجة ٣٧°م لمدة ٢٤ سـاعة، وتفحص الأطباق للمستعمرات سوداء اللون ويجرى لها اختبار فوق أكسـيد الهيدروجين (Catalase test) باستعمال محلول فوق أكسيد الهيدروجين تركيز ٣% بوضع نقط قليلة منه على شريحة زجاجية وإذابة المستعمرة فيها علـى الشريحة وملاحظة تكون فوران وحدوث فقاعات غازية من عدمه، وتكـون العينة سالبة إذا لم يحدث فقاعات وفوران باستخدام فوق أكسيد الهيـدروجين (Catalase negative)، كما تحضر أفلام من المستعمرات التى لونهـا أسـود على أطباق كاناميسين أسكولين أزيد أجار وتصبغ بصبغة "الجرام" وتفحـص تحت الميكروسكوب لوجود المكورات السبحية الإيجابية لجرام.

وتعتبر العينة إيجابية للبكتريا السبحية البرازية إذا:

أ. أعطت فى الاختبار التمهيدي عكارة على مستنبت أزيـد دكسـتروز بروث.

ب. ثم أعطت مستعمرات سوداء اللون على أطباق كاناميسين أزيد أجـار فى الاختبار التأكيدي.

ج. إذا كانت المستعمرات سوداء اللون فـى الاختبـار التأكيـدي سـلبية الاختبار (Catalase).

د. الفحص المجهـرى للمسـتعمرات سـوداء الـون سـلبية الاختبـار (Catalase). والمصبوغة بصبغة الجرام إيجابية تكون تلك المستعمرات على شكل مكورات ثنائية أو رباعيـة أو سلاسـل قصـيرة (Short chain)، بعد ذلك تقرأ النتائج للأنابيب فى الاختبار التمهيدي.

ه. وكانت كل الاختبارات التأكيدية السابقة إيجابية، ويعرض الجدول رقم (٩-٦).

جدول رقم (٩-٦)
العـــدد الاحتمالي

عدد الأنابيب الإيجابية فى الاختبار التمهيدي والاختبارات التأكيدية	العدد الاحتمالي للبكتريا السبحية المعوية
أنبوبة واحدة	٢
٢	٥
٣	٩
٤	١٦
٥	أكثر من ٢٣

وتكون العينة صالحة للاستهلاك الآدمي إذا كانت خالية من البكتريا السبحية المعوية.

ملحوظة:

فى حالة استخدام البيئة سابقة التجهيز تتبع تعليمات الشركة المنتجة.

طريقة تحضير البيئة:

تخلط المقادير حتى الذوبان وتعقم عند درجة ١٢٠° م لمدة نصف ساعة ثـم تبرد وترشح عند درجة ١٠٠°م وتضاف إليها ١٥ جم أجار فى فصل الشتاء ومن ٢٠-٢٥ جم فى فصل الصيف وبعـد إذابـة الأجـار يضـبط الـرقم الهيدروجيني ٧.٤-٧.٦ ويرشح مرة أخرى ويعبأ فى أنابيب ١٠ مل فى كل أنبوبة ويعاد التعقيم عند درجة ١٢٠° م لمدة نصف ساعة، وعند الاسـتعمال يوضع فى حمام مائي عند درجة ٤٥° م.

فحص بكتريا سودوموناس ايروجنوزا:

لإجـراء عمليـة الفحـص لهـذه البكتريـا (Pseudomonas aeruginose) سودوموناس ايروزجنوزا تستخدم طريقة العد الاحتمالي (MPN) باسـتعمال بيئة الاسبارجين.

وتركيبها كالآتي:

ملحوظة:

فى حالة فحص عينة من الماء ١٠ سم^3 فأكثر تحضر البيئة مضاعفة التركيـز أى تضاعف الكميات الآتي بيانها:

- ٣ جم اسبارجين.
- ٠.٥ جم كبريتات ماغنسيوم.
- ١٠ جم كبريتات بوتاسيوم.
- ١ جم ثنائي فوسفات أحادي هيدروجين البوتاسيوم.
- ١٠٠٠ جم ماء مقطر.

تحضير البيئة:

تخلط المكونات جيداً أو ترج وتوضع عند درجة ١٠٠°م فى الأوتوكلاف ويضبط الرقم الأيدروجيني ما بين ٦.٩-٧.٢ وتعبأ فى أنابيب.

طريقة إجراء الاختبار:

١. خمسة أنابيب فى كلاً منها ٥٠ مل من البيئة مضاعفة التركيز + ٥٠ مل من العينة المراد فحصها.
٢. خمسة أنابيب فى كلاً منها ١٠٠ مل من البيئة مضاعفة التركيـز + ١٠ مل من العينة المراد فحصها.
٣. خمسة أنابيب فى كلاً منها ١٠ مل من البيئة مضاعفة التركيز + ١ مل من العينة المراد فحصها.
٤. تقرأ الأنابيب الإيجابية السودوموناس ذات اللون الأخضر البراق.

الاختبار التأكيدي:

يجري عليها الاختبار التأكيدي التالي باستخدام بيئة الاسيتاميد أجار

(Acetamid agar) تركيبها كالآتي:

- ١٠ جم استياميد.
- ١٥ جم أجار.
- ١.٤ جم أحادي هيدروجين ثنائي بوتاسيوم.
- ٠.٠٧ جم ثنائي هيدروجين أحادي بوتاسيوم.
- ٥ جم ملح طعام.
- ٠.٥ جم كبرتيات ماغنسيوم.
- ٠.٠١٢ جم دليل أحمر فينول.
- ١٠٠٠ مل ماء مقطر.

تحضير البيئة:

تخلط المقادير السابقة وتعقم فى الأتوكلاف مع ضبط الرقم الهيدروجيني عند ٦.٩-٧.٢ . تصب فى أنابيب ٨ مل فى كل أنبوبة وتترك للتصلب مائلة بحث تعطى سطح مائل من البيئة.

طريقة إجراء الاختبار التأكيدي:

يتم فرد ٠.١ مل من الأنابيب الموجبة ذات اللون الأخضر البراق على سطح بيئة الاستاميد وتحضن عند درجة ٣٧°م لمدة من ٢٤ ساعة إلى ٣٦ ساعة، وتعتبر الأنبوبة موجبة فى حالة ارتفاع الرقم الهيدروجيني للبيئة وذلك بتغيير لون الاستاميد إلى اللون القرمزي، وتقرأ النتائج من جدول العد الاحتمالي.

فحص بكتريا المكورات العنقودية:

لفحص هذا النوع من البكتريا (Staphlococcus aureus) تستخدم طريقة العد الاحتمالي (MPN) على بيئة (M. Staphlococcus broth) ستافيلوكوكس مانيتول بروث.

ملحوظة:

فى حالة فحص عينة من الماء ١٠ سم^3 فأكثر تحضر البيئة مضاعفة التركيز أى تضاعف الكميات الآتي بيانها:

- ١٠ جم تربتون.
- ٢.٥ جم خلاصة خميرة.
- ٢ جم لاكتوز.
- ١٠ جم مانيتول.
- ٥ جم ثنائي بوتاسيوم أحادي هيدروجين فوسفات.
- ٧٥ جم ملح طعام.
- ٠.٠٤٩ جم صوديوم أزيد.
- ١٠٠٠ جم ماء مقطر.

تحضير البيئة:

تذاب المكونات وتعقم فى الأوتوكلاف عند درجة ١٢٠°م لمدة ١٥ دقيقة ويضبط الرقم الهيدروجيني ما بين ٧.٤-٧.٦ وتبرد حتى درجة ٥٠°م ويضاف ٥٠ مل من (Egg yolk tellurite) لكل لتر من البيئة ثم يصب فى أطباق للاستعمال.

الاختبار التأكيدي:

١. تزرع الأطباق من العينات الإيجابية فى الاختبار الأول التى أعطت عكارة بواسطة أبرة الزرع، ثم تحضن الأطباق عند ٣٧°م لمدة ٤٨ ساعة وتكون الأطباق إيجابية إذا أعطت نموات لها لون غامق (Opaque) ومحاطة بمساحة صفراء اللون حولها (Yellow zone).
٢. يجرى لهذه النموات اختبار الـ (Catalase) وتكون العينة إيجابية إذا كانت (Catalase positive).
٣. يعمل أفلام وتصبغ بصبغة الجرام وتفحص تحت الميكروسكوب لإظهار البكتريا العنقودية موجبة الجرام (Staplylscocci).

الفصل العاشر

التحليل البكتريولوجي باستخدام طريقة الترشيح الغشائي

الفصل العاشر

التحليل البكتريولوجي باستخدام طريقة الترشيح الغشائي

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـى أن:

- يبين الاختلاف بين طريقة الترشيح الغشائى عن طريق الأنابيب المتعددة.
- يحدد العوامل التى تؤثر على حجم عينة الماء المعدة للترشيح.
- يذكر المواد والتجهيزات اللازمة لإجراء طريقة الترشيح الغشائى.
- يشرح الإجراءات الخاصة بتحضير كميات صغيرة من الأوساط لأنواع المرق.
- الخطأ فى التحاليل يشرح بالتفصيل خطوات وإجراءات تعيين إجمالى القولونيات.
- يذكر طريقة تعيين عدد القولونيات الغائطية.
- يحدد مصادر البكتريولوجية.
- يذكر الاحتياطات الواجب مراعاتها عند جمع العينة.
- يحدد احتياطات وإجراءات مراقبة الجودة التى يجب اتخاذها فى المعمل.

المبدأ الأساسي

بعكس طريقة الأنابيب المتعددة، تعطى طريقة الترشيح الغشائي (MF) عـداً مباشراً لإجمالي القولونيات وللقولونيات الغائطية الموجودة فى عينة معينـة من الماء، وتتضمن هذه الطريقة ترشيح حجم معروف من الماء خلال مرشح غشائي سيلولوزي ذي مسام منتظمة قطر كل منها ٠.٤٥ ميكرومتر، تحتجز الجراثيم على سطح المرشح الغشائي. وعندما يوضع الغشاء الـذي يحتـوى على الجراثيم فى مستنبت تفريقي انتقائي فى حاوية معقمة تحفظ فى حاضنة درجة حرارتها مناسبة، تنمو مستعمرات مميزة من القولونيات والقولونيـات الغائطية يمكن عدها مباشرة.

حجم عينة الماء المعدة للترشيح

حيث أن مساحة الترشيح صغيرة نسبياً، فهي تعزز نمو عـدد محـدود مـن المستعمرات. والعدد الأمثل هو بين ٢٠ , ٨٠ مستعمرة، يصل بحد أقصـى قدره ٢٠٠ مستعمرة. وفى حالة تخطى هذا الرقم، قد تنشأ مستعمرات غيـر نمطية أو مترابطة (Superimposed) صغيرة جـداً، أو قـد يحـدث تثبـيط (Inhibition) للنمو بسبب التكاثر الجرثومي المفرط. ويعتمد اختيـار حجـم العينة التى يراد ترشيحها على نوع الماء، ويوضح الجـدول رقـم (١٠-١) الحجوم المقترحة من العينة للمرشح الغشائي.

جدول رقم (١٠-١)

الحجوم المقترحة من العينة للمرشح الغشائي للكوليفورم الكلي

مصدر المياه	الحجم × المرشح سم^3							
	١٠٠	٥٠	١٠	١	٠.١	٠.٠١	٠.٠٠١	٠.٠٠٠١
مصدر شرب	×							
حمامات سباحة	×							
آبار، عيون	×	×	×					
بحيرات، وخزانات	×	×	×					
مآخذ مياه			×	×	×			
خليج للسباحة			×	×	×			
مياه أنهار				×	×	×	×	
ماء صرف مكلور				×	×	×		
ماء صرف خام					×	×	×	×

وإذا لم يكن مصدرالعينة معروفاً، وكان محتواها المحتمل من الجراثيم غير محدد المقدار، يجب ترشيح أحجام من الماء تختلف بمقدار عامل عشري (Factor of ten) للتوصل إلى نطاق ملائم للتحليل، وإذا كان حجم الماء المراد ترشيحه أقل من ١٠ مل، يجب وضع ٢٠ مل على الأقل من ماء تخفيف معقم فى القمع قبل الترشيح.

التجهيزات

بالإضافة إلى التجهيزات والأواني الزجاجية الأساسية المستخدمة فى طريقة الأنابيب المتعددة (MT) (انظر الفصل التاسع)، من الضروري توفر المواد التالية لإجراء طريقة الترشيح الغشائي (MF):

١. شفاط مائي (Water aspirator)، أو مفرغ هواء (Vacuum pump) كهربائي أو أية طريقة ملائمة لإحداث فراغ جزئي يساوي نصف الضغط الجوي على الأقل.
٢. قارورة ايرلنماير (ذات فتحة جانبية) سعة لتر واحد وأنبوبة مطاطية متصلة بها ذات جدار سميك لمنع أنطواء الأنبوبة عند إحداث التفريغ.
٣. دعامة للمرشح مكونة من قاعدة أو دعامة مسامية (Porous) يوضع عليها المرشح ويمكن تثبيتها بقارورة ايرلنماير بواسطة سدادة مطاطية، بالإضافة إلى حاوية علوية يمكن تثبيتها بالدعامة المسامية. ويجب لف قطعتي دعامة المرشح بالورق كل على حدة وتعقيمهما فى الحاضنة لمدة ١٥ دقيقة على الأقل فى درجة حرارة ١٢١°م.
٤. أطباق بترى (Petri) زجاجية أو بلاستيكية بمقياس ٦٠ × ١٥ ملليمتر.
٥. مرشحات غشائية، قطرها ٤٧-٥٠ ملليمتر، وقطر مسامها ٠.٤٥ ميكرومتر. وأكثر المرشحات الغشائية ملائمة المغلفة منها على انفراد والمعقمة سلفاً. ويمكن أيضاً استعمال مرشحات غشائية غير معقمة ولكن يجب لفها فى رزم صغيرة وبأعداد ملائمة (حسب عدد العينات المراد فحصها)، و تعقيمها دفعة واحدة فى الحاضنة وتجفف بالسحب السريع للبخار.

٦. رفائد ماصة مغذية (Nutrient pads) تتكون من أقراص من ورق الترشيح سمكها ١ ملليمتر، وقطرها مطابق لقطر المراشح الغشائية.
٧. ملقط.
٨. عدسة مكبرة، قدرتها على التكبير ٤ أو ٥ أضعاف، لفحص وعد المستعمرات على المرشحات الغشائية.

المستنبتات (الأوساط) وماء التخفيف

يمكن استخدام أوساط متعددة لفحص الجراثيم القولونية بطريقة الترشيح الغشائي. منها غراء لاكتوز تيرغيتول، ولاكتوز (TTC)، وغراء تيرغيتول، ومرق لاكتوز سلفات اللوريل، التى يمكن استخدامها فى فحص الجراثيم القولونية فى درجة حرارة ٣٥°م أو ٣٧°م، وفى فحص جراثيم القولونيات الغائطية فى درجة ٤٤°م. ويجب استعمال أوساط من النوع (Endo-type) فى عد القولونيات فى درجة ٣٥° أو ٣٧°م ومرق (MFC) فى درجة ٤٤°م لعد القولونيات الغائطية، ومع أن كافة هذه الأوساط تعتمد على اختمار اللاكتوز لاكتشاف الجراثيم القولونية الظنية، يختلف التفاعل المميز باختلاف المستنبت. ويعتمد اللمعان المعدني المميز للمستعمرات فى الأوساط التى من النوع (Endo-type) على تكون الألدهيد.

ورغم أنه بالإمكان تحضير الأوساط من المكونات (Ingredients) الأساسية، فقد يكون ذلك غير عملي بالنسبة لمختبر صغير. ولذا يوصى باستخدام أوساط مجففة لهذا الغرض. ويمكن تحضير الأوساط على شكل مرق واستعمالها مع رفائد ماصة مغذية (Nutrient)، أو كصفائح غراء جامدة ويمكن تجميد الأمراق بإضافة ١.٢-١.٥% من الغراء قبل الغلي. فعلي سبيل المثال تبين فيما يلي الإجراءات الخاصة بتحضير كميات صغيرة من الأوساط المتعلقة بمرق (M-Endo MF) ومرق (MFC):

أ. مرق M-Endo MF:

١. أذب ٢.٤ جراماً من مستنبت مجفف فى ٥٠ مل من الماء المقطر وأضف ١ مل من الكحول الإيثيلي ٩٥%.

٢. عقم بالتسخين برفق إلى مجرد نقطة الغليان. ويمكن تخزين الوسط لغاية ٤ أيام فى الثلاجة، ويكفى نحو ٥٠ مل من الوسـط لإجـراء ٢٥ اختباراً تقريباً.

ب. مرق MFC:

١. أذب ١.٩ جراماً من الوسط المجفف فى ٥٠ مل من مـاء مقطـر يحتوى على ١.٠% من حمض الروزوليك فى ٠.٢ مول/لتر مـن محلول هيدروكسيد الصوديوم.
٢. سخن الوسط إلى نقطة الغليان.
٣. أبعده عن الحرارة بسرعة وبرده إلى ما دون ٤٥°م.

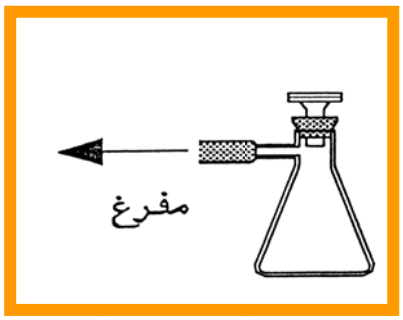
هذا ويمكن تخزينه لمدة ٤ أيام فى الثلاجة. ويتعين تحضير ماء التخفيف كما هو موضح فى الفصل التاسع.

الطريقة:

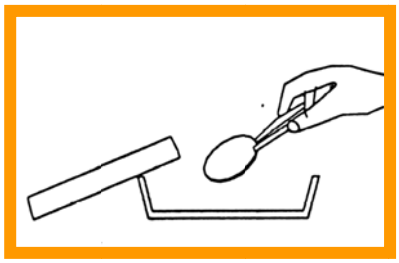
فيما يلى سردا للطرق العامة، ولكن توجد هناك أنواع مختلفة مـن وحـدات الترشيح والأجهزة الأخرى.

تعيين إجمالي القولونيات

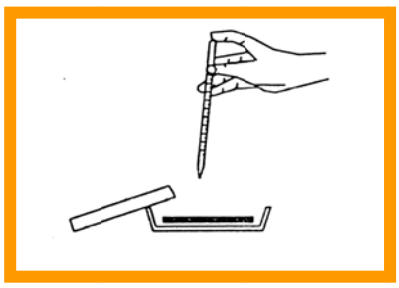
أ. أوصل قارورة أيرلنماير جانبية المقـبض Side-arm إلـى مصدر التفريغ وضع الدعامة المسامية Porous فى مكانها. وفى حالة استخدام مضخة كهربائيـة، يستحسـن وضـع قارورة ثانية بين قارورة ايرلنماير ومصدر التفريغ، وتقوم القارورة الثانية مقام مصـيدة للمـاء لتحمـى المضـخة الكهربائية.



ب. أفتح طبق بترى وضع فيه رقيقة.



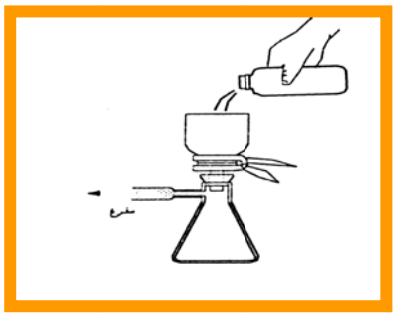
جـ. أضف ٢ مل من وسط انتقائي مرقى بواسطة ماصة معقمة لإشباع الرفادة



د. ركب وحدة الترشيح بوضع مرشح غشـائي معقـم فـوق الداعمة المسامية مستخدماً ملقطاً معقماً بالنار.

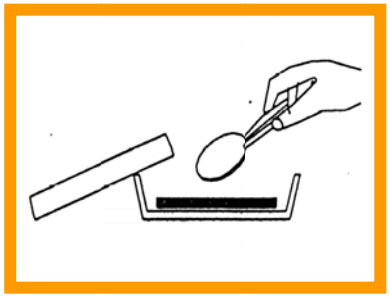
هـ. ضع الحاوية العلوية فى مكانها وثبتها بواسطة المشابك الخاصة (يتوقف نوع المشبك المستخدم على نوع الأجهزة).

و. صب كمية العينة التى يتم اختيارها على أنها مثالية وفقـاً لنوع الماء، فى الحاوية العلوية. وإذا كـان حجـم عينـة الاختبار أقل من ١٠ مل، يضاف ٢٠ مل على الأقل مـن ماء التخفيف المعقم إلى الحاوية العلوية قبل الترشيح. شغل مفرغة الهواء.

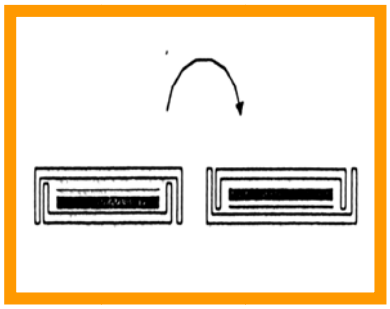


ز. بعد إمرار العينة خلال المرشح، أفصل مفرغ الهواء واشطف الحاوية بواسطة ٢٠-٣٠ مل من ماء التخفيف المعقم. كرر الشطف بعد أن يكون جميع ماء الشطف الأول قد مر خلال المرشح.

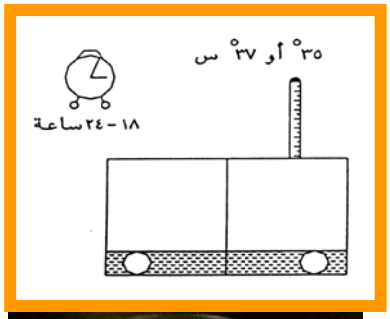
ح. فك وحدة الترشيح باسـتعمال الملقـط، وضـع المرشـح الغشائي فى طبق بتري على الرفادة على أن يكون الجانب الشبكي إلى أعلى وتأكد من عدم احتجاز فقاقيع هوائية بين الرفادة والمرشح.

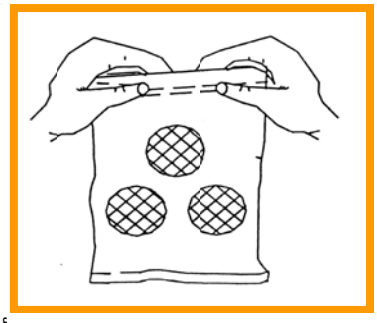


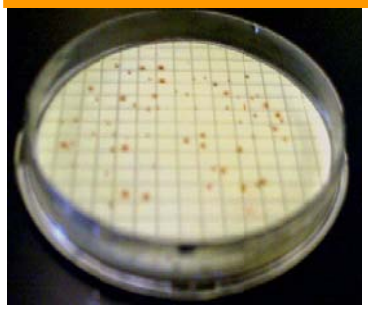
ط. أقلب طبق بترى تمهيداً لوضعه فى الحاضنة.



ى. ضع طبق بترى فى الحاضنة فى درجة حرارة ٣٥°م أو ٣٧°م لمدة ١٨-٢٤ ساعة فى نسبة رطوبة ١٠٠% (لضمان ذلك ضع قطعة قطنية مبتلة فى الحاضنة). وفى حالة استعمال أطباق بلاستيك ذات أغطية محكمة، لا حاجة حينئذ للترطيب.







يكون لون مستعمرات الجراثيم القولونية متوسط الحمرة أو داكن الحمرة، ولها لمعان سطحي ذهبي ضارب للخضرة أو معـدني. وقد يغطي هذا اللمعان المستعمرة برمتها، أو يظهر فقـط فـى وسط المستعمرة.

ويجب عدم عد المستعمرات التى من أنواع أخرى. ويمكن عد المستعمرات بالاستعانة بعدسة. وعندها يمكن التوصل إلى عدد إجمالي القولونيات فى كل ١٠٠ مل كما يلي:

$$\text{إجمالي القولونيات فى كل ١٠٠ مل} = \frac{\text{عدد المستعمرات القولونية التى يتم عدها}}{\text{عدد المليلترات من العينة المرشحة}} \times ١٠٠$$

تعيين عدد القولونيات الغائطية

الطريقة المتبعة فى تعيين عدد القولونيات الغائطية مماثلة للطريقة المتبعة فى تعيين عدد إجمالي القولونيات. رشح العينة كما هو موضح، وضع المرشـح الغشائي على الرفادة المشبعة، على سبيل المثال، بوسط (MFC).

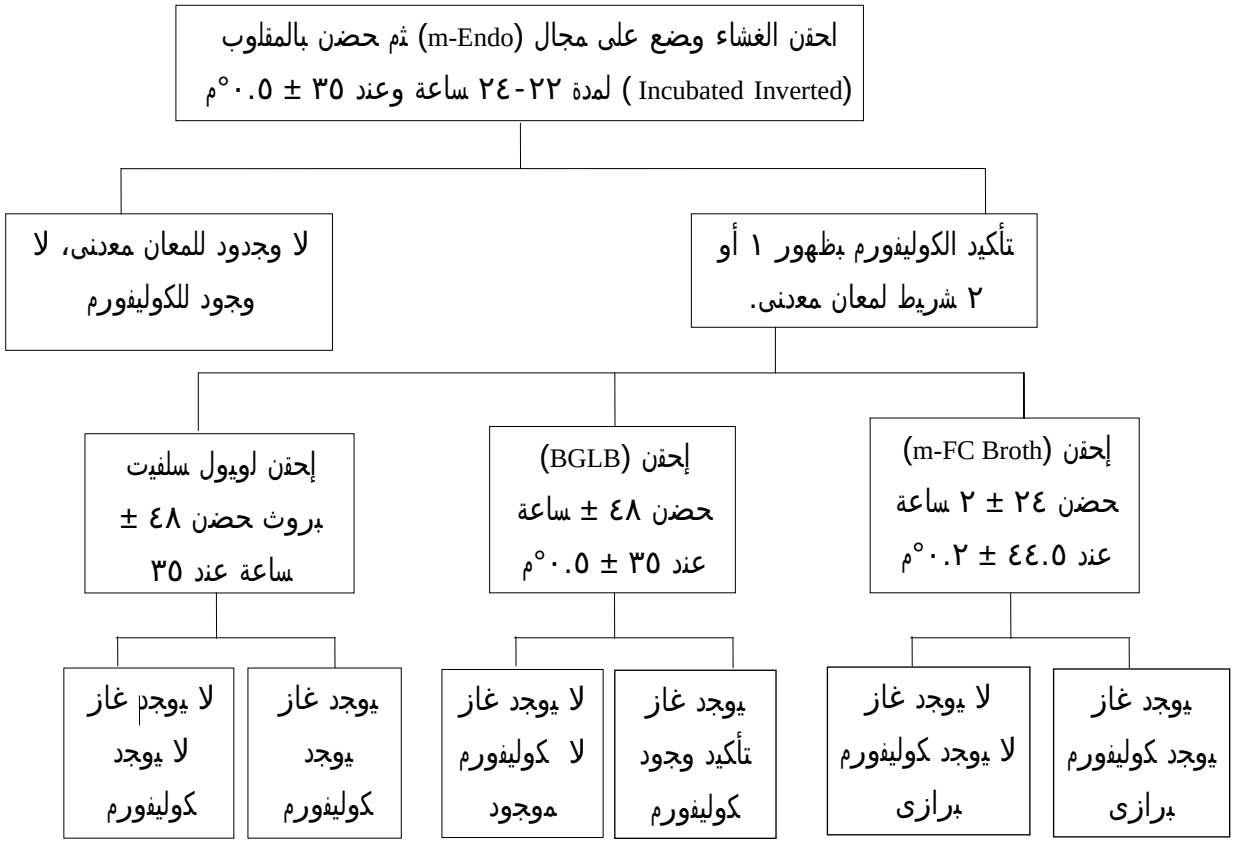
أ. ضع الأطباق فى حاضنة فى درجة حرارة ٤٤ ± ٠.٥°م لمدة ٢٤ ساعة فى درجة الرطوبة ١٠٠% وكبديل لذلك، يمكن وضع أطباق بترى محكمة الإغلاق فى أكياس بلاستيك غير منفذة للماء تمهيداً لوضعها فى الحاضنة.

ب. غطس الأكياس فى حمام مائي يحتفظ به فى درجة حرارة ٤٤ ± ٠.٥°م لمدة ٢٤ ساعة ويجب أن تبقى الأكياس تحت سطح الماء طوال فترة الحضانة ويمكن إبقاؤها مغمورة بالماء بواسطة ثقل مناسب مثل رف معدني.

يكون لون مستعمرات جراثيم القولونيات الغائطية أزرق فى حين أن مستعمرات القولونيات غير الغائطية ذات لون رمادي أو أصفر شاحب Cream ويمكن عد المستعمرات بالاستعانة بعدسة مكبرة وعندها يمكن التوصل لعدد القولونيات الغائطية كما يلي:

$$\text{عدد القولونيات الغائطية فى كل ١٠٠ ملليلتر} = \frac{\text{عدد المستعمرات القولونية التى يتم عدها}}{\text{عدد الملليلترات من العينة المرشحة}} \times ١٠٠$$

ويوضح الشكل رقم (١٠-١) الخطوات التوضيحية للكولیفورم الكلي باستخدام المرشح الغشائي.



شكل رقم (١٠-١)

الخطوات التوضيحية للكوليفورم الكلي باستخدام المرشح الغشائي

مصادر الخطأ فى التحاليل البكتريولوجية:

١. أن يقوم بتجميع العينات عامل وليس فني.
٢. الحصول على عينات من أماكن غير مناسبة.
٣. عدم نقل العينات فوراً للمعمل.
٤. وضع عينات المياه بجوار عينات صرف.
٥. عدم استخدام ثلاجة لنقل العينات.
٦. استخدام مياه تخفيف أو بيئات وزجاجيات غير معقمة.
٧. استخدام بيئات انتهت فترة صلاحيتها.
٨. استخدام أجهزة غير معايرة.
٩. عدم استخدام برامج ضبط وتأكيد جودة التحاليل

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند جمع العينة:

١. عدم لمس العبوة للصنبور أثناء جمع العينة.
٢. عدم شطف العبوة بالماء.
٣. عدم التنفس فى داخل العبوة.
٤. عدم ملء العبوة لدرجة الانسكاب.
٥. عدم لمس العبوة أو غطائها من الداخل.
٦. قياس تركيز الكلور المتبقي والعكارة فى موقع أخذ العينة.
٧. منع تساقط الأتربة أثناء جمع العينة.
٨. ألا يزيد الوقت بين سحب العينة وتحليلها عن ٦ ساعات.

اختبارات مراقبة الجودة:

١. يجب أن يكون المعمل نظيفاً وذى درجة حرارة ورطوبة مسيطر عليها. المعمل الجيد التهوية مرغوب فيه. كما يلزم تواجد إضاءة مناسبة (١٠٠٠ لوكس) وما لا يقل عن ٦ قدم فراغ على منضدة المعمل لكل كيميائى أو قائم بالتحليل لحظة التجربة. وكذلك يوصى بتوفير 5-٦ قدم من مسطح منضدة التحاليل تكون فراغاً احتياطياً لكل قائم بالتحليل، ماء، غاز، مخارج كهربية، أجهزة تفريغ و كل هذا يلزم توفيره.

٢. تحضر عينات ضبط معقمة و تختبر كل عشر عينات فى المرشح الغشائي وفى حالة ظهور تلوث على عينة الضبط، تعتبر كل البيانات لهذا اليوم غير مطابقة مما يتطلب إعادة أخذ العينات.

٣. تستخدم مياه مقطرة فى تحضير المحاليل و التخفيف ويلزم تحليل هذة المياه شهرياً بمراقبة درجة التوصيل الكهربي، الرقم الهيدروجيني، الكلور المتبقي، وفى حالة وجود أى نتائج تزيد عن القيم القياسية، يلزم البحث عن ماء آخر، كما يلزم مراجعة آثار المعادن مثل الرصاص، الكادميوم، الكروم، النحاس، النيكل، الزنك.

٤. يقوم المعمل بتحليل عينة غير معروفة لإثبات الكفاءة (Performance Sample) سنوياً.

٥. لمراقبة جودة مياه التخفيف/ الشطف (Free Dilution or Rinse Water) يضاف ٢٠ سم^3 من المياه الى ٢٠ سم^3 من مرق المغذيات (Nutrient Broth) ويوضع فى حضانة عند درجة حرارة ٣٥ ± ٠.٥^o م لمدة ٢٤ ساعة. فى حالة وجود ترسيب أو عكارة، فإن ماء التخفيف/ الشطف يكون ملوثاً ويجب عدم استخدامه.

٦. تراجع زجاجة عينة لكل كمية معقمة ٢٥ سم^3 من مرق المغذيات بأن توضع فى حضانة عند درجة حرارة ٣٥±٠.٥^{o}م لمدة ٢٤ ساعة وتراجع الزجاجة لملاحظة التعقيم أو النمو. في حالة الإيجابية يلزم إعادة غسل وتعقيم كل الزجاجات مرة ثانية.

٧. يلزم توافر كل بيانات ظروف الاستخدام (Media list) مع تاريخ الاستلام، تاريخ الفتح، تاريخ تسلسل الحيازة، كشف البيانات (Data Sheet). كما يلزم تخزين وحفظ عبوات الأوساط التى تم فتحها فى مجفف (Desiccators) لإطالة فترة التخزين إلى ١٢ شهر. وإلا يتم التخلص من هذة المواد بعد ستة أشهر.

٨. يلزم تسجيل كل بيانات ظروف العمل فى ملف خاص يحوى اسم القائم بالتحضير، التاريخ، أسم ورقم العينة، الوزن، الحجم الذي تم تحضيره، وقت التعقيم والحرارة، الرقم الهيدروجيني، المراجعات الموجبة والسالبة.

٩. عند تسجيل بيانات ظروف العمل الإيجابية والسلبية للبكتريا لهذا المجال يتم تحليلها للنمو قبل الاستخدام.

١٠. فى حالة تواجد أكثر من كيميائي، يقوم كل منهم بعد القرص من ٣٠-٣٠٠ كوليفورم كلي على الأقل مرة فى الشهر من المزارع اللاحقـة. وعدد المستعمرات يجب أن يكون فى حدود ١٠%.

١١. يراجع تعقيم أغشية المرشح بالتشرب باستخدام ٥٠ سم^{٣} مـن مـرق المغذيات ويوضع فى حضانة عند درجة حرارة ٣٥ ± ٠.٥°م ويراقب النمو على المرق بعد ٢٤ ساعة، وفى حالة نمو إيجابى لا تستخدم هذه المرشحات.

١٢. عند استخدام (MPN)، تراجع ظروف التعقيم بأخذ أنبوبة من العينـات المعدة وتوضع فى حضانة عند درجة حرارة ٣٥ ± ٠.٥°م لمدة ٢٤-٤٨ ساعة. وفى حالة وجود عتامة أو غازات، لا تستخدم الكمية كلهـا (Batch) ويتم التخلص منها.

١٣. تسجل بيانات التعقيم (Autoclave Sheet) لتبين التاريخ، ووقت الدخول ووقـت الخـروج و درجـة الحـرارة ومحتويـات جهـاز التعقـيم (Autoclave).

١٤. يلزم مراجعة درجة الحرارة لجهاز التعقيم، ودائرة التوقيت وتسـجيلها كل ٤ شهور.

١٥. يلزم تسجيل درجة حرارة الثلاجة أو حمام الماء والحضـانات يوميـاً للتاكد من أنها فى حدود مجال درجة الحرارة المطلوبة.

١٦. يلزم تسجيل رقم عينة الغشاء وتاريخ الاستلام.

١٧. يلزم استخدام لاصقات لا تتأثر بالحرارة أو المياه.

١٨. يلزم وضع ملصقات (Labeled) على كل عبوات الكيماويات والمحاليل تبين نوع وتركيزالمحتويات وطريقة الحفظ و تاريخ التحضير وانتهاء الصلاحية، ومن قام بالتحضير.

الفصل الحادى عشر

التحاليل البيولوجية (الميكروسكوبية) لمياه الشرب

الفصل الحادى عشر

التحاليل البيولوجية (الميكروسكوبية) لمياه الشرب

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـى أن:

- يذكر الغرض من إجراء التحاليل البيولوجية.
- يشرح أهم المشاكل التى تنتج عن وجود الطحالب فى مصادر المياه.
- يتعرف على بعض انواع الطحالب فى المياة.رقابة على إنشاء و تشغيل خزانات المياه.
- يذكر الأجهزة والمحاليل التى تستخدم لإجراء الفحص الميكروسكوبى.
- يشرح خطوات طريقة عد الطحالب.
- يحسب عدد الطحالب الكلية فى عينة ماء.

الغرض من التحاليل البيولوجية

الغرض من هذه التحاليل هو معرفة عدد الكائنات النباتية الحية الدقيقة التى لا ترى بالعين المجردة، ومن أهم الفحوص الميكروسكوبية للمياه (كما تنص عليه المواصفات المصرية) ما يلي:

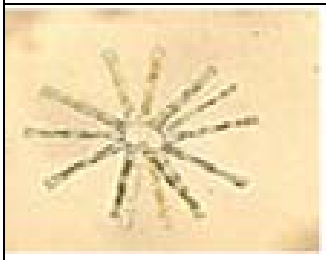
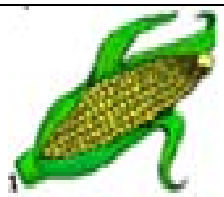
١. البحث عن الطحالب الخضراء المزرقة (Blue green algae) وعدها.
٢. البحث عن الطحالب الخضراء (Green Algae) وعدها.
٣. البحث عن الدياتومات (Diatoms) وعدها.

وتبدو أهمية هذه الفحوص لما تسببه الطحالب من روائح وطعم غير مستساغ فى المياه وما تسببه من زيادة فى الرقم الهيدروجيني فى بعض الأحيان عندما تحدث سيول وتجرف الدياتومات إلى المياه. ويوضح الجدول رقم (١١-١) بعض الطحالب التى يستدل عليها من رائحتها.

ومن أخطر ما تسببه الطحالب هو السموم الطحلبية التى تؤثر على الجهاز العصبي والكبد (Neurotoxin & Hepatotoxin) وذلك نتيجة لظهور بعض الظروف المواتية لنمو هذه الطحالب وسيادتها على الأنواع الأخرى، وتختلف الإفرازات والروائح باختلاف أنواع الطحالب وتبعاً لكميتها، كما تختلف المشاكل التى تسببها للمحطات باختلاف أنواعها، فهناك أنواع أخرى تسبب انسداد المرشحات (Filter Clogging Algae) وهناك أنواع لا تعيش فى المياه الملوثة ووجودها بكثرة يدل على تلوث المياه بالمواد العضوية.

جدول رقم (١١-١)

بعض الطحالب التى يستدل عليها من رائحتها.

الرائحة	الرائحة	النوع	الإسم	الشكل
	التراب أو الحشائش	الخضراء المزرقة	Anabaena laxa	
	السمك	دياتومات	Asterionella	
	الزهـور والفاكهة	الخضراء المزرقة	Chlamydomonas	
	الذرة	الخضراء المزرقة	Oscillatoria Tero	
	الخيار	الذهبية أو البنية	Syroira Petersenii	

المتاعب التى تنتج عن وجود الطحالب فى مصادر إمداد المياه

هناك العديد من المتاعب التى تنتج عن وجود الطحالب فى مصادر إمداد مياه الشرب، ونعرض منها ما يلى:

١. ظهور طعم ورائحة ولون فى مياه الشرب.
٢. تقليل كفاءة المرشحات بتقصير فترات تشغيلها والحاجة إلى غسيلها على فترات متقاربة جداً تصل إلى مرتين أو ثلاثة أو أكثر فى اليوم الواحد. وبالتالي فقد كمية كبيرة من المياه المرشحة المستخدمة فى الغسيل علاوة على نقص كمية المياه المعالجة نفسها.
٣. نمو الطحالب وأحياء أخرى غير مرغوبة (تعتمد على وجود الطحالب أصلاً فى توطيد نموها) داخل المواسير وشبكات التوزيع ووسائل نقل المياه بشكل عام.
٤. صعوبة استعمالها فى الصناعة نتيجة لتداخل الطحالب فى الاستعمالات الصناعية للمياه، بتغييرها لنوعية المياه (إفراز للهلام وتبديلها للرقم الهيدروجيني وإنتاجها للغازات الذائبة وزيادة ما تحتويه من المواد العضوية).
٥. تساعد الطحالب بطريقة غير مباشرة على سرعة تآكل المواسير المعدنية والخزانات وأبراج التبريد.... ألخ.
٦. افراز السموم الطحلبية وعادة من الطحالب الخضراء المزرقة.

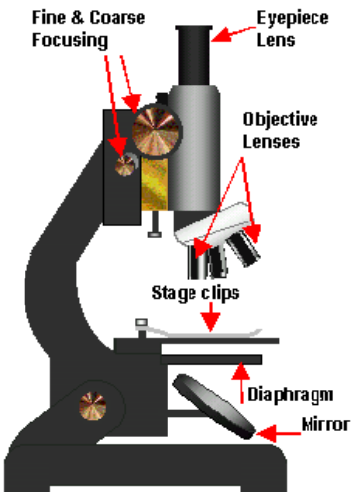
وتحتل الدياتومات وخاصة الدياتوم الخيطي المسمي الميلوزيرا (Melosira) مكان الصدارة بين مجموعة الدياتومات التى تسد مرشحات محطات تنقية مياه الشرب وتلى الطحالب الخضراء المزرقة الدياتومات من ناحية الكثرة العددية.

الفحص الميكروسكوبي

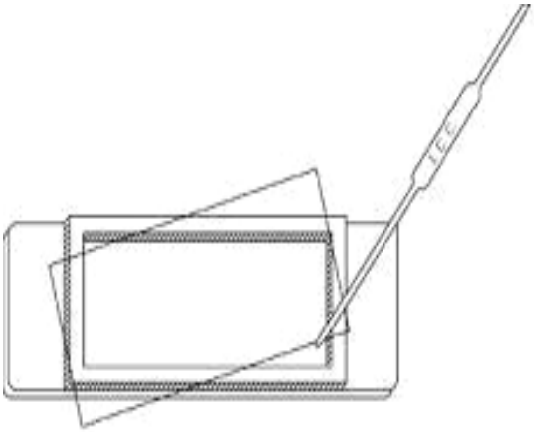
الأجهزة المستخدمة:

عند إجراء عملية الفحص الميكروسكوبى لابد من استخدام بعض الأجهزة التى تساعد على إعطاء نتائج سليمة ودقيقة، وهذه الأجهزة هى:

- ميكروسكوب ضوئي أو كهربي، عدسات شيئية (10x, 20x, 40x, 100x) وعدسات عينية (10x, 12x, 15x)، موضح بالشكل رقم (١١-١).
- شريحة قياسية مقاس ١ × ٣ بوصة والغطاء الزجاجي رقم ١ فى السمك تسمى شريحة رافتر (Sedgwick-Rafter slide) كما هو موضح بالشكل رقم (١١-٢) أو شريحة العد (Counting slide).
- ماصة ١ ملليلتر – مخبار مدرج سعة لتر.
- ترمومتر مئوي لقياس درجة حرارة المياه.
- شريحة المعايرة (Stage (Calibration) micrometer).
- قرص ويبل ويوضع داخل العدسة الشيئية للميكروسكوب (Whipple plankton- counting disc)، ويسمى أيضاً ميكرومتر (Micrometer).
- جهاز الترشيح الرملي لعد الطحالب. ويتكون من قمع مدرج حتى ٥٠٠ ملليلتر. وبه مساحة حوالي ٥ سم^{٣} تملأ بالرمال الناعمة (يتراوح قطرها من ٠.٦ إلى ٠.٣ مم) ومسدودة بسدادة كاوتشوك يخرج منها أنبوبة زجاجية مفتوحة الجانبين وتسد من ناحية الرمال بشاش أو بنوع من القماش (Bolting cloth).



شكل رقم (١١-١)
ميكروسكوب ضوئي



شكل رقم (١١-٢)
خلية رافتر للعد الطحلبي

المحاليل المستخدمة **محلول التثبيت:**

يذاب ٢ جرام من يوديد البوتاسيوم فى ٥ ملليلتر من الماء المقطر ثم يضاف ١ جرام من بللورات اليود إلى محلول يوديد البوتاسيوم ويقلب حتى يذاب اليود ثم يضاف ٢٩٥ ملليلتر من الماء المقطر ويتم التقليب.

طريقة عد الطحالب

١- يتم تجهيز عينات المياه العكرة ومياه المروقات والمرشحات للعد الطحلبى عند وصول عينات للمعمل فوراً على ألا يزيد زمن التأخير عن ثلاث ساعات للعينات المحفوظة عند ٤°م ونصف ساعة للعينات غير المحفوظة.

٢- يتم معرفة قوة العدسات العينية والشيئية، ويفضل أن تكون قوة تكبير العدسة العينية 10x والعدسة الشيئية 20x لوضوح الطحالب فى العد بواسطة الميكروسكوب.

٣- يتم حساب سعة الحقل فى خلية رافتر (Sedgwick Rafter Cell) من المعادلة:

سعة الحقل = ٥٠ مم × ٢٠ مم × ١ مم = ١٠٠٠ مم^{٣}.

وهذه الخلية تكون جاهزة التصنيع وسعتها ١ملليلتر.

٤- يتم حساب عدد الحقول التى تغطيها خلية رافتر من خلال حساب مساحة الحقل الواحد وباستخدم شريحة الميكروميتر. وذلك بتطابق عدد الخطوط الكبيرة سعة ٠.١ ملليلتر والخطوط الصغيرة ٠.٠١ ملليلتر وحساب طول ضلع مربع الحقل (Whipple Disc).

يتم حساب مساحة الحقل بضرب طول الضلع × نفسه

٥- يتم حساب عدد الحقول التى تغطيها خلية رافتر كالآتى:

$$\text{عدد الحقول فى خلية رافتر} = \frac{\text{مساحة شريحة (خلية) رافتر}}{\text{مساحة الحقل الواحد الموجود (Whipple disc)}}$$

٦- بعد حساب عدد الحقول التى تغطى شريحة رافتر بالكامل يتم أخذ ١ ملليلتر من عينة المياه ووضعه على شريحة رافتر بواسطة ماصة فى وضع مائل وتغطى الشريحة بغطاء زجاجى.

- يتم عد الطحالب بالحقول (ولنفترض أن عدد الحقول هو ٥٠) على النحو المبين فى الجدول رقم (١١-٢).

جدول رقم (١١-٢)

مثال لطريقة عد الطحالب بالحقول (عدد ٥٠ حقل)

رقم الحقل	عدد الديناتومات	عدد الطحالب الخضراء	عدد الطحالب الخضراء المزرقة
١	١٥	١٤	٨
٢	١٧	١٠	٦
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
٥٠	-	-	-
المجموع	٣٢	٢٤	١٤

المجموع الكلى للطحالب = ٧٠٠ خلية طحلبية فى ٥٠ حقل من جزء من ١ مللى لتر من العينة الأصلية.

مثال:

- قوة التكبير فى الميكروسكوب فى العدستين الشيئية والعينية 10x
- سعة حقل شريحة رافتر = ٢٠×٥٠×١= ١٠٠٠ ملليلتر
- عدد الحقول التى سيتم عد الطحالب فيها = ٥٠ حقل
- مساحة الحقل الواحد = $(٧\times٠.٠١ + ٠.٠١ \times ١٠)^{٢}$ = ٠.٦٤ $مم^{٢}$

تطبق العلاقة التالية:

عدد الطحالب / ١ ملليلتر (دياتومات) =

$$\frac{\text{عدد الحقول الموجودة فى شريحة العد (رافتر)}}{\text{عدد الحقول التى تم عدها}} \times \text{عدد الخلايا الطحلبية}$$

مساحة الحقل = (٠.٨)٢ = ٠.٦٤ مم^{٢}

عدد الحقول فى شريحة العد = $\frac{١٠٠٠}{٠.٦٤}$ = ١٥٦٢٥ حقل

١- عدد الطحالب/ ١ ملليلتر (دياتومات) =

$$\frac{١٥٦٢٥}{٥٠} \times ٣٢ = ١٠٠٠٠$$

٢- عدد الطحالب / ١ ملليلتر (الخضراء) =

$$\frac{١٥٦٢٥}{\quad} \times ٢٤ = ٧٥٠٠$$

٣- عدد الطحالب/١ ملليلتر (الخضراء المزرقة) =

$$\frac{١٥٦٢٥}{٥٠} \times ١٤ = ٤٣٧٥$$

٤- عدد الطحالب الكلية/ ١ ملليلتر = ٢١٨٧٥

- يتم وضع الغطاء الزجاجى على الشريحة فى الركن المواجه لفتحة وضع العينة.
- يتم اختيار الماصة ١ ملليلتر ذات فتحة واسعة الطرف حتى تنزل المياه مع المواد العالقة وحتى لا تسد الماصة.
- يتم مزج العينة جيداً ونتجنب الرج الشديد ثم تملأ الماصة بسرعة بعد رج العينة.
- عند ملء شريحة العد نحرك الغطاء الزجاجى.

- إذا تبين وجود فقاعات هوائية فى الشريحة حول الحواف تفرغ ويعاد ملؤها.

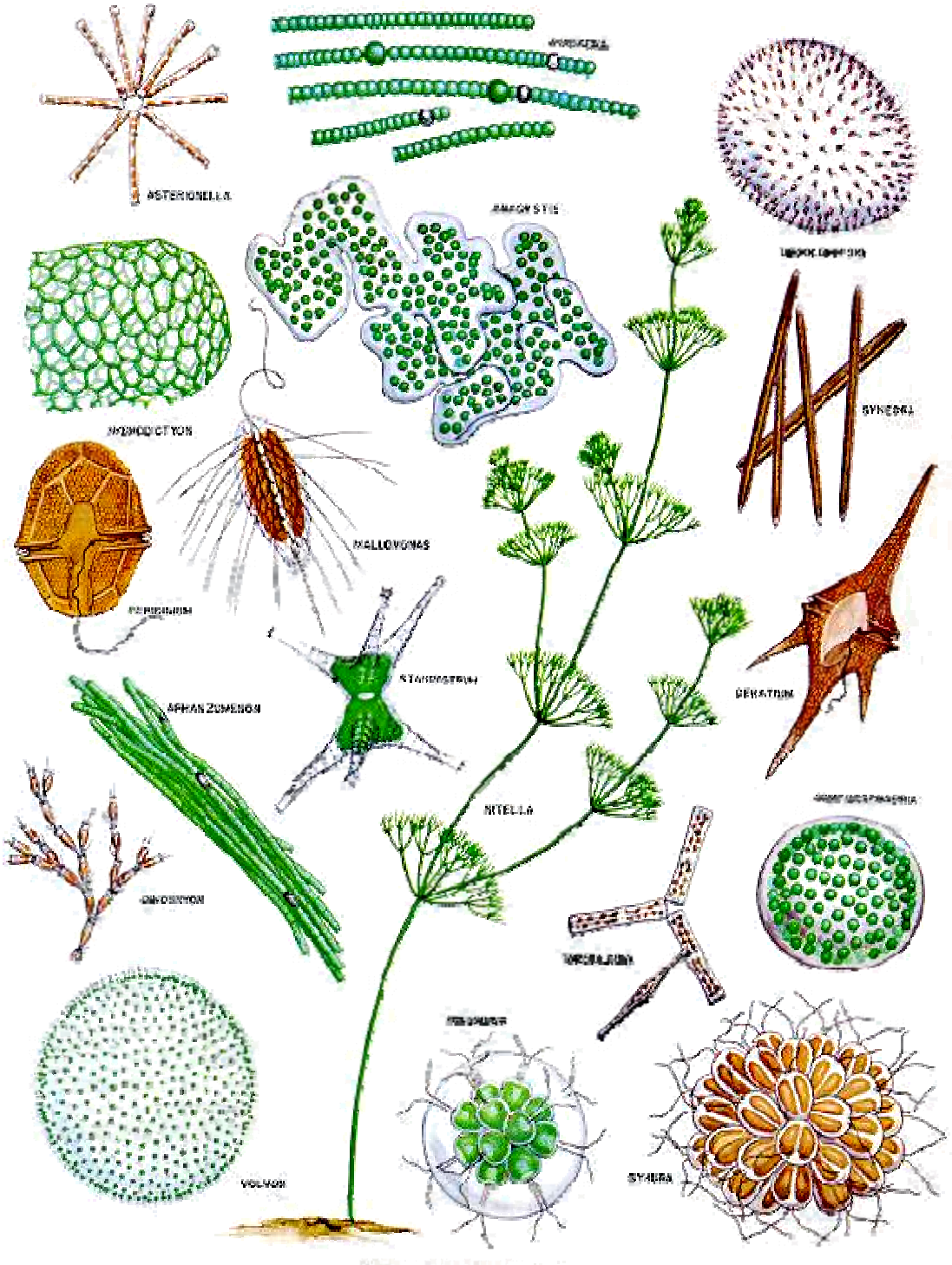
ملاحظات على استخدام شريحة سيدويك رافتر (Sedgwick Rafter):

- يتم العد من خلال فحص مساحة صغيرة من الشريحة وليس من خلال فحص مساحة الشريحة كلها.
- يتم التأكد من نظافة الشريحة والغطاء الزجاجى.

السموم الطحلبية التى تؤثر على الكبد Hepatotoxin:

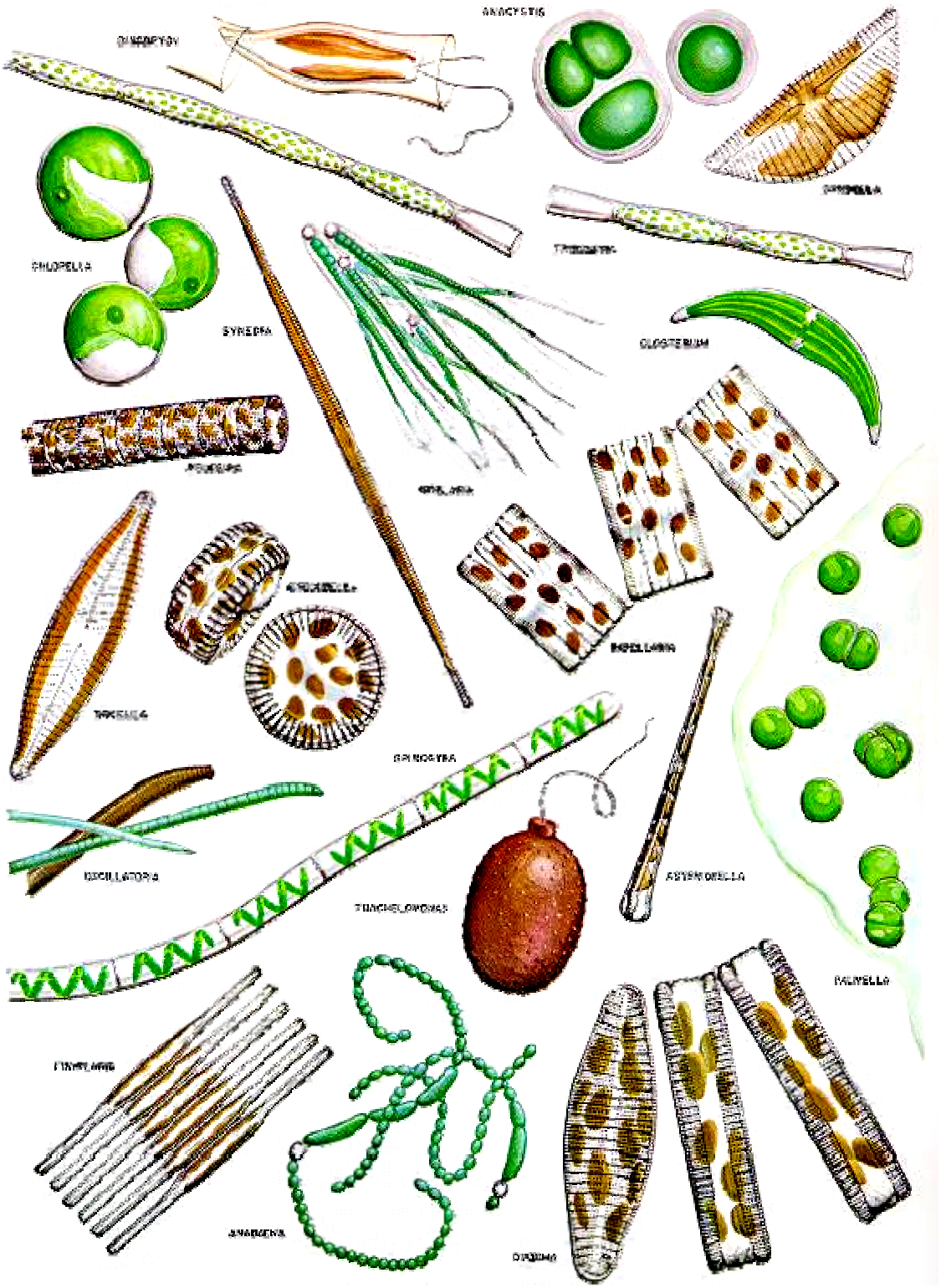
من أشهر هذه السموم ميكروسيستين (Microcystin) التى تفرزها الطحالب الخضراء المزرقة (Cyanobacteria) وهى مادة شديدة السمية وتؤدي إلى تدمير خلايا الكبد وتؤدى على المدى الطويل إلى سرطان الكبد كما أنها تؤدى الى أعراض مؤقتة مثل القيء والاضطرابات المعدية والكبدية والأمراض الجلدية (Gastro-Eenritis, Dermatosis).

وتوضح الأشكال أرقام (١١-٣)، (١١-٤) بعض أشكال الطحالب التى تتسبب فى إنسداد الفلاتر، أما الشكل رقم (١١-٥) فيوضح بعض الطحالب التى توجد فى المياه الملوثة ويوضح الشكل رقم (١١-٦) بعض الأحياء الدقيقة وأنواع الطحالب التى توجد فى المياه السطحية، أما الشكل رقم (١١-٧) يوضح بعض الطحالب التى تظهر فى المياه النظيفة.



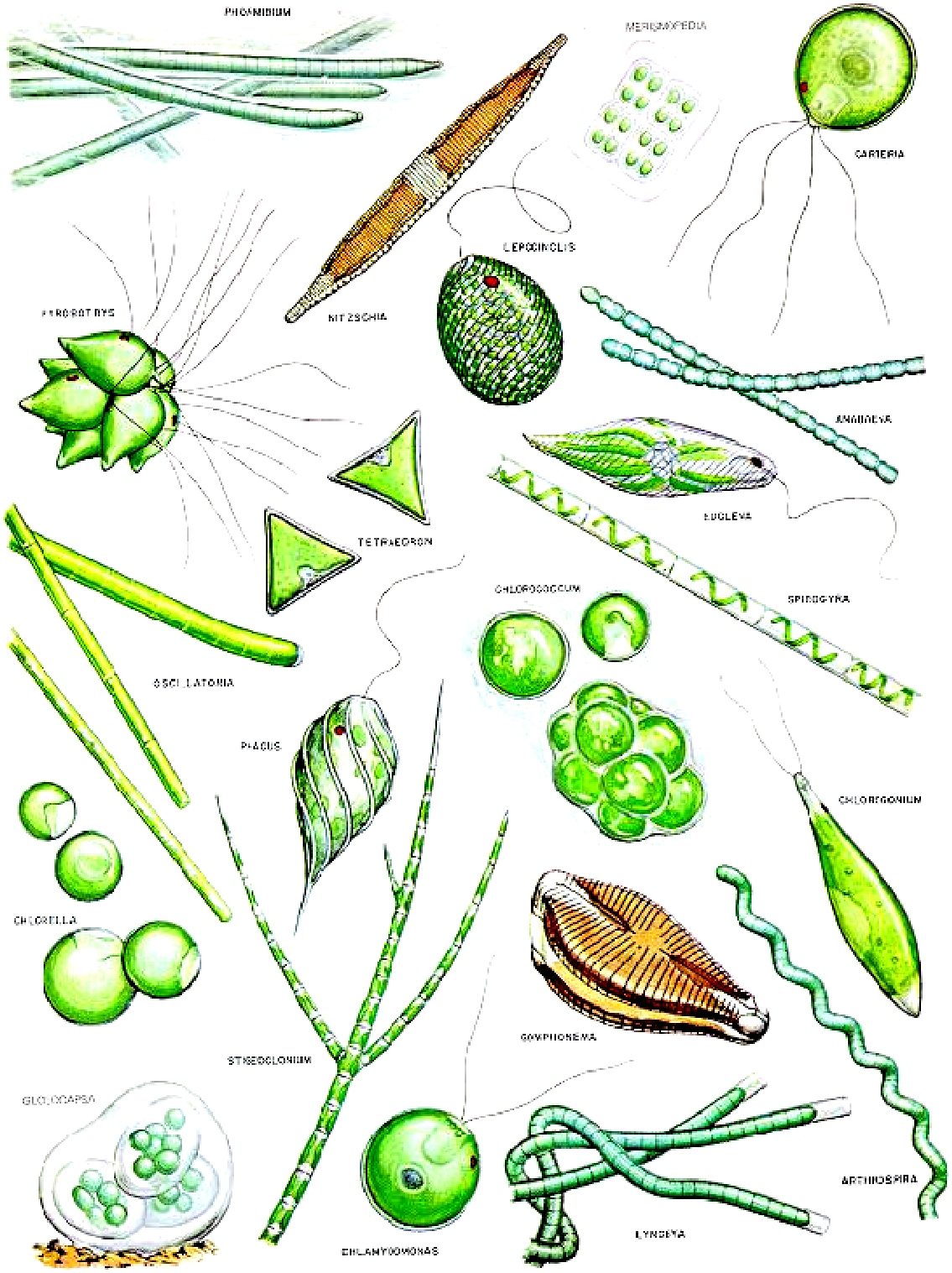
شكل رقم (١١-٣)

الطحالب التى تسبب انسداد الفلاتر



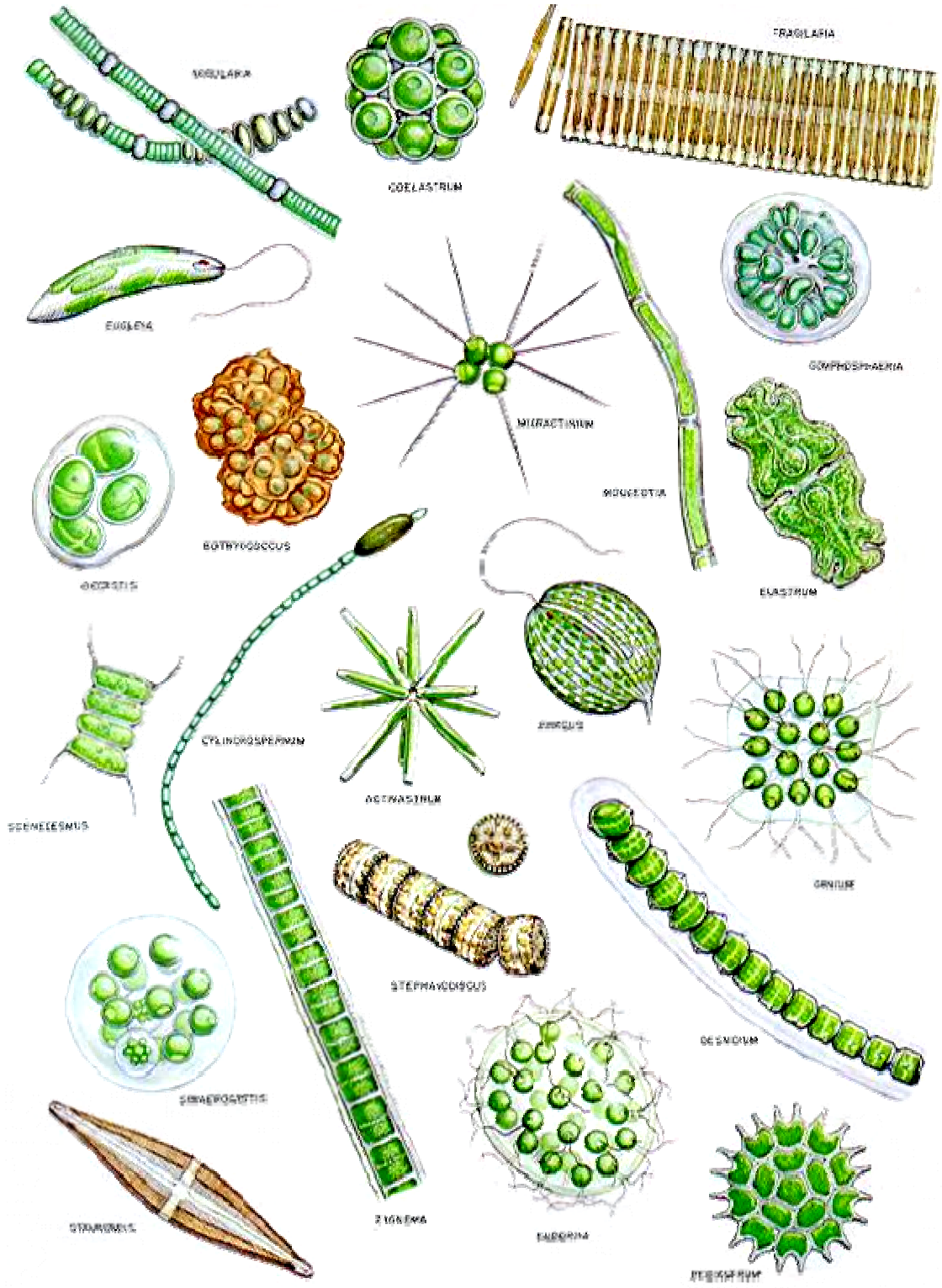
شكل رقم (١١-٤)

الطحالب التى تسبب انسداد الفلاتر



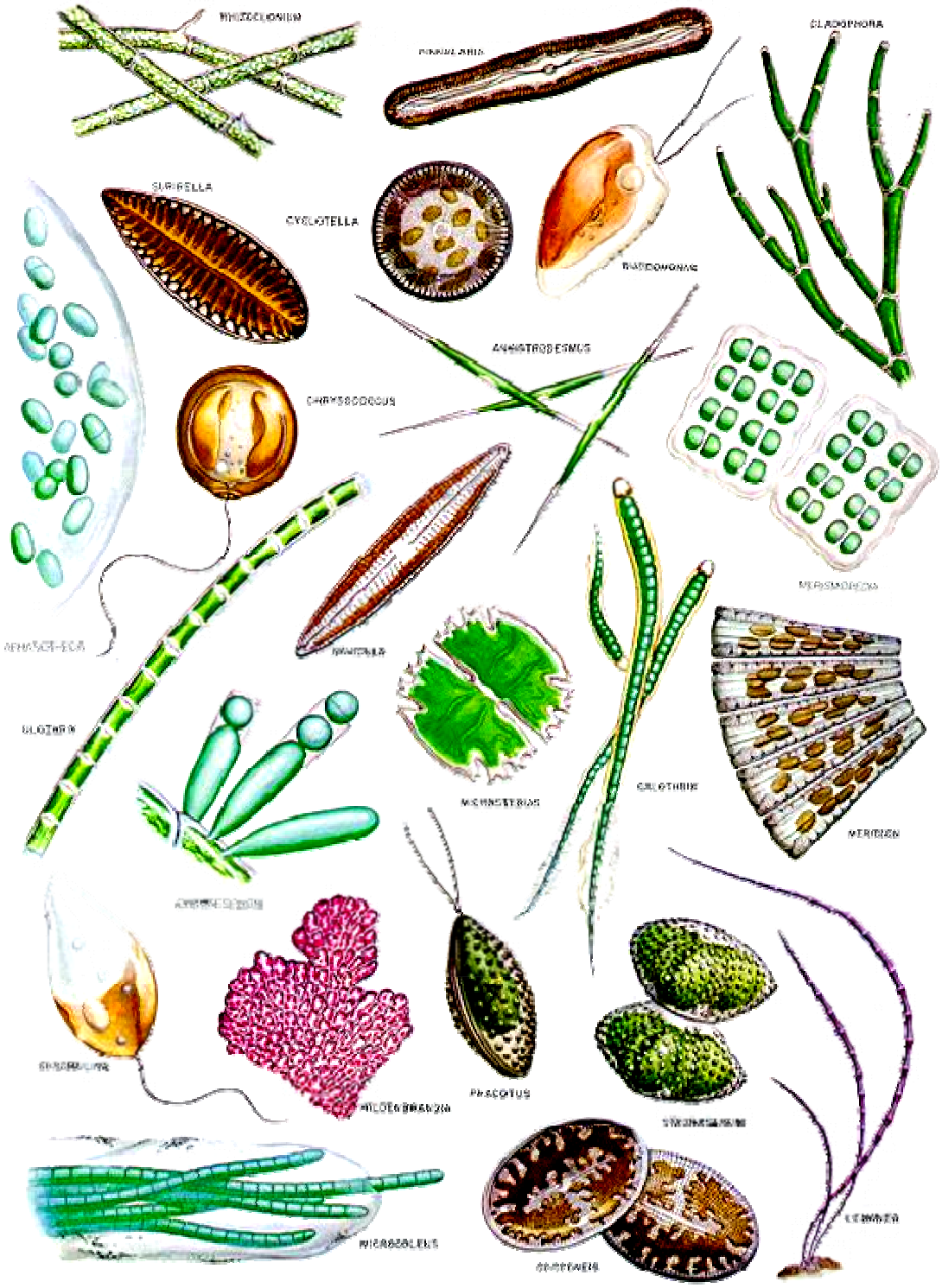
شكل رقم (١١-٥)

طحالب المياه الملوثة



شكل رقم (١١-٦)

أحياء دقيقة وأنواع أخرى من طحالب المياه السطحية



شكل رقم (١١-٧)

بعض الطحالب التى تظهر فى المياه غيرالملوثة (النظيفة)

الفصل الثانى عشر

أنواع ومصادر الأخطاء وضبط وتأكيد جودة التحاليل

الفصل الثانى عشر

أنواع ومصادر الأخطاء وضبط وتأكيد جودة التحاليل

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـى أن:

- يذكر أنواع الأخطاء التى تحدث فى التحاليل الكيميائية.
- يحدد الظروف المختلفة التى تؤدى لحدوث الخطأ العشوائى.
- يحدد الأسباب المختلفة التى تؤدى لحدوث الخطأ المنتظم.
- يوضح ما هو الخطأ الفادح والأخطاء التى تؤدى لحدوث الخطأ الفادح.
- يشرح معنى خطأ التقريب.
- يذكر مصادر الخطأ العملية فى معامل التحليل.
- يحدد أنواع ومصادر الأخطاء فى التحاليل الكيميائية وطرق التغلب عليها.
- يذكر الأنشطة التى تستخدم لإعطاء الثقة فى جودة النتائج.
- يشرح أهمية استخدام طريقة الإضافة القياسية المعروفة كجزء من خطة ضبط الجودة.
- يبين أهمية رسومات الضبط البيانية فى مراقبة جودة القياس ويعرف الحدود التحذيرية والحدود الضابطة.
- يذكر أنواع رسومات الضبط ومشتملات كل نوع منها.
- يحدد استخدامات رسومات الضبط البيانية ويقوم بتفسيرها.
- يذكر الحالات الخارجة عن نطاق الجودة فى رسوم X ورسوم R
- يذكر فوائد تطبيق برنامج تأكيد الجودة.

- يحدد العناصر التى يجب أن يحتوى عليها برنامج تأكيد الجودة.
- يذكر الشروط التى يجب توافرها لنجاح برامج تأكيد الجودة.
- يحدد النقاط التى يجب أن تتوافر فى استراتيجية جمع البيانات.
- يحدد القواعد التى يجب اتباعها عند تصميم استراتيجية جمع البيانات.
- يذكر الاستراتيجية التى يلزم اتباعها لضمان نجاح تحليل المياه.
- يشرح أهمية المراجعة والتفتيش فى إدارة نظم الجودة.

أولاً: أنواع ومصادر الأخطاء فى التحاليل المعملية

ما من شك فى أن جميع التحاليل الكيميائية تتعرض لأخطاء تؤدى إلى ظهور نتائج تبعد عن القيم الحقيقية وهذه الأخطاء هى:

١. الخطأ العشوائى Random error
٢. الخطأ المنتظم Systematic error
٣. الخطأ الفادح Gross error
٤. خطأ التقريب Rounding error

١. الخطأ العشوائى:

فى هذا النوع لا يؤدى إعادة التحليل على عينات متماثلة ومتجانسة إلى نتائج متطابقة بل يعطى نتائج متفرقة تنتشر حول قيمة محورية وبذلك فإنها ذات قيمة موجبة أو سالبة نسبة إلى هذه القيمة المحورية ويتفاوت بعد هذه القيم عن القيمة المحورية. ويمكن تقييم الخطأ العشوائى باستخدام الحيود القياسى.

ويعزى هذا الخطأ لاختلاف ظروف التحاليل مثل:

- اختلاف حجم العينة والكاشف المستخدم من تجربة إلى أخرى.
- تذبذب درجات الحرارة كإختلاف وقت ومكان التسخين.
- تذبذب ظروف تشغيل الأجهزة كدرجة الحرارة وسرعة السريان وشدة التيار الكهربى وطول الموجة المستخدمة فى القياس.
- التفاوت من تشغيله إلى أخرى.

٢. الخطأ المنتظم:

وهذا الخطأ يأخذ مسارا محددا وتكون كل القيم المقاسة إما أصغر أو أكبر من القيمة الحقيقية وقد يكون هذا الفرق كبيرًا أو صغيرًا ويعزى هذا الخطأ إلى:

- عدم ثبات العينة من وقت جمعها إلى وقت تحليلها.
- عدم القدرة على تحليل كل الأشكال الموجود عليها العامل المراد تحليله.
- التداخلات.
- انحراف قيم المعايرة زيادة أو نقصانًا.
- قيمة التجارب الغفل.

٣. الخطأ الفادح:

هو الخطأ الذى ينشأ بصورة عامة من عدم اليقظة لمن جمع العينة أو قام بالتحليل أو أعد التقرير، ويعزى ذلك إلى:

- أخطاء عند ترقيم العينات.
- تحليل العينة الخاطئة.
- استخدام طريقة غير مناسبة.
- القراءة الخاطئة لمقياس أو أرقام الأجهزة.
- استخدام وحدات خاطئة للتعبير عن التركيز.
- النقل الخاطئ للنتائج من كراسة النتائج الأصلية.
- نقل أرقام من مواقعها.
- إجراء الحسابات بطريقة خاطئة.

٤. خطأ التقريب:

عند تقريب قراءات أو أرقام فى المراحل الاولية للحسابات تنشأ أخطاء، حيث أنه فى بعض الأحوال تضرب القيم فى معاملات قد تزيد أو تقل كثيرًا عن القيمة إذا بقيت دون تقريب، لذا وجب عدم تقريب الأرقام حتى المرحلة الأخيرة من الحسابات، ويجب مراعاة ما يلى:

١. أن زيادة الخطأ العشوائى يؤدى إلى انخفاض دقة التكرارية (Precision).
٢. أن زيادة الخطأ المنتظم يؤدى إلى انخفاض الحقيقة Trueness.
٣. أن انخفاض الخطأ العشوائى يؤدى إلى ارتفاع دقة التكرارية.
٤. أن انخفاض الخطأ المنتظم يؤدى إلى ارتفاع الحقيقة.

وينشأ عن ذلك الحالات الآتية (جدول رقم ١٢-١):

جدول رقم (١٢-١)
نوعية الأخطاء وعلاقتها بالتكرارية والحقيقة

الحالة	خطأ عشوائى	خطأ منتظم
التكرارية منخفضة والحقيقة منخفضة	كبير	كبير
التكرارية مرتفعة والحقيقة منخفضة	صغير	كبير
التكرارية منخفضة والحقيقة عالية	كبير	صغير
التكرارية مرتفعة والحقيقة مرتفعة	صغير	صغير

وبذلك فإن أفضل الحالات هى التى يكون فيها كل من التكرارية والحقيقة عاليتان وهذان ينشآن من انخفاض الخطأ العشوائى والخطأ المنتظم.

أنواع ومصادر الأخطاء فى التحاليل الكيميائية

١. **<u>أخطاء عند جمع ونقل وتخزين وتحضير العينات:</u>**

أ. تلوث العينة من العبوة أو مصادر خارجية.
ب. استخدام عبوة غير مناسبة.
ج. التخزين تحت ظروف غير مناسبة أو لمدد طويلة.
د. عدم ثبات العينات وتحللها.
هـ. عدم استخدام مواد حافظة مناسبة.
و. عدم تجانس العينات.
ز. استبدال عينة بأخرى.
ح. اختلاف ظروف تحضير العينات.

٢. **<u>أخطاء من الكواشف والمواد المرجعية المستخدمة:</u>**

أ. استخدام كواشف ومذيبات ومواد غير نقية أو انتهت فترة صلاحيتها.
ب. سوء تخزين وتغير وعدم ثبات الكواشف والمواد المرجعية.
ج. استخدام حجوم غير صحيحة من المذيبات.
د. عدم ذوبانية الكواشف والمواد المستخدمة وتطاير المذيبات.
ه. أخطاء من تداخل مواد غريبة فى المواد المرجعية.

و. استخدام قيم مرجعية خاطئة.
ز. أخطاء فى تحضير التركيزات المطلوبة من الكواشف والمواد المرجعية.

٣. <u>أخطاء من طريقة القياس المستخدمة:</u>

أ. استخدام طريقة غير مناسبة فى التحليل.
ب. عدم الالتزام بالمدى الخطي وحد التمييز للطريقة المستخدمة.
ج. إهمال قيم التجارب الغفل.
د. عدم ضبط ظروف التفاعل بدقة.
ه. أخطاء فى قياس الحجوم والأوزان .
و. عدم معايرة الميزان والقوارير العيارية .
ز. أخطاء حسابية فى وحدة التركيز المستخدمة وتقريب الأرقام.

٤. <u>أخطاء من استخدام الأجهزة:</u>

أ. عدم نظافة الأجهزة المستخدمة وتلوثها.
ب. استخدام أجهزة غير مناسبة وإهمال ضبطها ومعايرتها وصيانتها.
ج. إهمال تأثير الحرارة والكهرباء والمجال المغناطيسي على الأجهزة.

ثانيًا: ضـبط جودة تحاليل مياه الشرب

ضبط الجودة Quality Control

ضبط الجودة هى إجراءات تستخدم لإعطاء الثقة فى جودة النتائج وتشتمل على:

١. إجراء تجارب غفل (Blank).
٢. قياس متكرر (Replicate).
٣. تحليل عينة عمياء (Blind).
٤. تحليل عينات مضاف اليها تركيزات معلومة (Spike).
٥. إصدار رسوم الضبط البيانية بنوعية التحاليل (Control Charts).
٦. استخدام عينات مرجعية (Reference Materials).

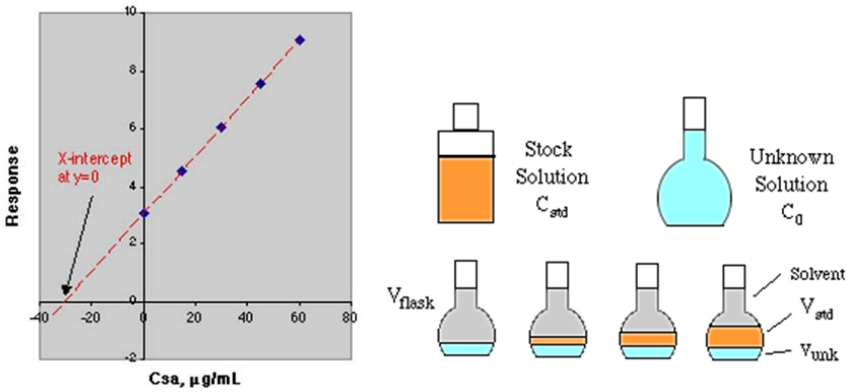
هذه الإجراءات يجب أن تكون محددة بوضوح فى دليل الجودة للمعمل. ويعتمد مستوى ضبط الجودة على طبيعة التحاليل ودوريتها وحجم العمل. وتستخدم من أجل ذلك عينات ضبط الجودة.

عينات ضبط الجودة هى عينات مثالية ذات درجة عالية من الثبات ومتاحة بكميات للتحليل على فترات زمنية ممتدة. وخلال هذه الفترة فإن التفاوت فى أداء الطريقة المستخدمة يمكن رصده بقياس القيمة المحددة للعينة المستخدمة فى ضبط الجودة وعادة باستخدام رسم بيانى.

خطة ضبط الجودة

يجب على المحلل أن يبرهن فى هذه الخطة على قدرته على إجراء أنواع التحاليل التى يجريها ودقة النتائج التى يحصل عليها.

وتستخدم تجربة الإضافة القياسية المعروفة (Known Addition, Spiking) كجزء من الخطة المنتظمة للتحاليل. وتتضمن إضافة حجم معلوم من تركيز محدد من نفس المادة المراد قياسها وقياس التركيز قبل وبعد الإضافة لمعرفة تأثير الوسط. ويجب أن تشمل هذه الإضافات المعروفة على الأقل ١٠ % من عدد العينات. واستخدام محاليل مركزة حيث لا تغير كثيرًا فى الحجم.



شكل رقم (١٢-١)
طريقة الإضافة القياسية

وتجرى تجربة غفل (Blank) حيث تضاف كمية من الكاشف وتعامل بنفس الطريقة التى تعامل بها العينات وتستخدم التجربة الغفل للتعرف على ما إذا كانت هناك تداخلات من وسط العينة أو تداخلات أخرى موجودة فى بيئة المعمل ناشئة عن الأجهزة أو الكواشف المستخدمة.

كما تستخدم عينتان مختبرتان وهما جزآن فى نفس العينة وتحللان منفردتين باستخدام نفس طريقة العمل وهذه التحاليل تظهر مدى الدقة والتكرارية المصاحبة لطريقة عمل المعمل.

رسومات الضبط البيانية
Control Charts

تعتبر رسومات الضبط البيانية من أهم الوسائل لمراقبة جودة القياس فى المعمل. ورسومات الضبط البيانية هى طريقة مرئية للمراجعة وإثبات أن الطريقة المستخدمة منضبطة إحصائيا وكذلك فى إعادة عملية القياسات ولتشخيص مشاكل القياس. بالإضافة إلى ذلك فانها تستخدم لإظهار وجود الانحراف (أو غياب الانحراف) والدقة وحدود التمييز. وغالبًا تستخدم رسومات (X) ورسومات (R) .

ويتم الحصول على هذه الرسومات باستخدام مواد مرجعية أو قياسية وإجراء تحاليل دورية ومنتظمة لها واستخدام الأشكال الناتجة فى متابعة جودة التحاليل.

ورسوم الضبط البيانية تمثيل بياني يبين العلاقة بين نتيجة تحليل العينة المرجعية أو القياسية على أحد المحورين ورقم أو زمن القياس على المحور الآخر ومن هذا الشكل تظهر مستويات من النتائج تدور حول قيم مركزية مثالية وهذه المستويات تعرف بالحدود التحذيرية والحدود الضابطة.

الحد التحذيري Warning Limit:

وهذا الحد قد يكون علوياً (upper) أو سفلياً (lower) حيث يبين أحتمال وجود ٩٥% من القيم الضابطة داخله وهذه القيم تمثل ± ضعف الحيود القياسي (standard deviation).

الحد الضابط (Control Limit):

ويطلق عليه أيضاً حد الفعل (Action Limit) وهذا الحد قد يكون علوياً أو سفلياً أيضاً ويبين احتمال وجود ٩٩.٧ % من القيم الضابطة داخله وهو يمثل ± ثلاثة أمثال الحيود القياسي.

أنواع رسومات الضبط يمكن استخدام أنواع مختلفة من رسوم الضبط وهي:

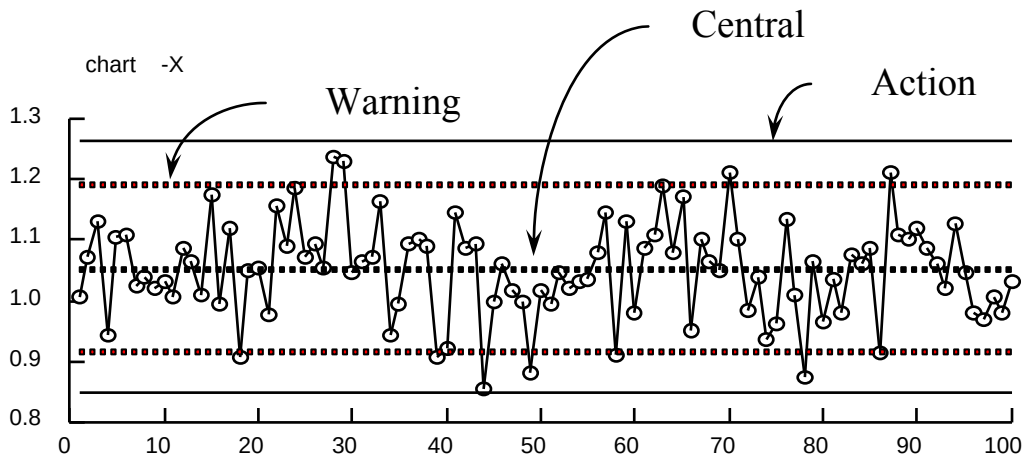
١. رسم ضبط للمتوسط ($\overline{X}$ – chart)

٢. رسم الضبط للمدى (R-chart).

رسم الضبط للمتوسط ($\overline{X}$ – chart)

ويوجد بالشكل رقم (١٢-٢) نموذج لرسم الضبط المتوسط ويشمل:

(١) خط الضبط (CL)	هي قيمة المادة المرجعية أو العينة الضابطة ذات التركيز المعلوم
(٢) حد التحذير (WL)	وهى = $CL \pm 2\ S_x$
(٣) حد الضبط (AL)	وهى = $CL \pm 3\ S_x$
(٤) قيمة الاستجابة	وهى قيم X لكل مجموعة من النتائج
(٥) ويمثل بالشكل الآتي:	
حد الضبط العلوي (AL)	----------
حد التحذير العلوي (WL)	----------
خط الضبط (CL)	----------
حد التحذير السفلي (WL)	----------
حد الضبط السفلي (AL)	----------



شكل رقم (١٢-٢)

رسم الضبط للمتوسط

رسم الضبط للمدى (R-chart)

ويوجد بالشكل رقم (١٢-٣) نموذج لرسم الضبط للمدى ويشمل:

(١) خط الضبط (CL) وهى الفرق بين أعلى وأقل نتيجة لعينة ضابطة أو مادة مرجعية مقاسة فى كل مجموعة $R = d_2 S_w$

(٢) حد الضبط العلوي UAL $D_4 * R$

(٣) حد الضبط السفلي LAL $D_3 = zero$

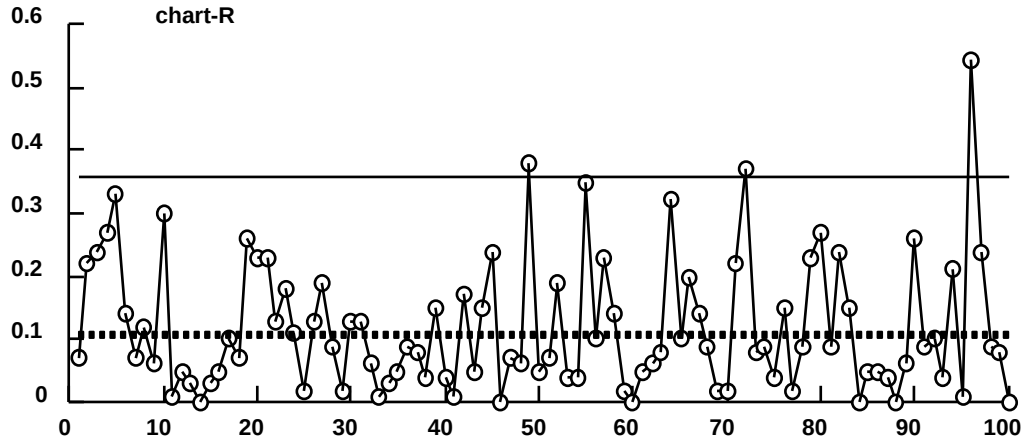
(٤) قيم الاستجابة وهى قيمة R لكل مجموعة

(٥) ويمثل بالشكل الآتي:

حد الضبط العلوي UAL ----------

حد الضبط (CL) ----------

حد الضبط السفلي (LAL) ----------



شكل رقم (١٢-٣)
رسم الضبط للمدى

جدول رقم (١٢-٢)
القيم الإحصائية لكل من D, d

عدد التحاليل المتكررة فى كل تشغيله	الخط الضابط d_2	حد الضبط السفلي D_3	حد الضبط العلوي D_4
٢	١.١٢٨	صفر	٣.٢٦٧
٣	١.٦٩٣	صفر	٢.٥٧٥
٤	٢.٠٥٩	صفر	٢.٢٨٢
٥	٢.٣٢٦	صفر	٢.١١٥

مثال:

عند إجراء ضبط الجودة للأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) أجريت القياسات الآتية على عينة قياسية تحتوى على ٥٠٠ ملليجرام أكسجين/ لتر. بين رسم الضبط للمتوسط الحسابي (X-chart) ورسم الضبط للمدى (R-chart).

جدول رقم (١٢-٣)

نتائج التجربة

رقم التشغيلة	التكرارية		المدى (R)	المتوسط ($\overline{X}$)
	تجربة (١) X_1	تجربة (٢) X_2		
١	٤٩١	٤٩٣	٢	٤٩٢.٠
٢	٤٩٧	٤٩٧	صفر	٤٩٧.٠
٣	٤٩٨	٥٠١	٣	٤٩٩.٥
٤	٤٩٢	٤٨٥	٧	٤٨٨.٥
٥	٤٩٨	٤٩٣	٥	٤٩٥.٥
٦	٥١٠	٥٠٨	٢	٥٠٩.٠
٧	٥٠٦	٥١٢	٦	٥٠٩.٠
٨	٤٩٢	٤٨٧	٥	٤٨٩.٥
٩	٤٩١	٤٨٨	٣	٤٨٩.٥
١٠	٤٩٧	٥٠٣	٦	٥٠٠.٠
١١	٥٠٠	٤٩٤	٦	٤٩٧.٠
١٢	٥٠٦	٥١١	٥	٥٠٨.٥
١٣	٥٠٦	٥٠١	٥	٥٠٣.٥
١٤	٤٨٧	٤٩٧	١٠	٤٩٢.٠
١٥	٤٩١	٤٩١	صفر	٤٩١.٠
١٦	٥٠٠	٤٩٩	١	٤٩٩.٥
١٧	٤٩١	٥٠٧	١٦	٤٩٩.٠
١٨	٤٩٥	٤٩٨	٣	٤٩٦.٥
١٩	٥٠٢	٥٠٠	٢	٥٠١.٠
٢٠	٤٩٥	٤٩٢	٣	٤٩٣.٥
متوسط المدى	$\overline{\overline{R}}$		٤.٥	
متوسط	$\overline{\overline{X}}$			٤٩٧.٥

الإجابة:

يحسب الحيود القياسي (S_x) من المعادلة:

$$S_x^2 = \sum (X - \overline{X})^2 / (n-1)$$

$$S_x^2 = 43.4$$

$$S_x = 6.59 \text{ mgO}_2\text{/L}$$

$$\overline{X} = 497.5 \text{ mgO}_2\text{/L}$$

(أ) رسم الضبط للمتوسط - ($\overline{X}$ chart)

حد التحذير العلوي = $\overline{X} + 2S_x$

= ٤٩٧.٥ + (٢ × ٦.٥٩) = ٥١٠.٧ ملليجرام/م^٣

حد التحذير السفلي = $\overline{X} - 2S_x$

= ٤٩٧.٥ – (٢ × ٦.٥٩) = ٤٨٤.٣ ملليجرام/م^٣

حد الضبط العلوي = $\overline{X} + 3S_x$

= ٤٩٧.٥ + (٣ × ٦.٥٩) = ٥١٧.٣ ملليجرام/م^٣

حد الضبط السفلي = $\overline{X} - 3S_x$

= ٤٩٧.٥ – (٣ × ٦.٥٩) = ٤٧٧.٧ ملليجرام/م^٣

(ب) رسم الضبط للمدى:

حيث أن $\overline{\overline{R}}$ = ٤.٥

فإن خط الضبط = ٤.٥

الحد الضابط العلوي = $D4 \times \overline{R}$ = ١.١٢٨ × ٤.٥ = ٥.٠٨

الحد الضابط السلفي = D3 = صفر

تقييم رسومات ضبط الجودة

رسوم $\overline{X}$:

تعتبر الحالات الخارجة عن نطاق ضبط الجودة هى الحالات التى يكون فيها:

١. قيمة واحدة تقع خارج حدود الضبط.
٢. سبعة قيم متتابعة متزايدة أو متناقصة على جانب واحد من الخط المحوري.
٣. قيمتين من ثلاثة قيم متتابعة تقع خارج حدود التحذير.
٤. عشرة قيم من أحدى عشر قيمة متتابعة عن جانب واحد من الخط المحوري.

رسوم $\overline{R}$:

تعتبر الحالات الخارجة عن نطاق الجودة هى الحالات التى يكون فيها:

١. قيمة واحدة تقع فوق حد الضبط العلوى .

٢. سبعة قراءات متتابعة متزايدة أو متناقصة فوق الخط المركزى

وبذلك فلو أن قيمة واحدة على الأقل وقعت خارج حد الضبط العلوي وجب إعادة حساب كل القيم ويراعي أن الزيادة أو النقصان المنتظم للمدى يدل على خلل بنظام صيانة الأجهزة أو تقادم الكواشف المستخدمة.

ويجب عند تقييم رسومات الضبط ألا ينظر المرء فقط إلى حالات الضبط ولكن أيضاً يبحث عن أى تطور فى مواقع النقاط على الرسم ليتخذ التدابير الكافية قبل أن تظهر حالات الخروج عن حدود الضبط فالزيادة المضطردة ولو داخل حد الأمان وكذلك التذبذب الحاد بالزيادة والنقصان يمكن أن يؤديا إلى حالات خروج عن حدود الضبط.

استخدام وتفسير رسومات الضبط البيانية

استخدام يومي:

يتم الاستخدام اليومي لهذه الرسومات إما عن طريق المحلل نفسه أو عن طريق من هو مكلف بالتحقق من صحة النتائج.

استخدام على فترات زمنية:

يتم فحص رسومات الضبط البيانية على فترات زمنية متباعدة وذلك بواسطة مدير الجودة وذلك للكشف عن التوزيع العشوائي ومقدار الخطأ العشوائي فى النتائج. وكذلك اكتشاف ما إذا كان هناك ميل أو تغيير فى اتجاه النتائج. كما يتم اختيار خواص الأداء مثل حد القياس ومقياس الضبط ومقدار الدقة والحيود.

عينات الجودة الضابطة

ويشمل ضبط الجودة الداخلي على قياسات منتظمة على عينات ضبط وإدخال قيم الضبط على رسومات الضبط وتعرف عينات الضبط بأنها عينات تستخدم لغرض ضبط الجودة الداخلي وتخضع لنفس طرق القياس التى تستخدم مع عينات الاختبار.

وتستخدم عينة ضابطة، كل ٢٠ عينة من عينات الاختبار على الأقل.

حساب حد التمييز Limit of detection

$$\text{Criterion of detection (CD)} = t_{0.95}\,(f)\,S_{b1,w}\,\sqrt{\left(1+\frac{1}{n}\right)}$$

$$\text{Limit of detection (LOD)} = 2\ \text{CD}$$

حيث:

$t_{0.95}$ قيمة إحصائية من جدول اختبار t

f درجات الحرية (عدد القياسات –١)

$S_{bl,w}$ الحيود القياس داخل التشغيله للتجربة الغفل

n عدد التجارب الغفل المتكررة المستخدمة فى التحليل

مثال

عند تقدير مستوى النيتريت فى عينة مياه، تم الحصول على النتائج الآتية للتجربة الغفل:

0.088, 0.064, 0.073, 0.082, 0.079, 0.05

احسب حد التمييز:

الإجابة

$S_{w\ blank} = 0.0122$ mg/L

$$LOD = 2 \times t_{0.95} \times 0.0122\sqrt{1+\frac{1}{2}}$$

$= 0.06$ mg/L

حساب دقة النتائج Accuracy

يمكن قياس الدقة بحساب الاسترجاع لكل قياس منفرد أومصداقية النتيجة (Trueness):

$$\frac{X}{T} \times 100\ \overline{X}_s$$

أو الانحراف (Bias)

$$\frac{X - T}{T} \times 100$$

حيث:

X القيمة المقاسة

T القيمة الحقيقية

تحسب دقة النتائج من قيم تركيزات العنصر ويمكن التعبير عن مقدار الدقة بقيمة الاسترجاع الأدني والأقصى

Minimum and maximum recovery

$$\text{قيمة الاسترجاع الأدنى} = \frac{\text{أقل قراءة من القياسات} \times ١٠٠}{\text{القيمة الحقيقية}}$$

$$\text{قيمة الاسترجاع الأقصى} = \frac{\text{أعلى قراءة من القياسات} \times ١٠٠}{\text{القيمة الحقيقية}}$$

الدقة =

$$= \frac{\overline{X}_s - \overline{X}}{X_{add}} \times 100$$

حيث:

Xs° = العينة المضاف اليها تركيز معلوم

X = العينة بغير اضافات

Xadd = التركيز المضاف

جدول رقم (١٢-٤)

نتائج التجربة

رقم التشغيلة	القراءة الأولى (X_1)	القراءة الثانية (X_2)	المتوسط $\overline{X}$
١	١٥٠	١٥٥	١٥٢.٥
٢	١٤٠	١٤٨	١٤٤.٠
٣	١٦٠	١٥٥	١٥٧.٥
٤	١٤٥	١٤٨	١٤٦.٥
٥	١٦٠	١٥٦	١٥٨.٠
٦	١٥٠	١٤٩	١٤٩.٥
٧	١٥٤	١٦٠	١٥٧.٠
٨	١٥٣	١٥٨	١٥٥.٥
٩	١٦٠	١٥٨	١٥٩.٠
١٠	١٥٤	١٥٦	١٥٥.٠

القيمة الحقيقية = ١٥٥ $S_x = \sqrt{\frac{\sum(x_1 - \bar{x})^2}{(n-1)}}$ ١٥٣,٥ $\overline{X}$ =

الاسترجاع = ٩٠,٣ – ١٠٣,٢%

المصداقية = ٩٩,٠%

الحيود القياسى Standard Deviation **الحيود القياسي فى التشغيلة الواحدة (S_w) Within Batch Standard Deviation**

$$S_W = \frac{R}{d_2}$$

$$S_W = \frac{5}{1.128} = 4.43$$

الحيود القياسي بين التشغيلات المختلفة (S_b)
Between Batch Standard Deviation

$$S_b = \sqrt{\left(S_x^2 - S_W^2 / n\right)}$$

جدول رقم (١٢-٥)
نتائج التجربة

رقم التشغيلة	القياس الأولى (X_1)	القياس الثانى (X_2)	المدى R	$\overline{X}$	
١	٣٨٠	٣٧٠	١٠	٣٧٥	١.٨
٢	٣٧٥	٣٧٧	٢	٣٧٦	٢.٨
٣	٣٧٢	٣٦٨	٤	٣٧٠	٣.٢
٤	٣٧٤	٣٨١	٧	٣٧٧.٥	٤.٣
٥	٣٦٥	٣٦٥	صفر	٣٦٥	٨.٢
٦	٣٧٧	٣٧٠	٧	٣٧٣.٥	٠.٣
٧	٣٧٢	٣٧٩	٥	٣٧٥.٥	٢.٣

الحيود القياسي المجمع Pooled Standard Deviation

$$S_{pooled} = \sqrt{\frac{\sum (n_i - 1).S_i^2}{\sum (n_i - 1)}}$$

اللايقين Uncertainty

$$U = t(df) S_{pooled} \sqrt{\left[\frac{n_1 + n_2}{n_1 \times n_2}\right]}$$

ثالثًا: تأكيد جودة تحاليل مياه الشرب

تأكيد الجودة Quality Assurance

تعرف على أنها نشاطات من خلال نظام ضبط الكفاءة وتهدف إلى الحصول على ثقة معقولة يمكن من خلالها تحقيق متطلبات الجودة. ويعطى برنامج تأكيد الجودة القدرة على الحصول على نتائج مناسبة وموثوق بها يمكن الاعتماد عليها.

الفوائد التى يمكن الحصول عليها من تطبيق برنامج تأكيد الجودة:

- تعطى المحال القدرة على اكتشاف أية مشكلة وإرجاعها إلى مصدرها بطريقة نظامية
- تعطى معامل التحاليل القدرة على الوصول إلى نتائج مناسبة يمكن الاعتماد عليها.
- تزيد من ثقة المحال فى نفسه وفى قدرته على التحليل.
- تعمل على زيادة وتحسين سمعة المعمل.

يشتمل برنامج تأكيد الجودة على العناصر الآتية :

١. أعضاء الهيئة والمستخدمين وتدريبهم (Personnel and Training).
٢. توافر الأجهزة المناسبة ومعايرتها (Equipment Calibration).
٣. صيانة الأجهزة (Equipment Maintenance)
٤. التفتيش والمراجعة للمعمل (Lab Audit and Review)
٥. استراتيجية جمع العينات وتجهيزها (Sampling Strategy)
٦. استراتيجية تحليل العينات وتسجيل نتائجها (Analysis Strategy)

الأفراد (أعضاء الهيئة والعاملين) :

١. ضرورة وجود عمالة مهرة ومتحركة.
٢. لا بد أن يتوفر للعاملين تعليمات مكتوبة وواضحة تتعلق بنوعية وأهداف عملهم.
٣. لا بد أن تقوم الإدارة بتوفير دورات تدريبية وعملية للعاملين غير ذوى الخبرة.

٤. لا بد للعاملين من غير ذوى الخبرة أن يقوموا بالعمل تحت إشراف زملاء لهم من ذوى الخبرة.

يجب على إدارة المعمل ان تحدد المستويات الدنيا من التعليم والتدريب والمهارات والخبرات الضرورية للقيادات داخل المعمل ويجب إجراء التحاليل الكيميائية بواسطة أو تحت إشراف محللين أكفاء مؤهلين.

تدريب العاملين:

يجب أن يكون للمعمل سياسة وإجراءات للتعرف على احتياجات التدريب وتزويد المتدربين بها. ويجب أن يكون برنامج التدريب ملائما للمهمات القائمة أو المتوقعة للمعمل. ويجب على المعمل ضمان تلقى العاملين فيه التدريب الكافى للاداء الجيد للاختبارات وتشغيل الأجهزة. ويشمل هذا خلفية التدريب على تقنيات معينة. ويجب اتخاذ المعايير الموضوعية خلال التدريب لتقييم كفاءة التدريب. والمحللون يقومون بإجراء تحاليل على عينات إذا كانوا مؤهلين لذلك إذا أجروا ذلك تحت إشراف كاف. ويجب مراقبة استمرارية المقدرة باستخدام تقنيات ضبط الجودة على سبيل المثال.

ويجب أن يحتفظ المعمل بسجل محدث عن التدريب الذى تلقاه كل من العاملين. والغرض من هذه السجلات هو إثبات أن العاملين قد تم تدريبهم بشكل كاف وأن لهم المقدرة على إجراء اختبارات معينة.

الأجهزة:

يجب أن يزود المعمل بكل الأجهزة اللازمة للأداء الصحيح للاختبارات ويجب أن تكون الأجهزة وبرامجها المستخدمة فى أخذ العينات والتحليل قادرة على تحقيق الدقة المطلوبة والمتوافقة مع المواصفات المتعلقة بالاختبارات التى تجرى وأن يجرى تشغيلها بالأشخاص المخولين.

كما يجب الاحتفاظ بسجلات (Logbooks) لكل مادة رئيسية أو جهاز قياس ويجب أن يحتوى كل سجل على ما يلي على الأقل:

- اسم المادة أو الجهاز.
- اسم المصنع وطريقة التعرف والرقم الكودي.
- تاريخ الاستلام وتاريخ الاستخدام.
- موقعه الحالي كلما كان ذلك ملائماً.
- حالته عند الوصول (على سبيل المثال جديد – مستخدم – مجدد).
- تاريخ أية أعطاب أو تعديل أو إصلاحات.
- تعليمات المصنع إذا كانت متوفرة أو إشارة إلى مكانها.
- تواريخ ونتائج ونسخ من التقارير والشهادات لكل المعايرات والضبط ومعايير القبول والوقت المحدد للمعايرة التالية.
- الصيانة التى أجريت حتى تاريخه وخطة الصيانة.

معايرة وتصحيح أخطاء الأجهزة:

يجب معايرة أجهزة القياس المستخدمة فى المعامل قبل استخدامها وبعده طبقاً لبرنامج محدد. وكجزء من نظام الجودة فإن المختبر مطالب أن ينفذ برنامجاً لصيانة ومعايرة الأجهزة المستخدمة فى المعامل. ويجب مراجعة إجراءات الأمان للأجهزة .

ويجب توافر التعليمات الحديثة للعاملين المعينين بالمعمل عن استخدام وصيانة الأجهزة متضمناً أية أدلة متوفرة من قبل منتج الجهاز. إن كل مكون فى الجهاز المستخدم للاختبار والمعايرة والمؤثر فى النتائج يجب أن يتم تعريفه بطريقة فريدة ويجب الاحتفاظ بسجل له. ويجب على المعمل أن يكون لديه طرق وخطة معدة من أجل التعامل الآمن والنقل والتخزين والاستخدام والصيانة لأجهزة القياس لضمان الأداء الأمثل ولمنع التلوث والتدهور.

إن الأجهزة التى تتعرض لزيادة مفرطة فى الاستخدام أو التى يساء استخدامها أو التى تعطى نتائج مشكوك فيها أو التى تظهر عيباً أو تعطى دقة

خارج الحدود المحدودة يجب استبعادها من الخدمة ووضع ملصق عليها أو علامة وتخزن بشكل ملائم حتى يتم إصلاحها ويتم التأكد من أدائها الصحيح من خلال المعايرة وعلى المعمل أن يختبر تأثير العيب أو الحيود من الحدود المحددة على اختبارات أو معايرات سابقة وأن يعد طريقة عن "ضبط الأعمال غير المتوافقة".

يجب إعداد برنامج شامل لمعايرة أجهزة القياس فى المعامل بطريقة تضمن صلاحية البرنامج وقابلية التطبيق من خلال شهادات يحتفظ بها المختبر لمواد قياسية محلية أو دولية أو مواد مرجعية.وعندما لا يتوافر مثل تلك المواد مصحوبة بشهادات فإنه يمكن اختيار مادة اخرى ذات خواص وثبات مناسبين واستخدامها كمادة مرجعية فى المعمل.

صيانة الأجهزة

- على المعمل أن يبرم عقود صيانة سنوية للأجهزة التى يحوذها وخصوصا الكبيرة التى تتطلب قدرة فنية خاصة للإصلاح أو الضبط أو الصيانة الدورية، ويتطلب الأمر:
- وجود خطة للصيانة الدورية للأجهزة المستخدمة.
- تنظيف ومراجعة إجراءات الأمان للأجهزة .
- توفير قطع الغيار اللازمة.
- تجنب أى تلوث ممكن للأجهزة من استخدامات سابقة والتنظيف المستمر لها.
- حماية الأجهزة بتغطيتها بغطاء مناسب عندما تكون غير مستخدمة.
- على المعمل أن يكون لديه طرق وخطط معدة من أجل التعامل الآمن والنقل والتخزين والاستخدام والصيانة لأجهزة القياس لضمان الأداء الأمثل ولمنع التلوث والتدهور.
- يجب توافر التعليمات الحديثة والواضحة للعاملين المعينين بالمعمل عن استخدام وصيانة الأجهزة.
- يجب أن يتم تعريف كل مكون فى الجهاز المستخدم للاختبار والمعايرة والمؤثر فى النتائج بطريقة فريدة والاحتفاظ بسجل له.

استراتيجية جمع العينات :

يجب أن يتوافر بالمعمل استراتيجية لجمع العينات تحتوى على النقاط التالية تفصيليًا:

- نوعية العينات التى يمكن جمعها.
- مكان جمع العينات.
- توقيتات جمع العينات.
- عدد العينات اللازم جمعها.
- البرنامج التفصيلى للإعداد لجمع العينات.
- خطوات العمل التفصيلية المستخدمة فى جمع العينات.
- متطلبات ضبط وتأكيد الجودة لجمع العينات.

جمع العينات ومعالجتها

إن الحصول على نتائج تحاليل كيميائية وبيولوجية صحيحة ودقيقة لمياه الشرب يتطلب الحصول على عينات ممثلة فإذا كان الجزء المستخدم فى التحاليل لا يمثل العينة الأصلية فإنه سيكون من الصعب أن تنسب النتيجة التحليلية إلى تلك الموجودة أصلاً مهما كانت جودة التحاليل التى أجريت أو مهما إجريت التحاليل بعناية. وربما تعتمد النتائج النهائية على الطريقة التحليلية المستخدمة ولكنها ستعتمد دائماً على طريقة أخذ العينات. وطريقة تجميع العينات هى دائماً مصدر للخطأ.

وهناك قواعد هامة يجب إتباعها عند تصميم وإعداد أو إتباع استراتيجية لجمع العينات منها على سبيل المثال:

أ. عدم افتراض أن كل العينات متجانسة حتى وإن بدت كذلك وعندما تكون العينة متواجدة فى اثنين أو أكثر من الأطوار الفيزيائية فإن توزيع المادة المراد قياسها ربما يتغير فى كل طور وربما كان من الملائم فصل الطورين ومعامله كل منهما كعينة منفصلة وبالمثل ربما كان من الملائم خلط الطورين معاً والعمل على تجانسهما فى طور واحد. وفى المواد الصلبة ربما يكون هناك تفاوتاً ملحوظاً فى تركيز المادة المراد قياسها إذا كان توزيع حجم الحبيبات للمادة الرئيسية يتفاوت كثيراً خلال فترة

زمنية حيث تترسب العينة. وربما كان من الملائم قبل أخذ العينة - إذا كان ذلك عملياً - خلط المادة للتأكد من أن توزيع حجم الحبيبات يمثل الحقيقة وبالمثل ربما يتفاوت توزيع تركيز المادة المراد تقديرها فى العينة الصلبة عندما تتعرض أجزاء من العينة لاجهادات مختلفة.

ب. يجب الأخذ فى الاعتبار عند تصميم استراتيجية أخذ العينات خواص المادة المراد تقديرها وربما كان من المهم الأخذ فى الاعتبار تطاير المادة وحساسيتها للضوء وتأثرها بالحرارة ونشاطها الكيميائي وكذلك اختبار الأجهزة وظروف التعبئة والتخزين. ويجب اختيار الأجهزة المستخدمة لأخذ العينات وطرق تجزئة العينة ونقلها وتحضيرها وحفظها واستخلاصها وذلك لتجنب أية تغيرات غير مقصودة فى طبيعة العينة والتى ربما تؤثر على النتائج النهائية.

ج. تتضمن الاستراتيجية المستخدمة لجمع العينات احتفاظ المسئول عن جمع العينة بسجل واضح للإجراءات المتخذة. وعندما تجمع أكثر من عينة من نفس المكان فربما يكون من المفيد أن يحتوى التوثيق على شكل توضيحي ليوضح مكان جمع العينة وذلك يجعل من السهل تكرار جمع العينات من نفس المكان إذا تطلب الأمر ذلك فى وقت لاحق، وكذلك ربما يساعد ذلك فى الوصول إلى استنتاجات من نتائج التحاليل.

وفى بعض الظروف على سبيل المثال عندما تجمع العينة لأغراض قانونية فإنه يجب أن تغلق عبوة العينة جيداً. بحيث لا تسمح بالحصول على جزء من هذه العينة دون فض الأختام وتأكيد الحالة الجيدة التى وجدت عليها الأختام هى جزء من تقرير التحاليل.

ويجب أن تخزن العينات بطريقة لا تسمح بالإضرار بالعاملين بالمعمل وتحافظ على تكامل العينة. ويجب الحفاظ على منطقة التخزين نظيفة وأن ترتب بحيث لا تسمح بأن تتلوث أو تتسبب فى تلوث أو تلف العبوة وأختامها. ويجب تجنب الظروف البيئية القاسية التى قد تغير من تكوين العينة على سبيل المثال فقدان المادة عن طريق التحلل أو الادمصاص

ويجب استخدام مستوى ملائم من الأمان يحد من وصول غير المخولين للعينات.

ويجب تدريب كل الفنيين المكلفين بالتعامل مع العينات تدريباً جيداً كما يجب على المختبر أن يكون لديه سياسة موثقة لاستقبال والحفاظ والتخلص من العينات ويجب أن يأخذ أسلوب التخلص الإرشادات السابق ذكرها فى الاعتبار.

ويجب على المعمل أن يكون لديه إجراءات لتسجيل كل البيانات والعمليات المتعلقة بأخذ العينات والتى تشكل جزءاً من التحاليل التى يجريها وهذه السجلات يجب أن تحتوى على الإجراءات المتبعة لأخذ العينات والتعرف على آخذ العينات والظروف البيئية (إذا كان لها علاقة) والتخطيطات أو الوسائل المكافئة للتعرف على موقع أخذ العينات وإذا اقتضت الضرورة الإحصائيات التى بنيت عليها طرق أخذ العينات. ويجب أن يكون لدى المعمل إجراءات لنقل واستقبال والتعامل والمحافظة والتخزين والتخلص من العينات متضمناً كل الشروط التى تحافظ على تكامل العينات المختبرة.

إستراتيجية التحاليل:

١. لابد من استخدام طرق تحاليل موثقة كما لابد أن تحتوي خطوات العمل في هذه الطرق علي المطلوب تطبيقه من خواص الأداء مثل مقياس الضبط (Precision) ومقدار الدقة (Accuracy) وحدة القياس (Limit of detection).
٢. الفحص الدورى علي مقياس الضبط ومقدار الدقة وذلك باستخدام مواد مرجعية حيث تستخدم قيم القراءات لهذه المواد المرجعية في إنشاء رسومات الضبط البيانية.
٣. الاشتراك في اختبارات الكفاءة الخارجية.
٤. لابد من الأخذ في الاعتبار أن استخدام الطرق القياسية والأجهزة والتجهيزات المناسبة بواسطة عاملين مهرة لا يضمن بالضرورة أن يخرج المعمل دائما نتائج يمكن الاعتماد عليها. حتى العاملين من ذوي

الخبرة العالية يمكن أن تقع منهم أخطاء وفي هذه الحالة نجد أن خطوات العمل تكون خارج السيطرة. ولذلك يجب اتخاذ التدابير الكافية للحصول على نتائج صحيحة.

المراجعة والتفتيش

من المظاهر الهامة فى إدارة نظام الجودة فى تشغيل المعامل المراجعة والتفتيش على جودة اداء المعمل و اختبار فاعلية وكفاءة الإشراف ويجب إجراء ذلك بصورة دورية للتأكد أن الإشراف المتبع يفي بمتطلبات المعمل ومتطلبات مستويات الجودة. ويجب تناول المراجعة والتفتيش بحيث تتضمن قائمة مراجعة تفاصيل التحاليل والموضوعات الكيميائية بالمعمل والتى يجب فحصها خلال التفتيش على الجودة للتأكد من فاعلية الإشراف.

وعندما تؤدى نتائج التفتيش إلى شك أو أخطاء فى التشغيل أو فى صلاحية الاختبارات أو النتائج فإن على إدارة المعمل أن تتخذ الإجراءات التصحيحية الفورية والعمل على عدم تكرارها.

وعلى إدارة المعمل بمسئوليتها التنفيذية وبصورة دورية (مرة كل ١٢ شهر) وطبقاً لجدول زمني سبق إعداده وطريقة عمل محددة أن تجرى مراجعة لنظام الجودة ونشاطات الاختبار للتأكد من استمرار ملائمتها وفاعليتها ولإدخال اى تغيرات أو تحسينات ضرورية. ويجب أن تأخذ المراجعة فى الاعتبار التقارير من الرؤساء والقيادات المشرفة ونتائج التفتيش الحديث والإجراءات التصحيحية والوقائية والتقييم بواسطة هيئات خارجية ونتائج المقارنة بين المعامل واختبارات الكفاءة وأية تغير فى حجم ونوع العمل الجاري وردود الفعل من العملاء بما فى ذلك الشكاوى والعوامل الأخرى المتعلقة بالعمل مثل تسهيلات ضبط الجودة والموارد وتدريب الفنيين.

الفصل الثالث عشر

إعداد وتداول وحفظ التقارير والسجلات والوثائق

الفصل الثالث عشر

إعداد وتداول وحفظ التقارير والسجلات والوثائق

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـى أن:

- يذكر الإجراءات التى تتضمنها عملية اعتماد وإصدار الوثائق.
- يذكر إجراءات تعديل الوثائق.
- يقسم السجلات إلى أنواعها الرئيسية.
- يشرح جميع إجراءات التحكم فى السجلات والتعريفات الخاصة بإدارة السجلات.
- يشرح معنى الأنواع المختلفة للسجلات والفرق بينها.
- يذكر مجالات استخدام الحاسب الآلى فى المختبرات.
- يشرح وسائل وطرق حماية البيانات
- يشرح أهمية تسجيل النتائج المعملية ويذكر التفاصيل التى يجب أن تتضمنها هذه السجلات.

يقوم المعمل بإعداد وتوثيق إجراءات للتحكم واخضاع جميع الوثائق للرقابة فى تداولها وحفظها سواء كانت وثائق داخلية (مثل نتائج تحاليل أو تقارير)، أو وثائق خارجية (مثل القوانين – المواصفات القياسية – كتيبات التشغيل أو الكتالوجات – دليل الصيانة والمعايرة – شهادات معايرة المعدات – شهادات المواد الكيماوية والمرجعية – مواصفات المواد الكيماوية والمحاليل – رسومات بيانية – برامج الحاسب) سواء كانت على وسائط مطبوعة أو اليكترونية مكتوبة بطريقة مناظرة أو بطريقة رقمية أو فوتوغرافية أو خطية.

وتتضمن إجراءات التحكم فى حفظ وتداول الوثائق ما يلى:

١- إجراءات اعتماد وإصدار الوثائق

وتتضمن اجراءات اعتماد واصدار الوثائق ما يلى:

- كيفية الاصدار والمراجعة قبل الاصدار والاعتماد لكل الوثائق مثل السياسة والأهداف ودليل الجودة ووثائق الاجراءات وتعليمات العمل والنماذج والسجلات.
- تمييز الوثائق.
- إعداد القوائم الرئيسية لإصدارات الوثائق المختلفة.
- توزيع الوثائق فى مواقع الاستخدام.
- المراجعة الدورية للوثائق.

٢- اجراءات تعديلات الوثائق

وتتضمن إجراءات تعديلات الوثائق مايلى:

- مراجعة وموافقة المصدر.
- كيفية ادخال التعديل فى الوثائق.
- التعامل مع الوثائق الملغاه.
- تمييز التغيير اذا كان باليد، بالتوقيع والتاريخ.
- كيفية اجراء التعديلات وحفظها على الحاسب الالى.

٣- التحكم فى السجلات

إن السجلات كنوع خاص من الوثائق توفر الدليل على المطابقة مع المتطلبات وفاعلية التشغيل لنظام الادارة والنشاط الفنى للمعمل. ويجب على المعمل إعداد إجراءات موثقة لتعريف وتجميع وفهرسة وحفظ وتخزين وصيانة والتخلص من السجلات. ويتم تمييز السجلات بأرقام خاصة مقصورة على كل سجل.

ويتم حصر السجلات المستخدمة فى قائمة السجلات وذلك لضمان توزيع النماذج المعدلة على جميع مواقع الاستخدام المعنية وضمان التطبيق الصحيح لها طبقاً لنظام الإدارة .كما يتم تجميع وفهرسة السجلات فى ملفات نظيف وسليمة بأسلوب يضمن سهولة الوصول اليها.

حفظ السجلات وصيانتها وحمايتها واستدعائها

تحفظ ملفات السجلات بطريقة منظمة ومرتبة دون تكديس فى تجهيزات المعمل فى الفترة التى يتطلبها العمل من أجل سهولة الاستعمال والاستدعاء عند الطلب، وتعرف السجلات بالشكل الذى يسهل معرفتها، ويتم حفظ سجلات المعمل إما ورقيا أو بوسائل الكترونية. ويوفر مدير المعمل المكان والبيئة المناسبة لحماية وصيانة السجلات من التلف أو الفساد أو الفقد أو الضياع وكذلك تحديد المسئول عن كل سجل لضمان حمايتها والمحافظة عليها من التلف ويحفظ هذا المسئول السجلات بأمن وسرية ولا يجوز نقل أى معلومات كتابة أو على وسائط الكترونية لأى جهة إلا بتصريح من الإدارة. ويقوم المعمل بإعداد إجراءات لحماية ونسخ السجلات المخزنة إلكترونياً لمنع التداخل أو التعديل غير المسئول لهذه السجلات.

ويتم استدعاء السجلات من خلال التنظيم والترتيب وتحديد المسئول والترقيم أو التعريف المميز وعدم وضع السجلات فى غير أماكن تخزينها وعدم حفظ السجلات فى دواليب خاصة لمنع وجود عقبات تعرقل سرعة العمل وانسيابية استدعاء البيانات عند الطلب. وتحدد فترة الاحتفاظ بالسجلات بحيث يتم

استدعاء وتتبع أى بيانات مطلوبة عن فترات سابقة. ويتم تحديد كيفية التخلص من السجلات بعد انتهاء فترة الاحتفاظ المحددة.

أنواع السجلات

تنقسم السجلات إلى نوعان رئيسيان هما:

سجلات الجودة:

وتتضمن تقارير عمليات المراجعة الداخلية ومراجعات الادارة وسجلات الاجراءات التصحيحية والوقائية.

السجلات الفنية:

وهى عبارة عن تجميع البيانات والمعلومات الناتجة من اجراء الاختبارات والمعايرات الداخلية التى تبين مستوى الجودة أو مكونات العملية المنجزة ، وقد تتضمن هذه السجلات النماذج والعقود والكتب واستمارات تسجيل النتائج وأوراق المراجعة والعمل ورسومات التحكم وتقارير الاختبار وشهادات المعايرة الخارجية و الداخلية .

ويحتفظ المعمل بدفاتر القراءات الأصلية والبيانات المشتقة منها ومنحنيات الجودة وشهادات المعايرة وملاحظات العملاء والحسابات الأولية وملاحظات الاختبارات وتتبع الاجهزة المعنية وتفاصيل العينات ومعلومات كافية لتتبع أثر المراجعة الداخلية وسجلات معايرة أجهزة المعمل والأفراد ونسخة من كل تقرير اختبار. وتقوم ادارة المعمل بتحديد مدة الحفظ لهذه السجلات (وعادة يتم الاحتفاظ بهذه السجلات لمدة لا تقل عن 5 سنوات).

ويجب تسجيل النتائج فى دفاتر الملاحظات بالحبر ، وعند حدوث أخطاء فى السجلات لا يتم محوها ويتم شطب الخطأ بما يجعله مقروء وتسجل القيمة الصحيحة أعلاه مع التوقيع عليها من الفرد الذى أجرى التصحيح. وفى حالة النتائج الى يحصل عليها بواسطة الحاسب الآلى فإن نفس المعايير يجب اتخاذها لمنع فقد أو تغيير النتائج الأصلية ويمكن ايجاد طرق لحماية النتائج

واسترجاعها من الحاسب فى أى وقت ومنع غير المخولين بذلك من الاطلاع أو التعديل فى البيانات المسجلة.

السجلات الداخلية

يلزم إعداد سجلات تبين حالة العينات التى يتم تجميعها وتحليلها وتسمى هذه المتابعة سجل تسلسل الحيازة حيث تعتبر العينات تحت وصاية شخص ما من المعمل ما دامت فى حوزته وتحت مسئوليته، لذا وجب إعداد العديد من السجلات والتقارير المتعلقة بنشاط المعمل:

نموذج رقم (١٣-١)

دفتر تدوين بيانات العينة فى الموقع و تقرير تسلسل الحيازه

رقم العينة:
اسم وتوقيع من قام بجمعها:
مكان جمع العينة:
تاريخ ووقت جمع العينة:
نوع العينة (خطافية - مركبة):
الخواص الظاهرية للعينة (رائحة– لون– عكارة- رواسب).
القياس الحقلى الذى تم:
المواد الحافظة المضافة:
الاختبارات المعملية المطلوبة:
اسم وتوقيع من قام بنقل العينة:
وقت وتاريخ وصول العينة للمعمل:
اسم مستلم العينة للتحليل:

كتيب حالة الأجهزة Log book يجب أن يحتفظ لكل جهاز بسجل كامل يبين:

١. توصيف الجهاز.
٢. إجراءات المعايرة .
٣. إجراءات الصيانة التى تمت .
٤. طريقة التشغيل.

ويشمل سجل حالة الجهاز على المعلومات الاتية:

نموذج رقم (١٣-٢)
كتيب حالة الأجهزة

اسم الجهاز:
اسم المورد وعنوانه:
الشركة المنتجة :
رقم المسلسل :
حالة الجهاز : جديد – قديم – مجدد
تاريخ شراء الجهاز:
تاريخ بدء تشغيل الجهاز:
قطع الغيار أو الاجزاء الملحقة به:
مكان وضع الجهاز:
الكاتالوجات المرفقة:
نوع وتوقيت الصيانة التى تمت:
تاريخ المعايرة:
اسم المسئول عن الجهاز

نموذج رقم (١٣-٣)
تقارير نتائج تحليل العينات

رقم العينة:
مصدر العينة:
تاريخ تحليل العينة:
التحليل:
الطريقة المستخدمة:
وحدة القياس :
النتيجة :
اسم المحلل :
التوقيع:
مراجعة :
التوقيع: التاريخ:

نموذج رقم (١٣-٤)
النتائج التفصيلية لتحليل العينات

رقم العينة:
نوع العينة:
تاريخ ووقت التحليل :
حجم العينة المستخدمة
(ملليلتر) (أ)
وزن الكأس فارغا (ب)
وزن الكأس + الراسب (جـ)
وزن الراسب (جـ - ب)
التركيز = (جـ - ب ÷ أ) × ١٠٠٠ = ملليجرام /لتر
اسم المحلل :
توقيع المحلل :
اسم المراجع:
التاريخ:

نموذج رقم (١٣-٥)

طريقة توثيق الطرق القياسية المستخدمة بالمعمل

اسم الطريقة:
ملخص الطريقة:
الاحتياطات اللازمة والتداخلات:
مدة إبقاء العينة وحفظها:
الأجهزة المستخدمة:
الكواشف المستخدمة:
محاليل المعايرة:
محاليل ضبط الجودة:
طريقة العمل:
الحسابات:
وحدة التعبير عن النتائج:
المراجع العلمية:

تسجيل النتائج

يجب تسجيل النتائج المعملية فى نماذج واضحة. والنماذج الجيدة هى التى تحتوى على تفاصيل النتائج التى يمكن الرجوع لها مستقبلاً. وهذه النماذج يجب أن تتضمن:

١- التعريف بالعينة ومصدرها ووقت جمعها.
٢- حجم العينة المستخدم فى كل تجربة.
٣- نوع الاختبار.
٤- النتائج المرحلية لكل خطوة من خطوات التجربة.
٥- اسم وتوقيع من قام بإجراء التحليل.
٦- مرجع الطريقة المستخدمة.
٧- طريقة حساب النتيجة.

وبعد مراجعة النتائج تحفظ النماذج بترتيبها الزمني فى ملفات خاصة يحتفظ بها لمدة ٥ سنوات على الأقل. ومن المعروف أن استخدام أجهزة جيدة وطرق صحيحة لا يعطي بالضرورة نتائج صحيحة. وعلى المحال أن يراجع من وقت إلى آخر نوعية النتائج بالتأكد من صلاحية المواد الكيميائية المستخدمة والأجهزة والمواد القياسية وطرق الحساب والقياس وذلك بإجراء تجارب على عينات قياسية لمعرفة مدى الخطأ وهو ما يعرف بتجارب ضبط وتأكيد الجودة. ويمثل النموذجان رقمى (١٣-٦)، (١٣-٧) نموذج تسجيل نتائج تحليل الأكسجين الحيوي الممتص، نموذج تسجيل نتائج تحليل الزيوت والشحوم فى عينة مياه.

نموذج رقم (١٣-٦)

نموذج تسجيل نتائج تحليل الأكسجين الحيوي الممتص فى عينة مياه

تاريخ جمع العينة :

تاريخ وضع العينة فى الحضانة :

تاريخ إخراج العينة للتحليل:

رقم العينة			
رقم العبوة			
حجم العينة	**التجربة الأولى**	**التجربة الثانية**	**التجربة الثالثة**
نسبة التخفيف (٣٠٠/حجم العينة سم^3)			
الأكسجين المذاب المقاس فى بداية التجربة (مجم/لتر)			
الأكسجين المذاب المقاس فى نهاية التجربة (مجم/لتر)			
الأكسجين الممتص (مجم/لتر)			
الأكسجين الحيوي الممتص الأكسجين الممتص × نسبة التخفيف) (مجم/لتر)			

اسم المحلل: توقيع المحلل:

اسم المراجع: توقيع المراجع:

التاريخ:

مصدر الطريقة المستخدمة:

السجلات Records

يجب على المعمل أن يتخذ الإجراءات والوسائل اللازمة لإعداد طرق للتعرف والجمع والفهرسه والوصول والتخزين والمحافظة والتخلص من كل سجلات الجودة والسجلات التقنية ويجب المحافظة على كل السجلات وتخزينها فى مكان مناسب لحمايتها من الأضرار أو التدهور والفقد. ويجب الإحتفاظ بهذه السجلات لمدة لا تقل عن 5 سنوات.

وعلى المعمل أن يحافظ على كراسات النتائج الأصلية ونماذج جمع النتائج ومنحنيات الجودة وتقارير الاختبارات وشهادات المعايرة وملاحظات العملاء والحسابات الأولية وملاحظات الاختبارات وتتبع الأجهزة المعنية وتفاصيل العينات ويجب تسجيل النتائج فى دفاتر الملاحظات بالحبر ولا تمحى ولا تحذف أية أخطاء بل تشطب ويجب توقيع السجل من المحلل. وفى حالة النتائج التى يحصل عليها بواسطة الحاسب الآلى فإن نفس المعايير يجب اتخاذها لمنع فقدان أو تغيير النتائج الأصلية ويمكن إيجاد طرق لحماية النتائج واسترجاعها من الحاسب فى أى وقت ومنع غير المخولين من الإطلاع أو التعديل فى البيانات المسجلة.

تقارير الاختبارات
Test reports

يجب أن تسجل الأعمال التى يجريها المعمل فى تقارير وأن تظهر بوضوح ودقة وموضوعية وبدون لبس نتائج الاختبارات وأية معلومات ذات صلة ويجب أن تحتوى كل تقارير للاختبارات على الأقل على المعلومات الآتية:

١. اسم وعنوان المعمل ومكان اجراء التحليل إذا كان مختلفا عن عنوان المختبر.
٢. تعريف فريد بالتقرير مثل اعطائه رقما مسلسلا ولكل صفحة وعدد الصفحات الكلى للتقرير.
٣. وصف وتعريف بالعينة التى تم تحليلها.
٤. تاريخ استلام العينة وتاريخ إجراء التحليل.
٥. التعريف بمواصفات الاختبار أو وصف للطريقة المستخدمة فى التحليل.
٦. وصف لطريقة جمع العينة التى أجريت بواسطة المعمل أو أى جهة أخرى عندما يكون ذلك له علاقة بتطبيقات النتائج.
٧. أى إضافات أو حيود أو استبعاد عن مواصفات الطريقة وأى معلومات أخرى ذات علاقة بالاختبار.
٨. التعريف بأى اختبار أو طريقة غير قياسية تكون قد استخدمت.
٩. الظروف البيئية السائدة وقت أخذ العينة والتى قد تؤثر فى تفسير نتائج الاختبار.

١٠. قياس وفحص واشتقاق النتائج مدعمة بالجداول والرسومات والأشكال التوضيحية والصور كلما أمكن وأية قصور تم التعرف عليه.
١١. وحدات القياس المستخدمة.
١٢. بيان عن قياس اللا يقين (Uncertainty).
١٣. توقيع ووظيفة أو تأشيرة الشخص الذى قبل المسئولية التقنية لاصدار التقرير.
١٤. تصريح بأن النتائج مقصورة على المواد التى حللت بدون موافقة كتابية من المعمل.

ويجب أن يصمم شكل التقرير بعناية ودقة لكل نوع من الاختبارات ولكن تبقى العناوين موحدة كلما أمكن. ويجب أن يصمم بحيث يشمل كل نوع من الاختبارات التى تجرى وللتقليل من إمكانية الخطأ أو سوء الاستخدام. ويعطى إهتمام لطريقة إخراج التقرير.

إن التصحيح أو الإضافة فى تقرير النتائج بعد إصداره يجب أن يتم من خلال تقرير آخر بعنوان مناسب مثل تعديل/ إضافة إلى تقرير مسلسل .... (أو طريقة أخرى للتعريف) ويجب أن يستوفى المتطلبات السابق ذكرها. ويجب ألا يتضمن أية نصائح أو توجيهات أو توصيات مبنية على النتائج. وعندما يطلب من المعمل الرأى والتفسير وذكره فى التقرير يجب على المعمل أن يكون قادرا على أن يبين أنه قام بتوثيق الأسس التى بنى عليها تفسيره ورأيه. والرأى والتفسير اللاذان يحتويهما تقرير الاختبار ربما يكونا محتويان وليس قاصران على :

- الرأى عن توافق النتائج مع المتطلبات.
- توصيات بكيفية استخدام النتائج.
- الإرشادات المستخدمة للتحسين.

ضبط البيانات
Data control

يجب أن تخضع الحسابات ونقل البيانات الى مراجعة ملائمة بطريقة منتظمة. وعند استخدام الحاسب الآلى أو أجهزة آلية فى معالجة وتسجيل وإعداد البيانات وتخزينها لاسترجاع بيانات الإختبار والمعايرة يجب على المختبر أن يضمن:

- أن توثق البرامج التى أعدت بطريقة مسهبة كافية وقابلة للتطبيق وتراجع للتأكد من كفايتها للاستخدام.
- إعداد طرق استخدام وتطبيقها من أجل حماية تكامل البيانات وهذه الطرق يجب أن تحتوى ولا تقتصر على السرية والتكامل لإدخال وتجميع وتخزين ونقل ومعالجة البيانات.

ويجب صيانة الأجهزة الآلية والحاسب لضمان الأداء الأمثل ويجب تزويدها بظروف مناخية وتشغيلية ضرورية للحفاظ على تكامل الاختبار وبيانات المعايرة. وتعتبر البرامج التجارية ذات الإستخدام العام عند استخدامها فى نطاق مدى تطبيقاتها قابلة للاستخدام بصورة كافية. وعند نقل نتائج الاختبار أو المعايرة بواسطة الهاتف أو التلكس أو الفاكس أو أى وسيلة اليكترونية أو كهرومغناطيسية يجب استيفاء متطلبات هذا الدليل.

ضبط الوثائق
Document control

يجب على المعمل أن يعد ويحافظ على إجراءات ضبط كل الوثائق (التى تصدر داخليا أو من مصادر خارجية) والتى تشكل جزءا من توثيق الجودة. وتشمل وثائق خارجية المصدر مثل التعليمات والمقاييس ووثائق المعايرة وطرق المعايرة والاختبار وكذلك الرسومات والمواصفات والإرشادات والأدلة والتصريحات المتعلقة بالسياسة العامة للمختبر وجداول المعايرة والرسومات البيانية والكتب والمعلقات والمذكرات والبرامج والخطط إلى آخره، وتلك ربما تكون على وسائط مختلفة مطبوعة أو اليكترونية مكتوبة بطريقة مناظرة أو بطريقة رقمية أو فوتوغرافية أو خطية.

ويجب مراجعة وقبول كل الوثائق التى تصدر للعاملين بالمعمل كجزء من نظام الجودة للاستخدام ببواسطة الأشخاص المخولين قبل الإصدار.ويجب

إعداد قائمة رئيسية أو ما يعادلها من طرق ضبط الوثائق تبين حالة النسخة المنقحة المستخدمة وتوزيع الوثائق فى نظام الجودة والمتوقع أن يعيق إستخدام أو عدم تطبيق أو إلغاء الوثائق ويجب على الطرق المستخدمة أن تضمن ما يلى:

- النسخة الرسمية للوثائق الملائمة متاحة فى كل المواقع عندما يكون ذلك لازما للتشغيل والأداء الفعال فى المعمل.
- مراجعة الوثائق بصورة دورية وإعادة إصدارها إذا كان ذلك ضرورياً لضمان ملائمتها بصورة مستمرة والإلزام بالمتطلبات القابلة للتطبيق.
- يجب إزالة الوثائق الملغية وغير المطبقة فوراً من كل نقاط الإصدار أو الاستخدام أو التأكيد على عدم الاستخدام المقصود.
- يجب تمييز الوثائق المتقادمة الواجب الاحتفاظ بها لأغراض قانونية أو للمعرفة بطريقة مناسبة.

ويجب أن تميز وثائق نظام الجودة الصادرة من المعمل بطريقة فريدة وهذا التعريف يجب أن يتضمن تاريخ الاصدار والتعريف بالتنقيح وعدد الصفحات أو علامة تبين نهاية الوثيقة وجهة الاصدار. ويجب مراجعة وقبول التغيرات التى تجرى على الوثائق بواسطة من قاموا بمراجعة النسخة الأصلية إلا إذا تم تعيين غيرهم.

ويجب أن تكون المعلومات والخلفية وثيقة الصلة بالموضوع متاحة للأشخاص المعنيون حتى يتمكنوا من المراجعة والموافقة. وكلما كان عمليا فإن طبيعة التغيير يجب تمييزها فى الوثائق أو ملحقاتها الملائمة. ويجب إعداد طرق تصنف كيف أن التغيرات فى الوثائق المسجلة على انظمة الحاسب قد تم اجرائها وضبطها.

استخدام الحاسبات تستخدم الحاسبات فى معامل التحاليل الكيميائية فى مجالات عديدة منها:

- رصد وضبط قوائم العينات.
- تحديد مواقيت المعايرة والصيانة للأجهزة.

- بيان المخزون من الكواشف والمواد القياسية.
- تصميم وأداء التجارب الإحصائية.
- جدولة العينات ومراقبة العمل.
- إصدار منحنيات الجودة.
- رصد طرق الإختبارات.
- السيطرة على الأجهزة الآلية.
- جمع وتخزين واسترجاع ومعالجة النتائج بطريقة يدوية أو آلية.
- مضاهاة نتائج العينة مع البيانات السابق تخزينها.
- إصدار تقارير الاختبارات.
- الكتابة العادية.
- الاتصالات.

وربما تستخدم الأسلاك والوصلات للربط بين أجزاء مختلفة فى الحاسب أو بين حاسبات مختلفة. ومن الضرورى أن تختار الوصلات والأسلاك لتحقق التطبيق المطلوب حيث أنها يمكن أن تؤثر على سرعة ونوعية نقل البيانات. إن بيئة وظروف تشغيل معامل التحاليل الكيميائية تخلق أخطار معينة عند تشغيل الحاسب وتخزين الأوساط ويمكن الحصول على الإرشادات بخصوص ذلك داخل دليل التشغيل ولكن يجب إتخاذ الإحتياطات الضرورية لتجنب الضرر الممكن حدوثه نتيجة تلوث كيميائى أو بكتيروبولوجى أو تلوث بالاتربة أو الحرارة أو الرطوبة أو المجالات المغناطيسية.

ويجب إجراء مراجعات مماثلة عند تغيير استخدام الحاسب أو بعد الصيانة أو بعد تجديد البرامج. وفى الاختبارات الكيميائية فإن مثل هذه المراجعات يمكن إرجائها باستخدام مواد مرجعية مزودة بشهادات لأغراض التطبيق الأولى مع استخدام مواد قياسية ثانوية مثل المواد المستخدمة فى ضبط الجودة والمستخدمة فى المراجعة الدورية المتكررة. ويجب الأخذ فى الاعتبار أية توصيات صادرة عن المصنع. والطرق القابلة للتطبيق والمستخدمة فى

أنظمة معينة وأية بيانات مسجلة أثناء عملية التطبيق يجب توثيقها. ومن الملائم أن يبين التطبيق باستخدام أمثلة لتطبيقات مثالية:

١. تستخدم حزمة معالجة الكلمات (Word Processing) فى المعامل على نحو واسع لإصدار عديد من الوثائق. ويجب على المعمل أن يضمن أن استخدام هذه الحزم تحت السيطرة الكافية لمنع إصدار أى تقرير أو وثيقة خاطئة. إن معظم الأنظمة المعقدة تقرأ وتعالج البيانات لإخراج تقارير فى شكل مطلوب. وهذه الأنظمة تتطلب مراجعات إضافية.

٢. الأجهزة التى تستخدم معالج للبيانات ميكروئى (Microprocessor) مزودة عادة بمراجعة ذاتية روتينية يمكن أن تنشط عندما يبدأ تشغيل الجهاز وعندما لا يكون البرنامج موجوداً يجب تمييز ومراجعة كل الأجهزة الطرفية. وفى معظم الظروف فإن قابلية التطبيق يمكن اجرائها باختبار كل المظاهر المتعددة لأداء الجهاز باستخدام المحددات المعروفة مثل اختبار عينات مرجعية ، مواد قياسية فيزيائية أو كيميائية للمعايرة أو عينات ضبط الجودة.

٣. تحتاج المخارج من الأجهزة التحليلية قبل معالجتها عادة أن تتحول إلى النظام الرقمى باستخدام محول رقمى. والبيانات الرقمية تترجم بعد ذلك الى إشارة يمكن تميزها (مثل الأرقام – أطياف وقمم لمنحنيات طبقا للنظام) بواسطة برنامج جبرى. وهذا يجعل القرارات المختلفة (مثل تقرير أين تبدأ قمة المنحنى وأين تنتهى أو كيف يقرب الرقم إلى قيم عليا أو سفلى) طبقا لتعليمات مبرمجة.

٤. الأجهزة التى تعمل بواسطة أنظمة حاسب ربما تتضمن واحد أو أكثر من الأمثلة السابق الإشارة اليها وتعمل إما بشكل آلى أو فى وقت محدد. ويجب الاهتمام بالتأكد من أن الحاسب والوصلات لها مقدرة كافية لأداء الغرض المطلوب.

٥. ازداد شيوع أنظمة إدارة معلومات المختبر (FIMS) كطريقة لإدارة نشاط المختبر باستخدام الحاسب. وهذا النظام عبارة عن حزمة من البرامج تسمح بالجمع الإليكترونى والحسابات وهضم البيانات التحليلية والتى تستقبل مباشرة من أجهزة القياس المناسبة وتتضمن الكتابة وقاعدة بيانات

وجداول وقدرات للمعالجة. ويمكن أن تؤدى عديد من الوظائف مثل تسجيل وتتبع العينات و معالجة البيانات المجمعة وضبط الجودة وضبط السيطرة المالية واخراج التقارير.

حماية البيانات

يجب أن يتخذ المعمل الإجراءات الملائمة لحماية تكامل الحاسبات والبرامج وأى بيانات مصاحبة ويجب ان يتماشى ذلك مع القواعد المعمول بها محليا أو إقليميا أو دوليا لحماية البيانات. ويجب أن يمنع للوصول غير المصرح لهم إلى الحاسبات وتتضمن الإجراءات المناسبة استخدام مناطق آمنة و إغلاق لوحة التشغيل واستخدام كلمات سر أو بصمة الصوت أو بصمة اليد ويمكن أيضا ان تتضمن إجراءات وقائية إضافية عندما يكون الجهاز متاحا نظريا من الخارج عن طريق شبكة اتصالات أو كروت توصيل. ويجب على المعمل أن يقيم درجة الخطورة للوصول المتعمد أو غير المتعمد لكل الحاسبات أو تطبيقات معينة ووضع مستوى من التأمين مناسب لأهمية وحساسية البيانات. ويجب أن تجرب البرامج وتعديلاتها قبل الاستخدام وذلك بفحصها للتأكد من خلوها من الفيروسات وقابليتها للتطبيق. ويجب على المعمل منع استخدام اى برامج غير مجازة على الحاسبات ويجب الحصول على البرامج من مصادر موثوق بها فقط أو مصممة بالمعمل. ويجب إيقاف التفويض الممنوح لاستخدام إصدارات ملغية من البرامج وذلك لمنع استخدامها مرة أخرى.

وعندما تكون البرامج أو البيانات متاحة فإنها تكون أكثر عرضة للتغيير المتعمد أو العرض، وكقاعدة عامة يجب عدم تخزين البيانات على الحاسب وكلما أمكن يجب نسخها وحفظها للمحافظة على تكاملها.

وعندما تنسخ ملفات البيانات لحفظها فى الأرشيف يجب تخزينها بطريقة تقلل من فقدانها أو إفسادها والتخزين المناسب الآمن يكون ضد الحريق ومقاوم للمياه ومحمى من المجالات الكهربائية والمغناطيسية.

قابلية التطبيق

الحاسبات مهما كان نوعها تعانى من أعراض "الصندوق الأسود" حيث تدخل المدخلات من جهة ويحصل على النتيجة من جهة أخرى. وحيث أن ما يجرى بداخلها لا يرى يجب الافتراض أن هذا الصندوق يعمل بطريقة صحيحة. ولأغراض التأكد من قابلية التطبيق فإنه من المعتاد قبول فرضية التشغيل الصحيح إذا أعطى الحاسب إجابات متوقعة عند إدخال مدخلات بمحددات معروفة جيدا. ودرجة قابلية التطبيق الضرورية تعتمد على الاستخدام الحقيقى للحاسب. ويجب أن يكون الاستخدام المقترح لكل حاسب قد أخذ فى الاعتبار درجة قابلية التطبيق.

حفظ السجلات/ الأرشيف

عند تحديث البرامج يجب الاحتفاظ بسجل بتاريخ النسخ المحدثة وعند حفظ نتائج العينات فمن الضروري تخزين كل البيانات المطلوبة لإعادة استخراج الإجابات الأصلية. بالإضافة الى حفظ ملفات البيانات الأولية وذلك يتضمن معالجات لملفات معالجة البيانات والنسخة المعنية من برامج التشغيل. وفى حالات نادرة يكون من الضروري الاحتفاظ بنسخة مطبوعة من الملفات الملغية لتشغيل أرشيف البرامج. وفى هذه الحالات يكون من الأكثر ملائمة تسجيل البيانات منذ البداية فى نسخة مطبوعة.

USAID | EGYPT
FROM THE AMERICAN PEOPLE

أعد هذا المستند مشروع دعم قطاع المياه و الصرف الصحي الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية
بموجب عقد رقم EPP-I-00-04-00020-00, Order No. 3 بالتعاون مع الشركة القابضة لمياه الشرب و الصرف الصحى
www.egyptwwss.org