

برنامج اعتماد مشغلي مرافق مياه الشرب و الصرف الصحي
**Certification Program for Water and Wastewater
Treatment Plant Operators and Lab. Analysts**

دليل المتدرب
البرنامج التدريبي لمحلي معامـل تحاليل مياه الشرب
المستوى (ب)

**Training Course for Drinking Water Laboratory Analysts
Level B
Trainee Guide**

برنامج اعتماد مشغلي مرافق مياه الشرب و الصرف الصحي
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 لمحلي معامل تحاليل مياه الشرب
المستوى (ب)

Training Course for Drinking Water Laboratory Analysts
Level B
Trainee Guide

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 ومحلي 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 الجديدة في هذا المجال.

ومن المؤكد أن برنامج "اعتماد مشغلي ومحلي 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 ومنشأتها.
- 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 "محلى معامل تحاليل مياه الشرب"، وذلك في المستوى (ب) 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 يرتبط أساساً بالدليل الذى يتم إعداده بواسطة هذا المشروع للمستوى (ج) مع إضافة ما يحقق ويستوفى الأهداف الموضوعية للمستوى الأعلى منه مباشرة ضمن هذا البرنامج، كما يرتبط بالملاحق الرئيسية للعديد من مناهج ودورات التدريب التي تم تنفيذها من قبل، وهي بلا جدال تحوي خبرات عالية ومتخصصة شارك في وضعها خبراء، كما تم وضع مادة هذا الدليل أيضاً بإشراف نفس المستوى من الخبراء، الذين تخصصوا وعملوا مع جهات دولية عديدة في مجال تشغيل وصيانة المرافق، ومرافق 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 الصحي 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: نوعية ومواصفات مياه الشرب والتشريعات والمعايير المصرية والدولية

- أهداف الأداء (التعلم) ١ - ١
- تقييم نوعية المياه Water Quality Assessment ٢ - ١
- صور وجود الماء على الأرض ٢ - ١
- الخصائص العامة لمياه الشرب ٣ - ١
- مصادر تلوث مياه الشرب بالمواد غير العضوية ١١ - ١
- المياه الجوفية ١٣ - ١
- أخطار التلوث بالمواد العضوية على الصحة العامة ١٣ - ١
- التشريعات المصرية الخاصة بتحديد مواصفات المياه ١٨ - ١

الفصل الثاني: الأجهزة الرئيسية المستخدمة فى قياسات ملوثات مياه الشرب وطرق معايرتها

- أهداف الأداء (التعلم) ١ - ٢
- مقدمة ٢ - ٢
- أنواع الأجهزة المستخدمة فى القياس ٢ - ٢
- أولاً: الأجهزة المستخدمة فى قياسات العناصر الفلزية ٣ - ٢
- ثانياً: الأجهزة المستخدمة فى قياسات المركبات العضوية ١٦ - ٢
- أجهزة ذات استخدامات خاصة ٢٥ - ٢

الفصل الثالث: الأجهزة المساعدة والتقنيات المعملية

- أهداف الأداء (التعلم) ١ - ٣
- أولاً الأجهزة المساعدة ٢ - ٣
- ثانياً: التقنيات المعملية ١٨ - ٣

الفصل الرابع: تقنيات جمع عينات المياه للتحاليل

- أهداف الأداء (التعلم) ١ - ٤
- العينات الممثلة واختيار موقع أخذ العينات ٢ - ٤
- خطة مراقبة وتأكيد الجودة فى جمع العينات ٣ - ٤

٧-٤	طرق سحب العينات
١٤-٤	بطاقات تمييز العينات

الفصل الخامس: أنواع ومصادر الأخطاء في جمع عينات المياه وتحليلها

١-٥	أهداف الأداء (التعلم)
٢-٥	مقدمة
٢-٥	١. الخطأ العشوائي
٢-٥	٢. الخطأ المنتظم
٣-٥	٣. الخطأ الفادح
٣-٥	٤. خطأ التقريب
٥-٥	أنواع ومصادر الأخطاء في التحاليل الكيميائية

الفصل السادس: التحاليل الكيميائية لمياه الشرب

١-٦	أهداف الأداء (التعلم)
٢-٦	أنواع التحاليل التي تجرى على المياه
٣-٦	أنواع وطبيعة المواد التي يجرى تحليلها في المياه
٤-٦	طرق التعبير عن نتائج التحاليل
٦-٦	طرق التحاليل الكيميائية
	الصفات التحليلية للمياه
٧-٦	الصفات الطبيعية
١٤-٦	الصفات الكيميائية
٨٥-٦	المواد المشعة
٧-٦	

الفصل السابع: التحليل البكتريولوجي لمياه الشرب باستخدام طريقة الأنابيب المتعددة

١-٧	أهداف الأداء (التعلم)
٢-٧	مقدمة
٢-٧	طرق التحاليل البكتريولوجية
١١-٧	البيئات وماء التخفيف
٢٦-٧	استمارات التسجيل

الفصل الثامن: التحليل البكتريولوجى باستخدام طريقة الترشيح الغشائى

- ١ - ٨ أهداف الأداء (التعلم)
- ٢ - ٨ المبدأ الأساسى
- ٣ - ٨ التجهيزات
- ٤ - ٨ المستنباتات (الأوساط) وماء التخفيف
- ٥ - ٨ تعيين إجمالى القولونيات
- ٩ - ٨ مصادر الخطأ فى التحاليل البكتريولوجية
- ١٠ - ٨ الاحتياطات الواجب مراعاتها عند جمع العينة
- ١٠ - ٨ اختبارات مراقبة الجودة

الفصل التاسع: التحاليل البيولوجية (الميكروسكوبية) لمياه الشرب

- ١ - ٩ أهداف الأداء (التعلم)
- ٢ - ٩ الهائمات النباتية (الطحالب) Phytoplankton (Algae)
- ٤ - ٩ تقسيم وتعريف الطحالب (Algal Taxonomy and Algal Identification)
- ٥ - ٩ العوامل المؤثرة على نمو الطحالب (Factors Affecting Algal Growth)
- ٦ - ٩ الطحالب كدلائل لنوعية المياه Algae as Indicator for Water Quality
- ٨ - ٩ الطحالب كدليل لمصدر المياه
- ٨ - ٩ الأضرار الناتجة عن الطحالب Problems Created by Algae
- المشاكل التى تسببها الطحالب فى المياه المعالجة
- ١٣ - ٩ Problems Created by Algae in Treated Water
- ٢٢ - ٩ تجميع عينات الهائمات النباتية (Phytoplankton) وطرق حساب المحتوى الحيوى للطحالب
- ٢٣ - ٩ قياس المحتوى الحيوى للطحالب
- ٢٥ - ٩ العد الطحلبى

الفصل العاشر: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

- ١ - ١٠ أهداف الأداء (التعلم)
- ٢ - ١٠ ضبط الجودة Quality Control
- ٣ - ١٠ خطة ضبط الجودة
- ٤ - ١٠ رسومات الضبط البيانية Control Charts
- ١٥ - ١٠ عينات الجودة الضابطة

الفصل الحادى عشر: تأكيد جودة تحاليل مياه الشرب

- ١-١١ أهداف الأداء (التعلم)
- ٢-١١ تأكيد الجودة Quality Assurance
- ١٣-١١ تنظيم وتخطيط أنشطة المعمل
- ١٣-١١ استراتيجية جمع العينات
- ١٩-١١ استراتيجية التحاليل

الفصل الثانى عشر: إعداد وتداول وحفظ التقارير والسجلات والوثائق

- ١-١٢ أهداف الأداء (التعلم)
- ٢-١٢ مقدمة
- ٢-١٢ إجراءات التحكم فى حفظ وتداول الوثائق
- ٤-١٢ أنواع السجلات
- ١١-١٢ تسجيل النتائج
- ١٧-١٢ استخدام الحاسبات
- ٢٢-١٢ حماية البيانات
- ٢٥-١٢ حفظ السجلات/ الأرشفة

الفصل الثالث عشر: الأمان والسلامة فى معامل التحاليل الكيميائية

- ١-١٣ أهداف الأداء (التعلم)
- ٢-١٣ مصادر ومسببات الخطر المعمل
- ٣-١٣ الوقاية من مخاطر المعمل وتجهيزاته
- ٥-١٣ توصيلات المياه
- ٦-١٣ خزانات الغازات والتهوية
- ٧-١٣ التسخين والتجفيف
- ٨-١٣ الخرطوم والسدادات المطاطية
- ٨-١٣ استخدام الماصات
- ٩-١٣ التعامل مع الأجهزة الزجاجية والزجاج المكسور
- ١٠-١٣ أنواع المواد الكيميائية الخطرة
- ١٤-١٣ تخزين الكيماويات

١٦-١٣	التخلص الآمن من المخلفات والنفايات الكيميائية
١٨-١٣	التخلص من المخلفات البيولوجية الخطرة
٢٠-١٣	التعامل مع الانسكابات
٢٤-١٣	معدات الوقاية الشخصية
٢٥-١٣	القواعد العامة للسلامة فى المعامل الكيميائية
٢٦-١٣	الإسعافات الأولية
٢٩-١٣	نظام إدارة الأمن والسلامة فى المعمل

الفصل الأول

نوعية ومواصفات مياه الشرب والتشريعات والمعايير المصرية والدولية

الفصل الأول

نوعية ومواصفات مياه الشرب والتشريعات والمعايير المصرية والدولية

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 خصائص الماء الكيميائية
- يشرح تركيب جزئى الماء وكيف يمكن للماء التماسك كمادة.
- 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.

تقييم نوعية المياه Water Quality Assessment

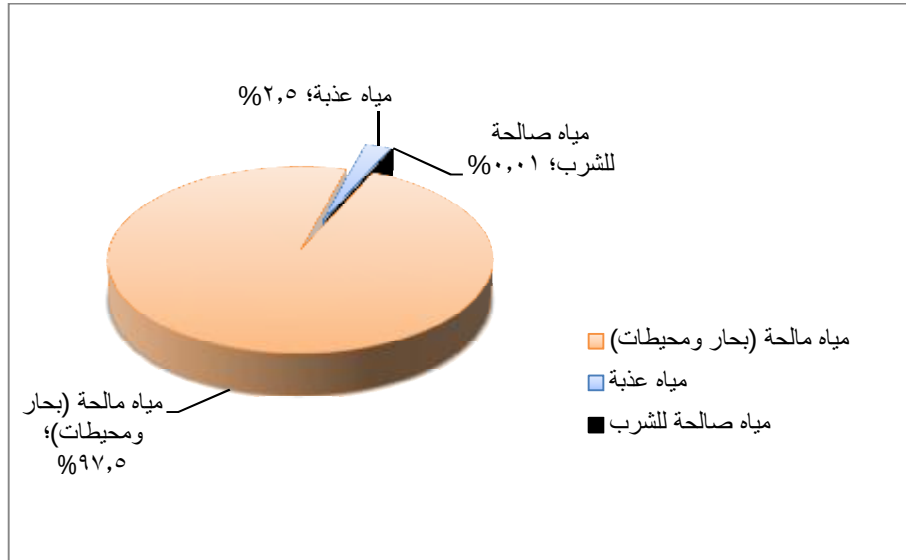
الماء هو أكثر المواد وجوداً على الأرض، حيث يغطي أكثر من ثلاثة أرباع الكرة الأرضية. فالماء يملأ المحيطات والبحار والأنهار، ويوجد في الهواء، وحتى باطن الأرض يوجد به ماء. وبدون الماء لا توجد حياة؛ فالماء يدخل في تركيب كل كائن حي، فيزن ما يقرب من ثلثي جسم الإنسان.

والإنسان يعتمد على الماء في حياته كلها، في مشربه، ومطعمه، ونظافته، وري زرعته، واستصلاح أراضيه، وإدارة مصانعها، وتوليد الطاقة. وتزداد حاجة الإنسان إلى الماء كل يوم، فكل عام يزداد التعداد، وتزداد معه الحاجة للماء.

ويعتقد العلماء أن كمية الماء الموجودة الآن على سطح الكرة الأرضية، هي الكمية نفسها التي وجدت منذ نشأة الأرض. فقد بدأ الماء على هيئة أبخرة، تصاعدت من الأرض أثناء تكوين قشرتها الصلبة. وحينما أخذت حرارة سطح الأرض في الانخفاض التدريجي، بدأت تلك الأبخرة في التكثف، ثم سالت أمطاراً غزيرة لمئات من السنين. وقد أدى سقوط الأمطار إلى تكون الأنهار والبحيرات الواسعة، التي سرعان ما اتحدت مع بعضها، مكونة المحيطات.

صور وجود الماء على الأرض

يشكل ماء المحيطات حوالي ٩٧,٥٪ من حجم الماء الموجود على سطح الأرض، إلا أن هذا الماء مالح ولا يصلح للاستخدام الآدمي، من شرب، أو زراعة، وما إلى ذلك، نتيجة ذوبان العديد من الأملاح فيه. أما كمية الماء العذب الصالحة للاستهلاك الآدمي، فلا تتجاوز ٢,٥٪ من الماء الموجود في الكرة الأرضية، كما هو موضح بالشكل رقم (١-١). ويتضمن هذا الماء، ماء البحيرات، والأنهار، والمياه الجوفية الموجودة في أقل من نصف ميل عمق. ويدخل في هذا، حساب كمية الماء العذب الموجود على هيئة بخار ماء في الغلاف الجوي، الذي سوف يتحول في النهاية إلى أمطار، والرطوبة الموجودة في تربة الأرض السطحية.



شكل رقم (١ - ١)
توزيع المياه على الكرة الأرضية

الخصائص العامة لمياه الشرب

يتطلب استخدام المياه في الشرب التأكد من تمام صلاحيتها من حيث اللون والطعم والرائحة وخلوها من كافة المكونات الضارة أو السامة وضرورة فحصها بكتريولوجياً وميكروسكوبياً.

ونظراً لأن مصدر مياه الشرب الرئيسي في مصر هو نهر النيل (بالإضافة إلى الآبار في بعض المناطق)، وأن 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 التي يؤدي وجودها إلى تداخلها 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.

خصائص المياه

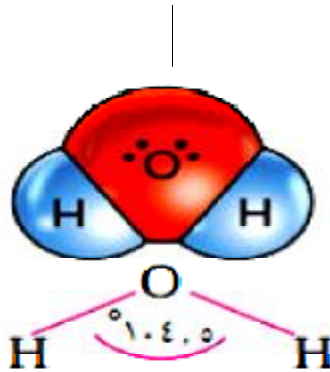
تتقسم خصائص المياه إلى:

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

تركيب الماء**وخصائصه****الكيميائية**

لا يُعدّ الماء، فقط، أكثر المواد وجوداً على الأرض، بل يُعدّ، كذلك، أكثرها غرابة، إذ لا تستطيع مادة على سطح الأرض، أن تحل محل الماء أو تقوم بدوره، كما لا توجد أي مادة معروفة، حتى الآن، لها خصائص مشابهة للماء. فالماء هو استثناء لكثير من قوانين الطبيعة، وذلك لخصائصه الفريدة.

ويتكون الماء من أجسام متناهية الصغر، تسمى "جزيئات". وقطرة الماء الواحدة تحتوي على الملايين من هذه الجزيئات. وكل جزيء، من هذه الجزيئات يتكون من أجسام أصغر، تسمى "ذرات". ويحتوي جزيء الماء الواحد علي ثلاثة ذرات مرتبطة ببعضها، ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين، كما هو موضح بالشكل رقم (١-٢). والهيدروجين هو أخف عناصر الكون، وأكثرها وجوداً به، حيث تصل نسبته إلى أكثر من ٩٠٪، وهو غاز قابل للاشتعال. والرقم الذري للهيدروجين هو ١، ووزنه الذري ١،٠٠٨، كما يوجد الهيدروجين كذلك في الفراغ الفسيح بين المجرات والنجوم، بنسبة ضئيلة.



شكل رقم (١-٢)

جزيء الماء

أمّا عنصر الأكسجين فهو ثالث أكثر العناصر وجوداً في الكون، حيث يوجد بنسبة ٠,٠٥٪، وهو غاز نشط يساعد على الاشتعال، ورقمه الذري ٨، ووزنه ١٦. كما يُكوّن الأكسجين حوالي ٢٠٪ من الهواء الجوي، وهو ضروري لتنفس الكائنات الحية، ويدخل في التركيب العضوي لجميع الأحياء مع الهيدروجين والكربون. وعلى الرغم من أن الهيدروجين غاز مشتعل، والأكسجين غاز يساعد على الاشتعال، إلا أنه عند اتحاد ذرتي هيدروجين مع ذرة أكسجين، ينتج الماء الذي يطفئ النار.

والماء النقي لا يحتوي على الأكسجين والهيدروجين فقط، بل يحتوي على مواد أخرى ذائبة، ولكن بنسب صغيرة جداً. لذا، فإنه يمكن القول بأن الماء يحتوي على عديد من العناصر الذائبة، إلا أن أغلب عنصرين فيه، هما الهيدروجين والأكسجين.

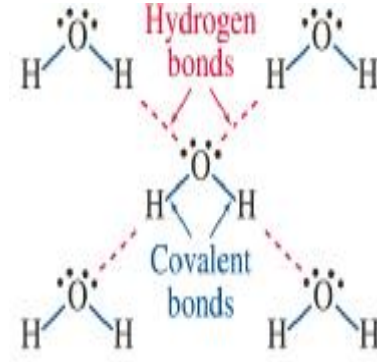
والماء في صورته النقية سائل عديم اللون والرائحة، يستوي في ذلك الماء المالح والماء العذب. إلا أن طعم الماء يختلف في الماء العذب عنه في الماء المالح. فبينما يكون الماء العذب عديم الطعم، فإن الماء المالح يكتسب طعماً مالحاً نتيجة ذوبان عديد من الأملاح به.

يرتبط الهيدروجين بالأكسجين داخل جزيء الماء برابطة تساهمية (Covalent Bond) فكل ذرة هيدروجين، تحتاج إلى إلكترون إضافي في مدارها الخارجي، لتصبح ثابتة كيميائياً. وكل ذرة أكسجين تحتاج إلى إلكترونين إضافيين في مدارها الخارجي، لتصبح ثابتة كيميائياً. لذا فإننا نجد في جزيء الماء ذرتين من الهيدروجين، تشارك كل واحدة بالإلكترونات مع ذرة الأكسجين، ليصبح في المدار الخارجي لذرة الأكسجين ٨ إلكترونات، وبذلك يكون مكتملاً، وفي حالة ثبات كيميائي وفي الوقت نفسه، تشارك ذرة الأكسجين بالإلكترونات من مدارها الخارجي، مع كل ذرة هيدروجين، لإكمال المدار الخارجي لذرة الهيدروجين، ليصبح إلكترونين، وفي حالة ثبات كيميائي. ويسمى هذا النوع من الروابط "بالرابطة التساهمية"

كيف يمكن للماء

التماسك كمادة

(Covalent Bond)، حيث تشارك فيه كل ذرة بجزء منها مع ذرة أخرى، لتكون جزيئاً قوياً للغاية يصعب تحلله، ويوضح الشكل رقم (١-٣) الرابطة التساهمية لجزء الماء.



شكل رقم (١-٣)
الرابطة التساهمية لجزء الماء

ويتجاذب كل جزيء ماء مع الجزيئات المجاورة له، من خلال تجاذب كهربائي، ناتج عن اختلاف الشحنات الكهربائية، فتلتقي ذرتا الهيدروجين مع ذرة الأكسجين في نقطتين، بزاوية مقدارها ١٠٥ درجة، في شكل هندسي غريب، ينتج عنه توزيع الشحنات الكهربائية، بشكل يشبه قطبي المغناطيس. فطرف ذرة الأكسجين يمثل شحنة سالبة، وطرفا ذرتي الهيدروجين يمثلان شحنة موجبة. ونتيجة لهذا الاختلاف في الشحنات الكهربائية، تتجاذب كل ذرة هيدروجين في جزيء الماء، مع ذرة أكسجين في الجزيء المجاور، بنوع من التجاذب الكهربائي، يطلق عليه "الروابط الهيدروجينية (Hydrogen Bond)".

وتُعد الروابط التساهمية والهيدروجينية بين جزيئات الماء، مسؤولة عن الخواص الفريدة للماء، مثل: ارتفاع درجة الحرارة النوعية، والحرارة الكامنة للانصهار، والتبخر. كما أنها مسؤولة عن صفات التوتر السطحي واللزوجة. وجزيئات الماء في حركة دائمة، وتعتمد الحالة التي يكون عليها الماء (غازية أو سائلة أو صلبة) على سرعة حركة هذه الجزيئات. فعند انخفاض درجة الحرارة إلى درجة تساوى أو تقل عن الصفر المئوي تفقد

جزيئات الماء طاقتها، وتقل حركتها، ويزيد ترابطها بالروابط الهيدروجينية، بما يزيد من الفراغات بين جزيئات الماء. ويرتبط كل جزيء مادة في هذه الحالة، بأربعة جزيئات مجاورة بروابط هيدروجينية في شكل ثلاثي الأبعاد، كما في حالة الجليد. ومعظم المواد تنكمش بالبرودة، إلا أن الماء حينما يبرد، ينكمش حتى يصل إلى ٤ درجات مئوية، ثم يبدأ بعدها في التمدد بزيادة انخفاض درجة الحرارة، ويُعد الماء مثلاً للخروج على القاعدة العامة في العلاقة بين درجة الحرارة والكثافة.

فعند انخفاض درجة الحرارة إلى ما تحت الصفر المئوي، يتحول الماء إلى ثلج، ويقل عدد جزيئات الماء المترابطة، ويزيد الفراغ بينها - مقارنة بمثيلتها الموجودة في الحجم نفسه من الماء - فتتمدد في الحجم وتقل كثافتها، وتطفو على هيئة قشرة الجليد فوق سطح الماء، ومع انخفاض درجة حرارة الجو، تتجمد طبقات الماء العليا فقط، وتقل كثافتها وتتمدد، فتطفو على سطح الماء، وتعزل بقية الماء تحتها عن برودة الجو فيبقى سائلاً ويسمح باستمرار الحياة.

وبازدياد درجة الحرارة (أعلى من الصفر المئوي)، تكتسب جزيئات الماء قدراً أعلى من الطاقة، وتزداد حركتها، وتتقارب المسافات بينها، ويتحول الماء إلى صورته السائلة.

ومع ازدياد ارتفاع درجة الحرارة، يزداد قدر الطاقة الذي تكتسبه جزيئات الماء، وتزداد حركتها، وتتباعد المسافات بينها، وتتحول إلى الحالة الغازية، حيث يوجد جزيء الماء في أغلب الأحوال بصورته المنفردة. وتبلغ أقصى درجة لتحول الماء إلى بخار ماء، عند وصوله إلى ١٠٠°م، وهي درجة غليان الماء. إلا أن هذا لا يمنع من تحول الماء في درجات الحرارة العادية إلى بخار ماء بفعل الطاقة المكتسبة من الشمس، وإن كان بدرجة أقل من تلك التي تحدث عند درجة الغليان.

التوتر السطحي واللزوجة

يُعرَّف التوتر السطحي (Surface Tension)، على أنه "تماسك السطح الحر للسائل، لشغل أقل مساحة ممكنة"، أما اللزوجة (Viscosity)، فهي "مقاومة السائل للحركة". وتتسبب الرابطة الهيدروجينية، في جعل قوة التوتر السطحي للماء ولزوجته، مناسبتين لاستمرار الحياة، فنجد الماء يساعد من خلال هاتين الخاصيتين، على تماسك مواد الخلية، مع توصيل الماء والغذاء لجميع أجزاء الجسم، ويتساوى في ذلك النبات والحيوان. كما تساعد اللزوجة والتوتر السطحي، كذلك، في تقليل فقدان الماء من أوراق النبات عن طريق الثغور. كما تعمل هاتان الخاصيتان على طفو المراكب والسفن والبواخر، على سطح الماء، دون الغوص فيه، نتيجة الأحمال الثقيلة.

المقاومة للتحلل

نظراً إلى وجود الرابطة التساهمية داخل جزيء الماء، وترتيب ذراته المرتبطة بعضها ببعض، بشكل هندسي مائل، فإنه من الصعب تحلل جزيئات الماء، إلى عناصرها الأولية، تحت الظروف الطبيعية. إلا أنه تحت ظروف خاصة، يتحلل الماء بنسبة قليلة (١١٪)، إلى عنصرية: الهيدروجين والأكسجين، في ظل درجة حرارة ٢٧٠٠ °م.

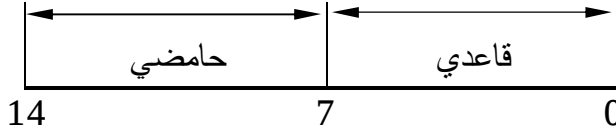
التأين والأس الهيدروجيني (pH)

تعرف عملية التأين بأنها: "عملية تحول جزيئات مركب ما، إلى أيونات". وبالنسبة إلى الماء، فإن معدل تأينه يُعدّ ضعيفاً جداً، إذا ما قورن بمعدلات التأين في المركبات الأخرى. إلا أنه قد يحدث تحلل لبعض جزيئات الماء، إلى أيوني الهيدروجين الموجب (H^+) والهيدروكسيل السالب (OH^-) وقد وجد أن زيادة تركيز أيون الهيدروجين، تعني زيادة الحموضة لهذا السائل، في حين تعني الزيادة في تركيز أيون الهيدروكسيل، زيادة القلوية. وفي حالة الماء النقي، يكون عدد أيونات الهيدروجين، مساوياً لعدد أيونات الهيدروكسيل، أي أنه متعادل.



وتُقاس الحموضة (تركيز أيونات الهيدروجين) في المواد المختلفة عن طريق مقياس الأس الهيدروجيني (pH Scale) يتراوح مقياس الأس الهيدروجيني بين

صفر و ١٤. فالمواد المتعادلة الحموضة، مثل الماء النقي، قيمة الأس الهيدروجيني لها = ٧، أما الأحماض فإن قيمة الأس الهيدروجيني لها تراوح بين صفر و ٧، أما المواد القاعدية فإن قيمة الأس الهيدروجيني لها تراوح بين ٧، ١٤، كما هو موضح بالشكل رقم (١ - ٤)



شكل رقم (١ - ٤)

الأس الهيدروجيني للمواد القاعدية والمواد الحمضية

كذلك، قد تكون مياه الأمطار حمضية بعض الشيء (حوالي ٦) نتيجة ذوبان ثاني أكسيد الكربون في قطرات المطر، إلا أن ذوبان بعض أكاسيد الغازات الأخرى الملوثة للجو في مياه الأمطار، قد تسبب زيادة الحموضة في مياه الأمطار، كما هو حادث في الأمطار الحمضية والتي تؤدي بدورها إلى زيادة ذوبان أملاح الكالسيوم الموجودة بالتربة.

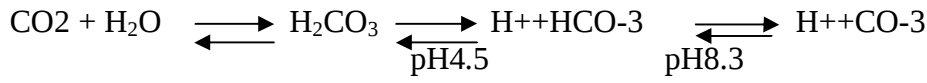
هي قدرة المياه على معادلة الحموضة. وتعزى قلوية المياه الطبيعية إلى أملاح الأحماض الضعيفة وتمثل البيكربونات (Bicarbonate) الغالبية العظمى المكونة للقلوية نتيجة تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع المواد القاعدية (Basic Materials) الموجودة في التربة. وفي بعض الأحيان وتحت ظروف معينة تحتوي المياه الطبيعية على كميات محسوسة من أملاح الكربونات والهيدروكسيد. وعلى ذلك فإن قلوية المياه الطبيعية ترجع أساساً إلى أملاح الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيد.

قلوية الماء (Water Alkalinity)

كما أن ذوبان غاز ثاني أكسيد الكربون في الماء يؤدي إلى تكوين أملاح الكربونات والبيكربونات، بالإضافة إلى أن تكون حمض الكربونيك في الماء يعتمد على الأس الهيدروجيني للماء. هذا ويؤدي تكوين حمض الكربونيك في الماء إلى تآكل أسطح المعادن وأسطح الكونكريت وذلك نتيجة لتكوين

البكربونات الذائبة. وتسمى قابلية بيكربونات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون على تآكل أسطح المعادن (Aggressive Carbonic acid) .

كما أن قلوية المياه التي ترجع إلى زيادة تركيز أيونات الكربونات تؤدي إلى تحويل الماء إلى ماء عسر والذي يؤدي بدوره إلى ترسيب كربونات الكالسيوم وتكوين قشور من أملاح الكالسيوم (Scaling).



الماء مذيباً

(Water as a Solvent)

يُعدّ الماء أقرب من أي مركب غيره يطلق عليه وصف "المذيب العام"، ذلك أن أغلب المواد تذوب في الماء، ولكن بدرجات متفاوتة. وترجع سبب قوة إذابة الماء للمواد الأخرى، إلى قطبية جزيئات الماء الناتجة عن الشكل الهندسي المائل للروابط التساهمية. فكثير من ذرات المواد الذائبة، ترتبط ببعضها ببعض، من خلال قوى جذب إلكتروستاتيكي بسيط، ناتجة عن احتوائها على شحنات مختلفة. وهذه الأنواع من الروابط تُعدّ أضعف بكثير من الروابط التساهمية الموجودة داخل جزيء الماء، والروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء. ونتيجة لوجود ذرات تلك المواد في الماء، فإنها تحاط بجزيئات الماء، وت عزلها فيزيقياً بعضها عن بعض، وتتأين وتصبح ذائبة في الماء. وعلى الجانب الآخر، يظل الماء محتفظاً بتركيبه الأساسي، بسبب قوة الروابط التساهمية والهيدروجينية.

لذا، تُعدّ مقدرة الماء على إذابة العديد من المواد العضوية وغير العضوية، من دون التفاعل معها، أو تغيير خصائصه الكيميائية الأساسية، من الخصائص الفريدة التي يتميز بها الماء. وهذا على عكس المذيبات العضوية (Organic Solvents)، التي لا تقدر على إذابة أي مادة، دون التفاعل معها.

فعلى سبيل المثال، يذوب السكر في الماء عن طريق تداخل جزيئات الماء داخل جزيئات السكر، حيث تقوم بعزلها فيزيائياً، والاحتفاظ بها داخل الفراغات الموجودة بين جزيئات الماء (Inter Molecular Space)، وبالتالي يذوب السكر عن طريق انتشار جزيئاته بين جزيئات الماء دون التفاعل معها. وهذا الذوبان هو عكس ذوبان ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) في الماء، حيث تتم الإذابة عن طريق تأين (Ionization) كلوريد الصوديوم، إلى أيونات الكلوريد السالبة وأيونات الصوديوم الموجبة.

ولهذا السبب، نجد أن محلول السكر في الماء المقطر، يكون غير قابل للتوصيل الكهربائي (Electrical Conductivity) نتيجة عدم تكون أيونات حرة من عملية الذوبان الفيزيائي للسكر، حيث تعمل هذه الأيونات الحرة (Free Ions) على حمل إلكترونات التيار الكهربائي في الماء. فيما يكون محلول الملح (كلوريد الصوديوم)، الذائب في الماء المقطر، موصلاً جيداً للكهرباء، نتيجة ازدياد أيونات الكلوريد وأيونات الصوديوم اللازمة لحمل إلكترونات التيار الكهربائي في الماء. وكلما ازداد تركيز هذه الأيونات، ازدادت مقدرة هذا المحلول على التوصيل الكهربائي (Electrical Conductivity).

ولصفة الإذابة هذه أهمية خاصة في تغذية الكائنات الحية، وذلك لأن تغذية الكائنات الحية واستفادتها من الغذاء، تعتمد بصورة رئيسية، على إذابة المواد الغذائية في الماء، سواء تم ذلك قبل امتصاص المواد الغذائية، أو بعد امتصاصها وانتقالها في جسم الكائن الحي.

مصادر تلوث مياه يمكن إيجاز مصادر تلوث مياه الشرب بالمواد العضوية، فيما يلي:

- النواتج الثانوية لمعالجة المياه بالكلور.
- تآكل أنابيب المياه المجففة.
- صرف مصانع الإليكترونيات والزجاج والصلب والجلود والأسمدة والبلاستيك والطلاء والأدوية والبطاريات والبويات والبتروكيماويات والمعادن.

- الرواسب الطبيعية.
- التسرب من المياه الملوثة بالتربة المحيطة بشبكة المياه.

أخطار التلوث بالمواد غير العضوية على الصحة العامة يوضح الجدول رقم (١-١) بعض التأثيرات الصحية الناتجة عن شرب مياه بها نسب عالية من بعض الملوثات غير العضوية والحدود القصوى المسموح بها في المياه الصالحة للشرب.

جدول رقم (١-١)

بعض التأثيرات الصحية لهذه الملوثات غير العضوية والحدود القصوى المسموح بها في المياه الصالحة للشرب

الملوث	أعلى تركيز مسموح به ملليجرام/ لتر	التأثير على الصحة
برومات	٠,٠١	يؤدي إلى ظهور سرطانات
كلوريت	١	يسبب أنيميا ويؤثر على الجهاز العصبي للأطفال
انتيمون	٠,٠٠٦	يسبب زيادة في كوليسستيرول الدم، ويقلل مستوى سكر الدم
زرنيخ	٠,٠١	يسبب مشاكل بالجلد والجهاز الدوري ويؤدي إلى ظهور سرطانات
باريوم	٢	يسبب زيادة في ضغط الدم
بريليوم	٠,٠٠٤	يسبب مشاكل بالجهاز الهضمي
كادميوم	٠,٠٠٥	يسبب مشاكل بالكلية
كروم كلى	٠,١	يسبب حساسية بالجلد ويؤدي الكروم السداسي إلى ظهور سرطانات
نحاس	١,٣	يسبب مشاكل بالجهاز الهضمي والكلية
سيانيد	٠,٢	يؤدي إلى تدمير الأعصاب ومشاكل بالغدة الدرقية
فلوريد	٤	يؤدي إلى تآكل العظام والأسنان
رصاص	٠,٠١٥	يؤدي إلى التخلف العقلي وأمراض القلب والكلية
زئبق	٠,٠٠٢	يؤدي إلى مشاكل بالكلية 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 فقدان الشعر والأظافر ومشاكل بالدورة الدموية
ثاليوم	٠,٠٠٢	يؤدي إلى فقدان الشعر ومشاكل بالجهاز الهضمي والكلية والكبد والدورة الدموية

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

المياه الجوفية

نادراً ما توجد مواد عضوية طبيعية في المياه الجوفية، وإن كانت بدأت بالظهور حديثاً فى حالات وجود آبار المياه الجوفية داخل المناطق السكنية الغير مخدومة بخدمات الصرف الصحى.

ويمكن تقسيم المواد العضوية الملوثة للمياه إلى ثلاث مجموعات وهى:

- **المجموعة الأولى:**

مواد معلوم أنها قد تسبب السرطانات.

- **المجموعة الثانية:**

لا يوجد دليل قاطع على أنها تسبب السرطان ولكن لها آثار جانبية أخرى.

- **المجموعة الثالثة:**

مجموعة لا يوجد دليل واضح على أنها تسبب السرطان ولكنها لها آثار جانبية أخرى ولها حدود قصوى مسموح بها.

يوضح الجدول رقم (١-٢) بعض التأثيرات الصحية الناتجة عن شرب مياه بها نسب عالية من هذه الملوثات العضوية لعدة سنوات والحدود القصوى المسموح بها فى المياه الصالحة للشرب.	أخطار التلوث بالمواد العضوية على الصحة العامة
--	---

جدول رقم (٢ - ١)

بعض التأثيرات الصحية لبعض الملوثات العضوية والحدود القصوى
المسموح بها في 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 داي كلور البنزين	١	تأثير على الكلى والكبد
٤,١ داي كلور بنزين	٠,٣	تأثير على الكلى والكبد
تراي كلوروبنزين	٠,٠٢	ضار للغدة الكظرية
ثنائي (ايثيل هكسيل) ادبيات	٠,٠٨	تأثير على الكبد والجهاز التناسلي
ثنائي (ايثيل هكسيل) فثلات	٠,٠٠٨	مواد مسرطنة
اكريلاميد	٠,٠٠٠٥	مواد مسرطنة ومؤثر على الجهاز العصبي
ايبي كلوروهيدرين	٠,٠٠٠٤	مواد مسرطنة
هكسا كلوروبيو تاديين	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 داي كلوروايثان	٠,٠٣	خطر سرطان
مركبات الأيثان المكلورة		
١,١,١,٤,٤,٤-هكسا كلوروايثان	٠,٠٧	ضار للكبد والجهاز العصبي والجهاز الدوري
رباعي كلوروايثين	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.

عوامل التلوث**البكتريولوجى**

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

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

ويوضح الجدولان رقما (٣-١) و (٤-١) التلوث الميكروبيولوجي والأمراض المسببة لها.

جدول رقم (٣-١)

أهم مجموعات الفيروسات التي يمكن أن تتواجد في المياه السطحية الملوثة والأمراض التي تسببها

مجموعة الفيروسات	الأمراض التي تسببها
فيروسات الغدد	أمراض الجهاز التنفسي والتهابات العين.
الفيروسات المعوية ومنها: * فيروس شلل الأطفال * الإسكوفيروس	شلل الأطفال، أمراض أخرى الالتهاب السحائي، الإسهال، أمراض الجهاز التنفسي.
فيروس الكوكساكى	الالتهاب السحائي، الإسهال.
فيروس الالتهاب الكبدى (أ)	مرض الصفراء، أو الالتهاب الكبدى الوبائى.
الروتافيرس وأنواع أخرى	الإسهال.

جدول رقم (١ - ٤)

أهم أنواع البكتريا التي تتواجد
فى المياه السطحية الملوثة والأمراض التي تسببها

مجموعة البكتريا	الأمراض التي تسببها
مجموعة القولون المرضية	الإسهال
مجموعة السالمونيلا، وهى:	
* سالمونيلا التيفى	حمى التيفود
* سالمونيلا الباراتفى	حمى الباراتفود
* أنواع أخرى	التسمم الغذائى والدوسنتاريا الباسيلية
مجموعة الشيغيلا	دوسنتاريا
أنواع أخرى	الإسهال، الكوليرا

التخلص من الملوثات البكتريولوجية

تعتمد الطرق التقليدية لتنقية المياه لكي تكون صالحة للشرب وللأغراض المنزلية أساساً على أن المياه الخام يجب أن تكون مياه عذبة وذات مواصفات معينة حتى يتيسر تنقيتها، والتخلص من الميكروبات الضارة والفيروسات. وتوجد تقنيات غير تقليدية مثل الترشيح الفائق (Ultra-filtration) والتطهير باستخدام الأوزون، أو باستخدام 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 كل خطوة على حدة.
٤. التأكد من قيام محطات التنقية كوحدات متكاملة بوظائفها على الوجه الأكمل.

ومن أهم الملوثات الميكروبية للمياه هي الملوثات التي تسبب أمراض التيفود - الدوسنتاريا المعوية والباسيلية - الكوليرا - الباراتفود - شلل الأطفال

وتتواجد الميكروبات المسببة لهذه الأمراض في المياه الطبيعية نتيجة صرف المخلفات السائلة في المسطحات المائية، إما احتمال تواجد هذه البكتيريا في المياه المنقاة فلن يتأتى إلا في الحالات الآتية:

١. اتصال بين مصدرين للمياه أحدهما ملوث.

٢. كسر في شبكة مواسير المياه.

٣. التنقية غير الكاملة للمياه.

التشريعات المصرية الخاصة بتحديد مواصفات المياه

المياه التى تصرف على نهر النيل وفروعه وعلى الخزان الجوفي:

صدر فى مصر القانون رقم ٤٨ فى سنه ١٩٨٢ بشأن حماية نهر النيل والمجاري المائية من التلوث وعدم الترخيص بصرف أية مخلفات سائلة إلى نهر النيل أو فروعه أو الترعى والمصارف والجنايبات وخزانات المياه الجوفية، قبل مطابقتها للمعايير الواردة باللائحة التنفيذية للقانون والصادرة بقرار وزير الري رقم ٥٨ لسنة ١٩٨٣. وقد نصت المادة ٦٠ من القانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ على أنه: "يجب أن تبقى مجاري المياه العذبة التى يرخص بصرف المخلفات الصناعية السائلة المعالجة إليها فى حدود المعايير والمواصفات المبينة فى الجدول رقم (١-٥).

جدول رقم (١-٥)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات الصناعية السائلة المعالجة للصرف على النيل وفروعه والخزان الجوفي

الاختبار	المواصفات ملليجرام/لتر (ما لم يذكر غير ذلك)
مجموعة المواد الصلبة	لا يزيد عن ٥٠٠
درجة الحرارة	٣ درجات مئوية فوق المعتاد
الأكسجين الذائب	لا يقل عن ٥
الأس الهيدروجيني	٧ - ٨,٥
الأكسجين الحيوي الممتص	لا يزيد عن ٦
الأكسجين الكيماوي المستهلك	لا يزيد عن ١٠
نيتروجين عضوي	لا يزيد عن ١
نشادر	لا يزيد عن ٠,٥
شحوم وزيوت	لا تزيد عن ٠,١
القلوية الكلية	لا تزيد على ١٥٠
كبريتات	لا تزيد عن ٢٠٠
مركبات الزئبق	لا تزيد عن ٠,٠٠١
حديد	لا يزيد عن ٠,٥
منجنيز	لا يزيد عن ٠,٢

جدول رقم (١ - ٥)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات الصناعية
السائلة المعالجة للصرف على النيل وفروعه والخزان الجوفي

الاختبار	المواصفات ملليجرام/لتر (ما لم يذكر غير ذلك)
نحاس	لا يزيد عن ١
زنك (خارصين)	لا يزيد عن ١
نترات	لا تزيد عن ١٠
فلوريدات	لا تزيد عن ٠,٥
فينول	لا يزيد عن ٠,٠٠٢
زرنيخ	لا يزيد عن ٠,٠١
كادميوم	لا يزيد عن ٠,٠٠٣
كروم	لا يزيد عن ٠,٠٠٥
سيانيد	لا يزيد عن ٠,٠٠٥
رصاص	لا يزيد عن ٠,٠٠١
سلينيوم	لا يزيد عن ٠,٠٠١

* المصدر: مجموعة تشريعات حماية البيئة من التلوث - الجزء الأول - الطبعة العاشرة ٢٠١٢

وحددت المادة ٦١ من نفس القانون:

"معايير الترخيص بصرف المخلفات الصناعية السائلة المعالجة إلى
مسطحات المياه العذبة وخزانات المياه الجوفية التي وضعتها وزارة الصحة
طبقاً لما هو مبين فى الجدول رقم (١ - ٦).

ونصت المادة ٦٢ من نفس القانون على أنه:

" يجب أن لا تكون المخلفات الصناعية السائلة المعالجة والتي يرخص
بصرفها إلى مسطحات المياه العذبة مختلطة بمخلفات آدمية أو حيوانية".

ونصت المادة ٦٣ من نفس القانون على أنه:

"تسرى أحكام التشريعات المنظمة للمعايير الخاصة بالإشعاعات والمواد
المشعة للتأكد من مطابقة المخلفات الصناعية السائلة لها قبل الترخيص
بصرفها إلى مسطحات المياه العذبة أو خزانات المياه الجوفية.

جدول رقم (١ - ٦)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المخلفات الصناعية السائلة المعالجة
للصرف على مسطحات المياه العذبة وخزانات المياه الجوفية

الاختبار		الحد الأقصى لمعايير المخلفات الصناعية السائلة المعالجة التي يتم صرفها على
		نهر النيل من حدود مصر الجنوبية إلى قناطر الدلتا
		فرعى نهر النيل (دمياط - رشيد)
درجة الحرارة	لا تزيد عن ٣٠ م° عن المعدل السائد	لا تزيد عن ٣٠ م° عن المعدل السائد
الأس الهيدروجيني	٦-٩	٦-٩
الأكسجين الحيوي الممتص	٣٠	٢٠
الأكسجين المستهلك كيميائياً (دايرومات)	٤٠	٢٠
مجموع المواد الصلبة الذائبة	١٢٠٠	٨٠٠
المواد العالقة	٣٠	٣٠
الكبريتيدات (H ₂ S) as	١	١
الزيوت والشحوم والراتنجات	٥	٥
الفوسفات غير العضوي	١	١
النترات (NO ₃) as	٣٠	٣٠
الفينول	٠,٠٠٢	٠,٠٠١
الفلوريدات	٠,٥	٠,٥
الكلور المتبقى	١	١
مجموع المعادن الثقيلة:		
* الزئبق	٠,٠٠١	٠,٠٠١
* الرصاص	٠,٠٠١	٠,٠٠١
* الكاديوم	٠,٠٠٣	٠,٠٠٣
* الزرنيخ	٠,٠١	٠,٠١
* الكروم	٠,٠١	٠,٠١
* النحاس	١	١
* النيكل	٠,٠٢	٠,٠٢
* الحديد	١	١
المنجنيز	٠,٥	٠,٥
الزنك	١	١
الفضة	٠,٠٥	٠,٠٥
المبيدات بجميع أنواعها	معدومة	معدومة
العد الإجمالي للمجموعة القولونية في ١٠٠ سم ^٣	١٠٠٠	١٠٠٠

ونصت المادة ٦٤ على أنه:

"يجب أن تتوافر في مياه المصارف قبل رفعها إلى مسطحات المياه العذبة المعايير المبينة في الجدول رقم (١ - ٧).

جدول رقم (١ - ٧)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في مياه المصارف قبل صرفها إلى مسطحات المياه العذبة

الاختبار	المعايير (ملليجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
مجموع المواد الصلبة	٥٠٠
درجة الحرارة	٣٠°م فوق المعتاد
الأكسجين الذائب	لا يقل عن ٥
الأس الهيدروجيني	لا يقل عن ٧ ولا يزيد عن ٨,٥
الأكسجين الحيوي الممتص	لا يزيد عن ١٠
الأكسجين الكيميائي المستهلك (دايكرومات)	لا يزيد عن ١٥
النشادر (NH ₃)	لا يزيد عن ٠,٥
زيوت وشحوم	لا يزيد عن ١
مركبات الزئبق	لا يزيد عن ٠,٠٠١
حديد	لا يزيد عن ١
منجنيز	لا يزيد عن ٠,٥
نحاس	لا يزيد عن ١
زنك	لا يزيد عن ١
نترات	لا يزيد عن ٤٥
فلوريدات	لا يزيد عن ٠,٥
فينول	لا يزيد عن ٠,٠٢
زرنيخ	لا يزيد عن ٠,٠١
كاديوم	لا يزيد عن ٠,٠٠٣
كروم	لا يزيد عن ٠,٠٥
سيانيد	لا يزيد عن ٠,٠٥
فوسفات	لا يزيد عن ١
العد الإجمالي للمجموعة القولونية / ١٠٠ سم ^٢	٢٥٠٠

المياه المستخدمة في 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 (١-٨).

جدول رقم (١-٨)

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 الأيذروجيني	٨,٥ - ٦,٥
الأملاح الذائبة عند ١٢٠ ° م	١٠٠٠ ملجم/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

جدول رقم (١ - ٨)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب

طبقاً للقرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

الاختيار	الحد الأقصى المسموح به
الرصاص	٠,٠١ ملجم/لتر
الزئبق	٠,٠١ ملجم/لتر
السيانيد	٠,٠٥ ملجم/لتر
الكاديوم	٠,٠٠٣ ملجم/لتر
السيالينيوم	٠,٠١ ملجم/لتر
الزئبق	٠,٠٠١ ملجم/لتر
الكروم	٠,٠٥ ملجم/لتر
النترات (NO ₃) as	٤٥ ملجم/لتر
النيتريت (NO ₂) as	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، داي إلدرين Aldrin and dieldrin	٠,٠٠٠٠٣
أترازين Atrazine	٠,٠٠٢
بنتازون Bentazone	٠,٠٣
كاربوفوران Carbofuran	٠,٠٠٧
كلوردان Chlordane	٠,٠٠٠٢
كلوروتوليورون chlorotoluoron	٠,٠٣
د.د.ت D.D.T	٠,٠٠١
٢,١-داي برومو ٣-كلوروبروبان	٠,٠٠١
1.2-Dibromo 3-chloropropane (DBCP)	
٤,٢ د	٠,٠٣
2.4-Dichlorophenoxyacetic acid (2.4 D)	
٢,١-داي كلوروبروبان	٠,٠٢
1.2-Dichloropropane (1.2-DCP)	
٣,١-داي كلوروبروبين	٠,٠٢
1.2-Dichloropropene (1.2-DCP)	

جدول رقم (١ - ٨)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب

طبقاً للقرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

الاختيار	الحد الأقصى المسموح به
هكسا كلوروبنزين Hexachlorobenzene	٠,٠٠١
أيزوبروتورون Isoproturon	٠,٠٠٩
لندان Lindane	٠,٠٠٢
ميثيل كلوروفينوكسي اسيتيك اسيد Methylchlorophenoxyacetic acid (MCPA)	٠,٠٠٢
ميثوكسي كلور Methoxychlor	٠,٠٢
ميثولا كلور Metoachlor	٠,٠١
مولينات Molinate	٠,٠٠٦
بنديميثالين Pendimethalin	٠,٠٢
بنثاكلوروفينول Pentachlorophenol	٠,٠٠٩
بيرمثرين Permethrin	٠,٠٢
بروبانيل Propanil	٠,٠٢
بيريبروكسيفين Pyriproxyfen	٠,٣
سيمازين Simazine	٠,٠٠٢
تراي فلورالين Trifluralin	٠,٠٢
٤,٢ د.ب DB-2.4	٠,٠٩
٤,٢ داي كلوروبروب Dichloroprop-2.4	٠,٠١
فينوبروب Fenoprop	٠,٠٠٩
ميكوبروب Mecoprop	٠,٠١
٢,٤,٥-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-تراي كلوروفينو 2.4.6-Trichlorophenol	٠,٢
تراي هالوميثان Trihalomethanes	٠,١
داي كلورواستات Dichloroacetate	٠,٠٥
تراي كلورواستات Trichloroacetate	٠,١

جدول رقم (١ - ٨)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب

طبقاً للقرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

الاختيار	الحد الأقصى المسموح به
تراى كلوروأسيتالدهيد Trichloroacetaldehyde	٠,٠١
داى كلوروأستونيتريل Dichloroacetonitrile	٠,٠٢
داى برومواستونيتريل Dibromoacetonitrile	٠,٠٧
تراى كلوروأستونيتريل 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-تراى كلوروإيثان 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
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
تراى كلوروبنزين الكلى (Total) Trichlorobenzenes	٠,٠٢
داى (٢-إيثيل هكسيل) أديبات Di (2-ethylhexyle)adipate	٠,٠٨
داى (٢-إيثيل هكسيل) فثالات Di (2-ethylhexyl)phthalate	٠,٠٠٨
أكريلاميد Acrylamide	٠,٠٠٠٥
إيبى كلوروهيدرين Epichlorohydrin	٠,٠٠٠٤
هكسا كلوروبيو تادايين Hexachlorobutadiene	٠,٠٠٠٦
إديتيك اسيد (EDTA) Edetic acid	٠,٦
تراى أسيتك نيتريل Triacetic Nitril	٠,٢
إندرين Endrin	٠,٠٠٠٦
كلورات Chlorate	٠,٧

جدول رقم (١ - ٨)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب

طبقاً للقرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

الاختبار	الحد الأقصى المسموح به
Bromoform بروموفورم	٠,١
Chloroform كلوروفورم	٠,٣
Chloralhydrate كلورال هيدرات	٠,٠١
Dimethoate داي ميثوات	٠,٠٠٦
Formaldehyde فورمالدهايد	٠,٩
Cyanogens Chloride سيانوجين كلوريد	٠,٠٠٧
Tributyltin oxide تري بيوتيل اكسيد القصدير	٠,٠٠٢
Phenol فينول	٠,٠٠٢
Di- and Trichloramine داي وتراي كلور أمين	٠,٠٠٥
Xylenes زابلين	٠,٥
Ethylbenzene ايثيل بنزين	٠,٣
Styrene ستيرين	٠,٠٢
Bromodichloromethane بروموداي كلوروميثان	٠,٠٦
Trichloroethene تراي كلوروايثين	٠,٠٢

رابعاً: المعايير الميكروبيولوجية:

جدول رقم (١ - ٩)

فحص البكتيريا وطريقة القياس المتبعة والعدد المسموح به

م	نوع الفحص	طريقة القياس المتبعة	الحد الأقصى المسموح به
أ	العد الكلى للبكتيريا	صب الأطباق poured plate method	لا يزيد عن ٥٠ خلية/سم ^٣ عند درجة حرارة ٣٧ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة لا يزيد عن ٥٠ خلية/سم ^٣ 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 التي يتم فحصها خلال العام خالية تماماً من بكتيريا القولون في ١٠٠ سم ^٣ من العينة. كما يجب ألا تحتوى أى عينة من العينات على أكثر من ٢ خلية/ ١٠٠ سم ^٣ على الا يتكرر ذلك في عينتين متتاليتين من نفس المصدر.
	بكتيريا القولون البرازية "باسيل القولون النموذجي"		يجب أن تكون العينات خالية من باسيل القولون النموذجي.
ج	الفحص البيولوجي		
	عند فحص عينات المياه للطحالب		- يجب ألا يزيد نسبة الميكروكروستين عن ميكروجرام/ لتر ويتم إجراء هذا التحليل في حالة ظهور نمو مفاجئ للطحالب الخضراء المزرقّة Blue Green Algae أو وجود أعداد عالية منها.
	عند فحص عينات المياه ميكروسكوبياً		- يجب أن تكون خالية تماماً من البروتوزوا الحية وجميع أطوار الديدان المسببة للأمراض.

خامساً: 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)	٠,١ بيكرل / لتر

المعايير الدولية لنوعية مياه الشرب

جدول رقم (١ - ١٠)

مقارنة بين المعايير المعتمدة لمياه الشرب في الإتحاد الأوروبي
ومنظمة الصحة العالمية والولايات المتحدة الأمريكية وجمهورية مصر العربية

ميكروجرام/ لتر (ما لم يذكر غير ذلك)				الملوث
الولايات المتحدة الأمريكية USEPA	الإتحاد الأوروبي EU	منظمة الصحة العالمية WHO	جمهورية مصر العربية (وزارة الصحة)	
-	٠,١٠	-	٠,٥	اكريلاميد
١٠	٠,١	١٠	١٠	زرنينخ
٦,٠	٥,٠	-	-	انتيمون
٢	-	٧٠٠	٧٠٠	باريوم
٥,٠	١,٠	١٠	١٠	بنزين
٠,٢	٠,٠١	-	٠,٧	بنزو (ا) بيرين
-	١,٠ مللجم/ لتر	٢,٤ مللجم/ لتر	-	بورون
١٠	١٠	-	١٠	برومات
٥	٥	٣	٣	كادميوم
٠,١	٥٠	٥٠	٥٠	كروم
-	٢,٠	-	٢,٠	نحاس
-	-	٣٠	-	يورانيوم
٠,٢	٥٠	-	٥٠	سيانيد
٥,٠	٣,٠	-	٣٠	١:٢ ثنائي كلوروايثان
-	٠,١	-	٠,٤	إيبكلور هيدرين
٤ مللجم/ لتر	١,٥ مللجم/ لتر	١,٥ مللجم/ لتر	٠,٨ مللجم/ لتر	فلوريد
١٥	١٠	-	١٠	رصاص
٢	١	٦	١	زئبق
-	٢٠	-	-	نيكل
١٠ مللجم/ لتر	٥٠ مللجم/ لتر	٥٠ مللجم/ لتر	٤٥ مللجم/ لتر	نترات - نيتروجين
١ مللجم/ لتر	٠,٥ مللجم/ لتر	-	٠,٢ مللجم/ لتر	نيتريت - نيتروجين
-	٠,١	-	محددة	مبيدات مفردة
-	٠,٥	-	-	مبيدات كلية
-	٠,١	-	-	هيدروكربونات عديدة الحلقة
٥٠	١٠	٤٠	١٠	سيلينيوم
-	١٠	٤٠	٤٠	ثلاثي ورباعي كلوروايثان
-	٠,٥	-	٠,٣	كلوريد الفينيل

الفصل الثانى

الأجهزة الرئيسية المستخدمة فى قياسات ملوثات مياه الشرب وطرق معايرتها

الفصل الثانى

الأجهزة الرئيسية المستخدمة في قياسات ملوثات مياه الشرب وطرق معايرتها

أهداف التدريب (التعلم):

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

- يذكر أنواع الأجهزة التى تستخدم فى قياس العناصر الفلزية والتى تستخدم فى قياس المركبات غير العضوية.
- يذكر أنواع أجهزة قياس طيف الامتصاص المرئى (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 الأيروجينى وكيفية استخدامه وأنواع الأقطاب التى تستخدم فى قياس الأس الأيروجينى وكيفية معايرة الجهاز.
- يحدد المعلومات التى يجب معرفتها وخطوات معايرة جهاز التوصيل الكهربى.
- يشرح نظرية عمل جهاز قياس الأكسجين المذاب وكيفية معايرته.

مقدمة

تتنوع الأجهزة المستخدمة في قياسات ملوثات مياه الشرب، حسب استخداماتها، وسوف نعرض فيما يلي هذه الأجهزة.

أنواع الأجهزة المستخدمة في القياس

تنقسم الأجهزة المستخدمة في قياسات ملوثات مياه الشرب إلى فرعين أساسيين، حيث تتنوع هذه الأجهزة في كل فرع منهما حسب استخدامها، وسوف نعرض فيما يلي هذه الأجهزة وطريقة معايرتها كل على حدة.

أولاً: الأجهزة المستخدمة في قياسات العناصر الفلزية:

- جهاز الاسبكتروفوتوميتر Spectrophotometer
- جهاز فوتوميتر اللهب Flame Photometer
- جهاز قياس طيف الامتصاص الذري للعناصر Atomic Absorption Spectrometer
- جهاز I.C.P الحث البلازمي المزدوج Inductively Coupled Plasma
- جهاز قياس الزئبق (تقنية البخار البارد) Mercury Analyzer
- جهاز الكروماتوجرافيا الأيونى Ion Chromatograph

ثانياً: الأجهزة المستخدمة في قياسات المركبات العضوية:

- أجهزة التحليل الكروماتوجرافي الغازي. Gas Liquid Chromatograph
- أجهزة التحليل الكروماتوجرافي السائل تحت ضغط مرتفع. High Pressure Liquid Chromatograph
- جهاز قياس الكربون الكلى (TOC) Total Organic Carbon.
- أجهزة قياس الكتلة Mass Spectrometer.
- أجهزة القياس بالأشعة تحت الحمراء Infrared Spectrometer.

أولاً: الأجهزة المستخدمة في قياسات العناصر الفلزية

جهاز قياس طيف الامتصاص المرئي وفوق البنفسجي (سبكتروفوتومتر)

UV-Vis - Spectrophotometers

تستخدم هذه الأجهزة في تقدير العديد من المواد (المؤشرات) مثل النترات والأمونيا والفوسفات وبعض العناصر المعدنية وذلك بإدخال هذه المواد في تفاعلات تنتج عنها ألوان ذات أطوال موجات محددة يمكن قياسها [صورة رقم (٢-١)].

يوجد نوعان من هذه الأجهزة:

١. (أحادي الشعاع) Single Beam

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

٢. (ثنائي الشعاع) Double Beam

حيث يخرج من المصدر شعاع واحد يسمح بمروره على قاسم شعاع حيث ينفصل إلى شعاعين يمر أحدهم بعد ذلك خلال العينة والآخر في المحلول الغفل ويؤخذ الفرق بينهما شكل رقم (٢-١).

يتكون جهاز طيف الامتصاص المرئي من الأجزاء الآتية:

المصدر: وهو لمبة تنجستن لها انبعاث قوى ومستمر وتعطى حزمة ضوئية طول الموجة لها من ٣٥٠ إلى ٨٠٠ نانومتر.

محدد طول الموجة: وهو منشور (أو محرز) 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).

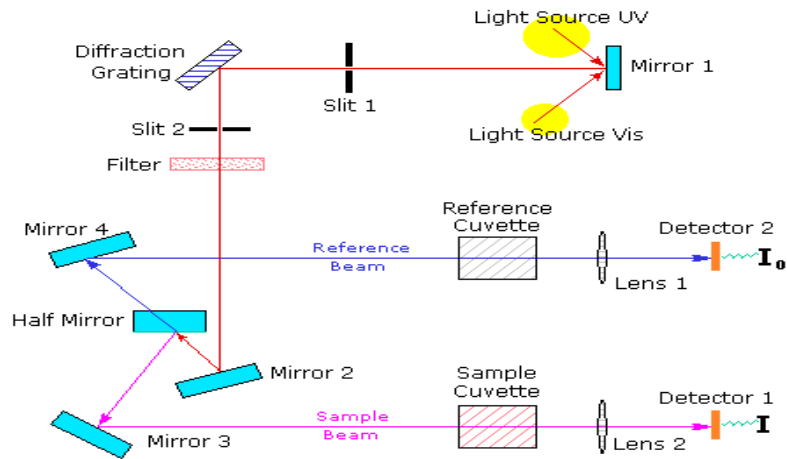
الكاشف: وهو أنبوبة تكبير للفوتونات الساقطة عليها وتحويل الأشعة الساقطة إلى تيار كهربى يمكن قياسه.

مسجل: لتسجيل منحنيات الامتصاص



صورة رقم (٢ - ١)

جهاز قياس الطيف المرئي وفوق البنفسجى (سبكتروفوتومتر)



شكل رقم (٢ - ١)

طريقة عمل جهاز قياس طيف الامتصاص المرئي وفوق البنفسجى (سبكتروفوتومتر) - ثنائى الشعاع

معايرة 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 في غرفة القياس.
- تقفل غرفة القياس ويبدأ القياس.
- يضغط على مفتاح الصفر لتحويل أي استجابة إلى صفر وبعدها يكون الجهاز قد تم إعداده لاستقبال العينات.

الطريقة الثانية:

- يستخدم مرشح أكسيد الهولميوم Holmium Oxide filter القياسي وعادة يورد مع الجهاز.
- يوضع المرشح في غرفة القياس وتغير أطوال موجات القياس وتؤخذ القراءات التي يجب أن تتطابق مع أطوال الموجات الآتية:

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

الطريقة الثالثة:

- يستخدم محلول كرومات البوتاسيوم تركيز ٠,١ جم/ لتر ومحلول ٠,٥ عياري أيدروكسيد بوتاسيوم وتحضر محاليل تحتوى ٠,٠٤ و ٠,٠٣ و ٠,٠٢ و ٠,٠١ جرام/ لتر من محلول الكرومات مذابا في ٠,٠٥ عياري أيدروكسيد بوتاسيوم.
- يقاس امتصاص هذه المحاليل عند طول موجى 370 nm ويرسم منحنى معايرة بين الامتصاص والتركيز.
- يجب ألا يزيد الحيود عن الخطية أو الميل عن ١% حسب الامتصاص الجزيئى لكرومات البوتاسيوم من قيمة الميل وتقارن مع القيمة القياسية (4790 liter/mole/cm.) التى يجب أن تتطابق معها.

جهاز قياس طيف اللهب Flame Photometer

يستخدم هذا الجهاز لقياس تركيز عناصر الإقلاء والإقلاء الأرضية لأن أطيفها تقع في المدى المرئي ولذلك فإنه من الممكن قياس طيف انبعاثها صورة رقم (٢-٢)، وفي هذه الطريقة يتم دفع محلول العينة إلى لهب يعمل بالبوتجاز والهواء فتثار ذرات العنصر وعند عودة الإلكترونات 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.



صورة رقم (٢-٢)
جهاز قياس طيف اللهب

معايرة جهاز قياس طيف اللهب

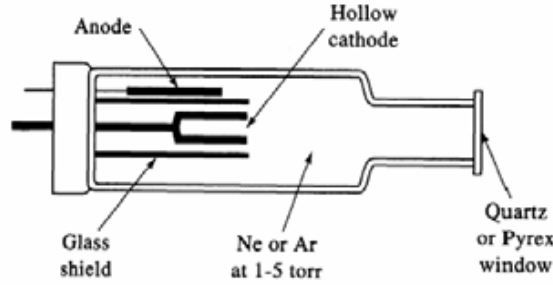
- يحضر محلول مرجعي من الصوديوم او عناصر البوتاسيوم والليثيوم والكالسيوم والباريوم حسب العنصر المراد تقديره.
- في حالة الصوديوم على سبيل المثال يذاب ٢,٥٤٢ جرام من كلوريد الصوديوم السابق تجفيفه عند درجة حرارة ١٤٠ °م ويخفف إلى لتر ماء مقطر خالي من الأيونات (كل ١,٠٠ مليلتر = ١,٠٠ ملليجرام من عنصر الصوديوم).

- يخفف ١٠,٠٠ مليلتر من المحلول إلى ١٠٠,٠ مليلتر ليعطى محلول وسطى يحتوى كل ١,٠٠ مليلتر منة على ١٠٠ ميكروجرام صوديوم، ويعاد تخفيف المحلول ١٠ مرات للحصول على محلول يحتوى 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 الانبعاث عند طول موجى ٥٨٩ nm .
- 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 الألقاء والألقاء الأرضية ويقاس البوتاسيوم عند ٧٦٧ nm والليثيوم عند ٦٧٠ nm والكالسيوم عند ٤٢٢ nm والمغنسيوم عند ٢٨٥ nm.

جهاز قياس طيف الامتصاص الذرى Atomic Absorption Spectrometer

تستخدم هذه الأجهزة فى قياس العناصر الفلزية وتعتمد هذه الأجهزة على قياس امتصاص الأشعة الكهرومغناطيسية بواسطة الذرات الحرة فى الصورة الغازية. لذلك يحول العنصر المراد تقديره إلى الصورة الغازية باستخدام لهب أو فرن جرافيتى ويسمح للأشعة الذرية الناتجة باستخدام لمبة كاثود جوفاء خاصة بذلك العنصر بالمرور فى بخار العنصر فتمتص ذرات العنصر جزء من الأشعة المارة وتسجيل كثافة الأشعة المارة فى العينة يمكن تحديد الكمية الممتصة بالنسبة للتركيز ويمكن تقدير كميات صغيرة جدا من العنصر بهذه الطريقة (١٠-١٢ جم أو أقل من العنصر)، ويتكون جهاز طيف الامتصاص الذرى من الأجزاء الآتية:

مصدر: وهو أنبوبة كاثود جوفاء مصنوعة من عنصر محدد عند توصيلها بالتيار الكهربى تعطى إشعاعات ذرية خاصة بهذا العنصر، شكل رقم (٢-٢).



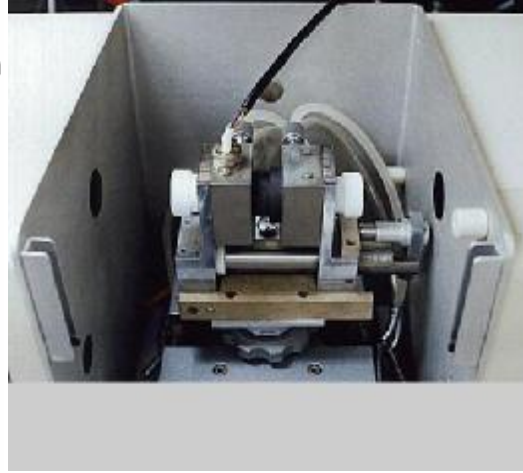
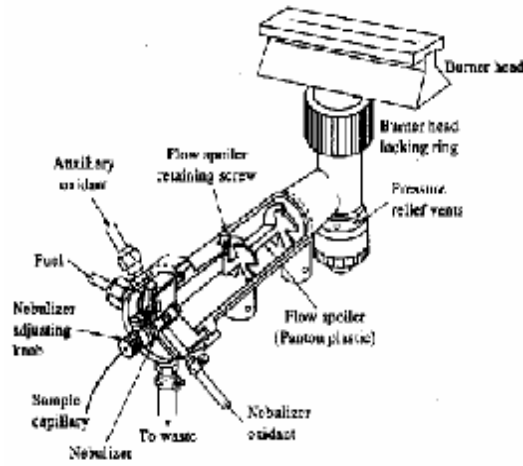
شكل رقم (٢-٢)
انبوبة كاثود جوفاء

مصدر حرارى: يقوم بتحويل محلول العنصر إلى ذرات فى الحالة البخارية والمصدر إما أن يكون فرن جرافيتى (١ سم طول) يسخن كهربائيا وتصل درجة الحرارة فيه إلى ٣٠٠٠ م° أو موقد حيث يسمح للوقود (أستيلين أو هيدروجين) بالاختلاط بالمادة المؤكسدة (أكسجين أو أكسيد نيتروز) ومحلول العينة فى غرفة ويسمح لهذا المخلوط بالاشتعال فتتكون ذرات فى الحالة البخارية فى اللهب شكل رقم (٢-٣).

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

مسجل: لتسجيل النتائج رقميا أو بالرسم. ويبين شكل رقم (٢-٤) صورة للجهاز. وهناك نوعين من هذه الأجهزة : أحادى الشعاع وثنائى الشعاع شكل رقم (٢-٥).

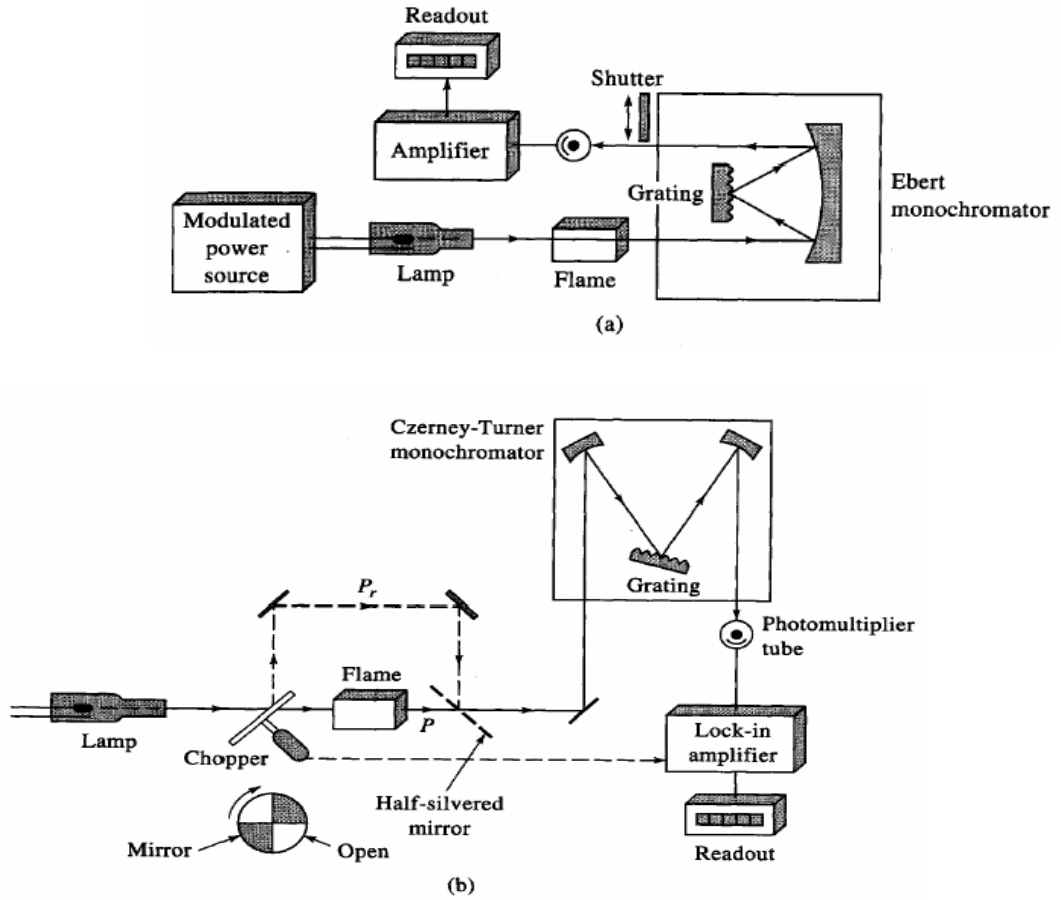
ويتميز جهاز قياس الامتصاص الذري المحتوى على فرن جرافيتي بأن حساسيته من ١٠ إلى ١٠٠ ضعف الجهاز المستخدم فيه اللهب كما أن حجم العينة المطلوب للقياس قليل للغاية (ميكروليترات).



شكل رقم (٢ - ٣)
الفرن الجرافيتي وموقد الإستهلاك الكلى



شكل رقم (٢ - ٤)
جهاز قياس طيف الامتصاص الذري



شكل رقم (٢-٥)

رسم تخطيطي لجهاز قياس طيف الامتصاص الذري (a) احادي (b) مزدوج الشعاع

معايرة جهاز قياس طيف الامتصاص الذري

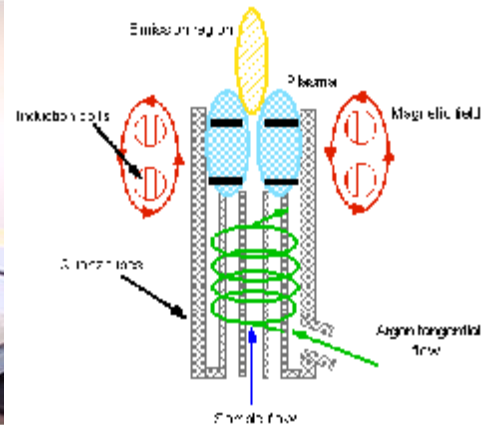
- تركيب لمبة الكاثود الجوفاء الخاصة بالعنصر المراد قياسه وتحدد طول موجة القياس لهذا العنصر ويشغل الجهاز ويستخدم التيار المناسب للمبة.
- يترك الجهاز ليسخن حتى تثبت طاقة المصدر (١٠-٢٠ دقيقة) ثم يعاد ضبط التيار بعد تسخين الجهاز إذا لزم الأمر وكذلك طول موجة القياس.
- يركب الموقد المناسب ويضبط ارتفاعه ويمرر غاز الاحتراق والغاز المؤكسد بسرعة مناسبة كما حددها مصنع الجهاز ويشعل اللهب ويترك ليثبت لعدة دقائق.

- يدخل المحلول الغفل المكون من الماء المقطر المحتوي على نفس الحامض بنفس التركيز بالعينات وتضبط قراءة الجهاز عند الصفر.
- تدخل ٣ تركيزات من محلول العنصر القياسي في اللهب ويسجل الامتصاص لها.
- يضبط وضع الموقد للحصول على أعلى استجابة.
- تستخدم المحاليل المرجعية للعنصر في رسم منحنى معايرة قياسي يبين العلاقة بين التركيز والامتصاص. يستخدم المنحنى في قياس تركيز نفس العنصر في عينات مجهولة.

جهاز قياس طيف الانبعاث باستخدام بلازما الحث المزدوج

Inductively Coupled Plasma

تعتمد فكرة عمل الجهاز على نفس فكرة قياس طيف الانبعاث في فوتومتر اللهب غير أن اللهب المستخدم في هذه الحالة هو بلازما درجة حرارتها تصل إلى ٦٠٠٠ درجة مئوية، وتتكون البلازما من تأين الأرجون، ويعرض الشكل رقم (٢-٦) رسم تخطيطي لمصدر بلازما الحث المزدوج وجهاز قياس طيف الانبعاث باستخدام بلازما الحث المزدوج.



شكل رقم (٢-٦)

مصدر بلازما الحث المزدوج وجهاز قياس طيف الانبعاث باستخدام بلازما الحث المزدوج

من مزايا هذه الطريقة هو قياس بعض العناصر التى يصعب قياسها بجهاز طيف الامتصاص الذرى مثل الزركونيوم والسيليكون وكذلك عدم الحاجة إلى أنابيب الكاثود الجوفاء.

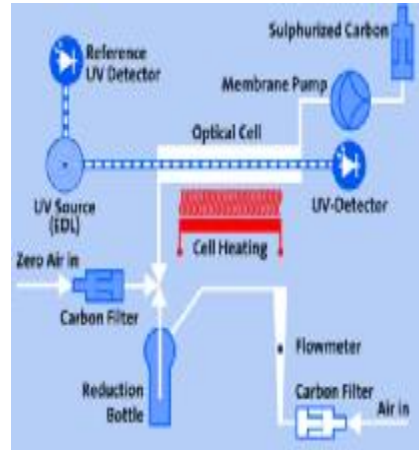
معايرة جهاز قياس طيف الانبعاث باستخدام بلازما الحث المزدوج

- يخفف ٢ مليلتر من حمض النيتريك المخفف (١ + ١) و ١٠ مليلتر من حمض الأيدروكلوريك المخفف (١ + ١) إلى ١٠٠ مليلتر ماء مقطر خالى من الأيونات ويستخدم المحلول فى غسل الجهاز بين قياس العينات والمحاليل القياسية.
- يحضر مخلوط من عنصري النحاس والمنجنيز القياسى بتركيز (١,٠٠) ملليجرام/لتر نحاس) و (١٠,٠٠) ملليجرام/ لتر المنجنيز) فى وسط من حمض النيتريك المخفف (١ + ١) و حمض الأيدروكلوريك المخفف (١ + ١) بالتركيز المستخدم فى محلول الغسيل السابق.
- يحضر محلول الغفل باستخدام الأحماض بنفس التركيزات المستخدمة فى التجربة.
- يشغل الجهاز ويترك ليسخن لمدة ٣٠ دقيقة.
- للتأكد من أداء الجهاز تستخدم نسبة كثافة الانبعاث الذرى إلى الأيونى لعنصري النحاس (١,٠٠ ملجم/ لتر) عند طول موجى 324.75 nm والمنجنيز (١٠,٠٠ ملجم/ لتر) عند طول موجى 257.61 nm وتراجع يوميًا.

جهاز قياس الزئبق (تقنية البخار البارد) Mercury Analyzer

رغم أن عنصر الزئبق فى مركباته يمكن تقديره باستخدام جهاز قياس طيف الامتصاص الذرى المقترن باللهب أو الفرن الجرافيتى إلا أن سهولة اختزال مركبات الزئبق إلى الصورة الذرية على البارد باستخدام كواشف اختزال بسيطة يؤدى إلى الاستغناء عن الحاجة إلى اللهب أو الفرن الجرافيتى اللذين مهمتهما الحصول على ذرات العناصر الفلزية الأخرى.

وتعتمد طريقة تقدير الزئبق بتقنية البخار الذري البارد على فكرة أن عنصر الزئبق الناتج من اختزال مركبات الزئبق غير العضوية بواسطة بوروهيدرات الصوديوم أو كلوريد القصدير في وسط حامضى وإزاحة بخار الزئبق بواسطة غاز النيتروجين أو الأرجون أو الهواء إلى خلية مصنوعة من الكوارتز وموضوعة فى المسار الضوئي لجهاز قياس الامتصاص الذري واستخدام مصدر ضوئي عبارة عن لمبة زئبق أو مصدر أشعة فوق البنفسجية ويقاس طيف الامتصاص الدال على تركيز الزئبق عند طول موجى 253.7 nm وتستخدم نفس الطريقة لتقدير الزئبق فى المركبات العضوية بعد أكسدتها ببرمنجنات البوتاسيوم. وبعض الأجهزة المصنعة لتقدير الزئبق فقط لا تحتوى على موقد أو فرن جرافيتى وبعض هذه الأجهزة مقترن بنظام التدفق المستمر لتحليل العديد من العينات فى فترة زمنية قصيرة. وتتميز طريقة تقدير الزئبق بتقنية البخار الذري البارد بحساسيتها الشديدة وقدرتها على قياس تركيز حتى ٠,٠٢ ميلليجرام/ لتر، ويعرض الشكل رقم (٧-٢) جهاز ورسم تخطيطى لجهاز تحليل الزئبق.



شكل رقم (٧-٢)

رسم تخطيطى لجهاز تحليل الزئبق وأحد انواع الأجهزة المقترنة بنظام التدفق المستمر

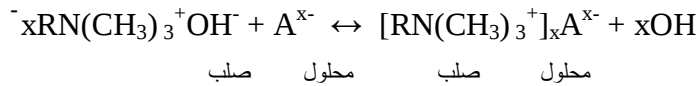
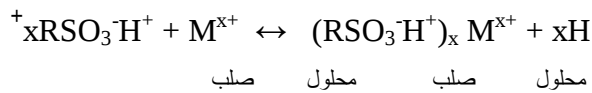
معايرة جهاز قياس الزئبق (تقنية البخار البارد)

يجب أن تجرى المعايرة فى نفس اليوم الذى يجرى فيه قياسات العينات مجهولة التركيز. تضبط نقطة البداية أو قراءة الجهاز والتأكد من ثباتها لمدة

١٠ ثواني ثم تجرى ٣ تجارب غفل للتأكد من أن قيمة القراءات ضئيلة للغاية. ثم يقاس محلول قياسي من الزئبق يحتوى على ١٠٠ نانوجرام زئبق. ويستخدم هذا المحلول في تحضير ٣ محاليل زئبق أخرى على الأقل بتركيزات مختلفة تغطي التركيزات المراد قياسها وتستخدم في الحصول على منحني معايرة. ويجب ألا تتجاوز فرق القراءات عن $\pm 10\%$ ثم تجرى تجربة غفل عند نهاية القياس. تستخدم مصيدة للزئبق لامتصاص الزئبق ونواتج التفاعل وتختبر كفاءتها مرة كل شهر وتستخدم أجهزة الحماية الشخصية للوقاية من أخطار أبخرة الزئبق.

جهاز كروماتوجرافيا الأيونات Ion Chromatography

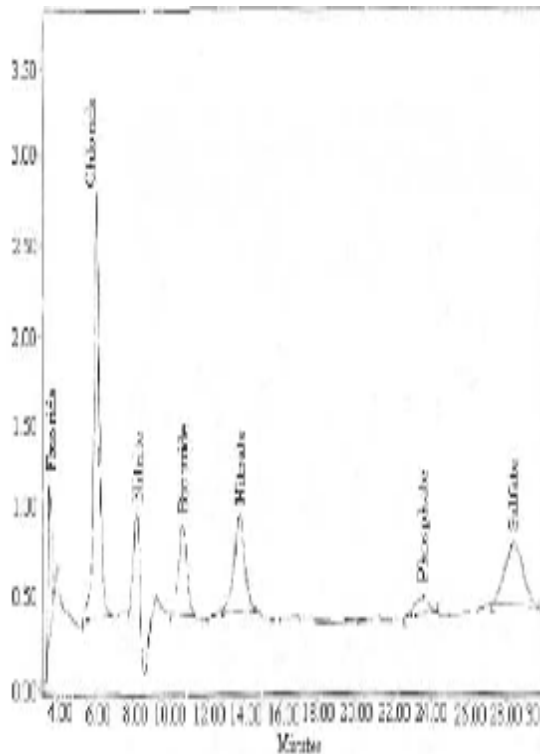
تقوم الفكرة على أساس تبادل الاتزان بين الأيونات التي بالمحلول والأيونات ذات الشحنة المماثلة الموجودة على سطح راتينج غير ذائب ذو وزن جزيئي كبير موجود بعامود الاستبدال، فإذا كان المطلوب استبداله أيون موجب (كاتيون) M^{x+} فإن الراتينج يجب أن يحتوى على مجموعات مثل مجموعة SO_3H أو مجموعة $COOH$ وكلاهما يحتويان على هيدروجين حمضي يمكن استبداله مع M^{x+} ، أما في حالة أن يكون المطلوب استبداله هو أيون سالب (أنيون) A^{x-} فإن الراتينج يجب أن يحتوى على مجموعة $N(CH_3)_3^+OH^-$:



وتستخدم كواشف التوصيل الكهربى في التقدير الكمي للأيونات الموجودة في العينة حيث أن هذه الكواشف هي بسيطة ورخيصة الثمن ومن السهل الحصول عليها وقليلة في مشاكل التشغيل. المشكلة الوحيدة التي تواجه استخدام كواشف التوصيل الكهربى في عملية التبادل الأيوني هي استخدام التركيز العالي للإلكتروليت في عملية الغسيل والتي تتداخل في قياس كمية العينة المراد تحليلها. وللتغلب على هذه المشكلة فلقد تم إدخال عامود القمع

(Suppresser Column) عند مخرج عامود فصل الأيونات مباشرة. حيث يستخدم راتينج فصل - أيونات آخر يقوم بتحويل أيونات مذيب الغسيل إلى جزيئات شحيحة التآين دون التأثير على أيونات العينة. فإذا كان المطلوب تعيين كاتيون موجب M^x فإن عملية الغسيل تتم بحمض الهيدروكلوريك وعامود القمع يحتوى على راتينج به مجموعة الهيدروكسيل مما يؤدي إلى تكوين الماء غير المتآين كناتج مع الأخذ في الاعتبار أن كاتيونات العينة لا تتأثر بوجود عامود القمع، أما إذا كان المطلوب تعيينه هو أيونات سالبة فإن محلول الغسيل يتكون من كربونات أو بيكربونات الصوديوم وراتينج القمع يكون به هيدروجين حمضى حيث يكون الناتج حمض الكربونيك عديم التآين وبالتالي فلا يؤثر على التوصيل الكهربى للعينة المراد تعيينها.

ويعرض الشكل رقم (٨-٢) جهاز كروماتوجرافيا الأيونات والكروماتوجرام الصادر عنها.



شكل رقم (٨-٢)

جهاز كروماتوجرافيا الأيونات والكروماتوجرام الصادر عنها

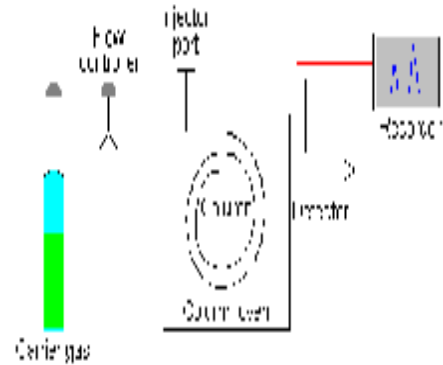
معايرة جهاز كروماتوجرافيا الأيونات

- يجري تشغيل الجهاز ويضبط سرعة سريان محلول الإزاحة (عادة ٢ ملليلتر / دقيقة) ويضبط الكاشف (عادة 30-10 μ S).
- يترك الجهاز ١٥-٣٠ دقيقة ليصل لحالة الاتزان والحصول على خط بداية ثابت ومستقيم. ثم يضبط ضابط الكاشف عند قراءة صفر للتوصيل الكهربى لمحلول الإزاحة.
- تحقن المحاليل القياسية المحتوية على أيون واحد أو مخاليط من عدة أيونات ويحسب وقت ظهور المنحنى وقت الاستبقاء ((Retention Time).
- يحقن على الأقل ٣ حقنات لتركيزات مختلفة لكل أيون ويرسم منحنى معايرة بين ارتفاع المنحنى أو مساحة المنحنى مع التركيز وتسجل هذه الدلالات رقميا على الجهاز.
- يستخدم الرسم فى تعيين تركيزات مجهولة بقياس محاليلها بعد ترشيحها لإزالة أى رواسب. تعاد المعايرة إذا تغير ضبط الكاشف أو محلول الإزاحة.

ثانياً: الأجهزة المستخدمة في قياسات المركبات العضوية

جهاز كروماتوجرافيا الغاز Gas Chromatography

يستخدم هذا الجهاز في فصل مكونات مخاليط تحتوي على مركبات عضوية وتقديرها كميًا، وفي هذا الجهاز تحقن العينة في عمود فصل مناسب ومسخن عند درجة حرارة كافية لتبخير العينة التي يتم فصل مكوناتها على عمود الفصل حيث توزع المكونات نفسها بين الصنف السائل في العمود والغاز المستخدم في الإزاحة ثم تخرج مكونات المخلوط تباعاً من عمود الفصل لتمر بالكاشف الذي قد يقيس التوصيل الحراري (Thermal Conductivity) أو التأين في اللهب (Flame Ionization) أو اصطياح الإلكترونات (Electron Capture) أو الكتلة (Mass) أو غيرها من الكواشف الأخرى. ويعتبر جهاز كروماتوجرافيا الغاز المقترن بقياس طيف الكتلة من أهم الأجهزة حيث يمكن الاستدلال منه على مكونات المخاليط دون ما حاجة إلى استخدام مركبات مرجعية للمقارنة.



شكل رقم (٢ - ٩)

جهاز كروماتوجرافيا الغاز

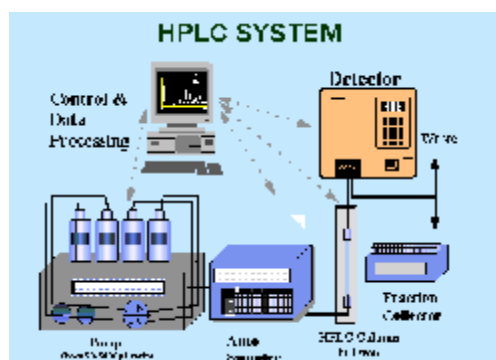
معايرة جهاز كروماتوجرافيا الغاز

- تتبع التعليمات الواردة مع الجهاز فيما يتعلق بمعايرته.
- تحضر ٤ تركيزات من الماء المحتوى على كل من الطولين وإيثر ميثيل ثلثي بيوتيل بتركيزات ١ و ١٠ و ٢٥ و ٥٠ و ١٠٠ جزء في المليون.
- يشغل جهاز الكروماتوجراف ويترك ليسخن لمدة ١٥ دقيقة وتفتح اسطوانتي الهواء المضغوط والأيدروجين وتضبط سرعة سريان الغازين.
- يشعل اللهب في كاشف الجهاز (تأين اللهب). يتم ضبط برنامج الحرارة بحيث تزداد درجة الحرارة من ٤٠ إلى ٩٠°م.
- تغسل حقنة حقن العينات في الأسيتون ثم الماء عدة مرات ثم يحقن ٤ ميكرو لتر من العينات بدءاً بالتركيز الأقل فالتركيز الأكبر مع التأكد من أن درجة الحرارة حوالى ٤٠°م.
- تسجل قراءات الامتصاص وتجري تجربة غفل ويرسم منحني معايرة قياسي.

جهاز كروماتوجرافيا السائل تحت ضغط مرتفع

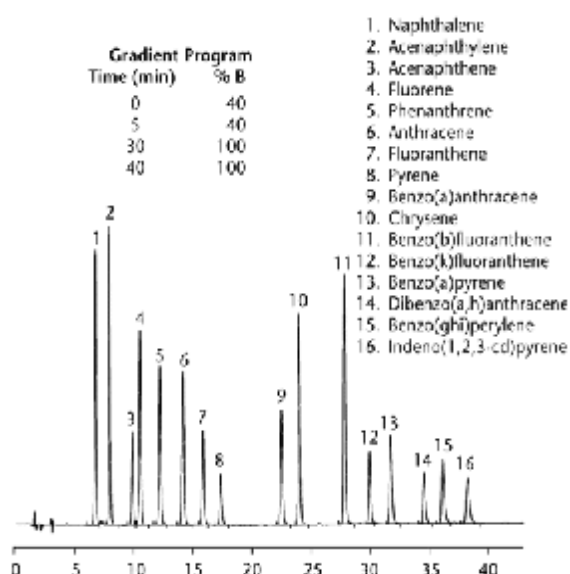
High Pressure Liquid Chromatography (HPLC)

تعتمد فكرة هذا الجهاز على نفس الأساس في كروماتوجرافيا الغاز غير أن الصنف المتحرك هنا سائل وليس غاز، كما لا تستخدم أفران لتبخير المواد حيث يتم الفصل في درجة الحرارة العادية. وتستخدم أعمدة فصل صغيرة (٢٠-٣٠ سم) مقارنة بأعمدة يصل طولها إلى ٧٠ متر في حالة كروماتوجرافيا الغاز. وتستخدم مضخات ذات ضغط مرتفع لدفع العينات ومحلول الإزاحة (الصنف المتحرك) داخل عمود الفصل. وتستخدم هذه التقنية في فصل المبيدات وكثير من المركبات العضوية التي قد تتأثر بالحرارة المستخدمة مع كروماتوجرافيا الغاز.



شكل رقم (٢ - ١٠)

جهاز كروماتوجرافيا السائل تحت ضغط مرتفع



شكل رقم (٢ - ١١)

الكروماتوجرام الصادر عن جهاز كروماتوجرافيا السائل تحت ضغط مرتفع

معايرة جهاز كروماتوجرافيا السائل تحت ضغط مرتفع

- تحضير محاليل قياسية من المبيدات أو المركبات العضوية بتركيز ١,٠٠ ميكروجرام/ ميكرو لتر بوزن ٠,٠١٠٠ جرام من كل مبيد أو مركب في دورق عياري سعة ١٠ مليلتر وتذاب المادة في ٥ مليلتر من الميثانول وتكمل للعلامة ومعظم هذه المحاليل ثابتة لمدة شهر إذا ما حفظت عند درجة حرارة ١٠°م.

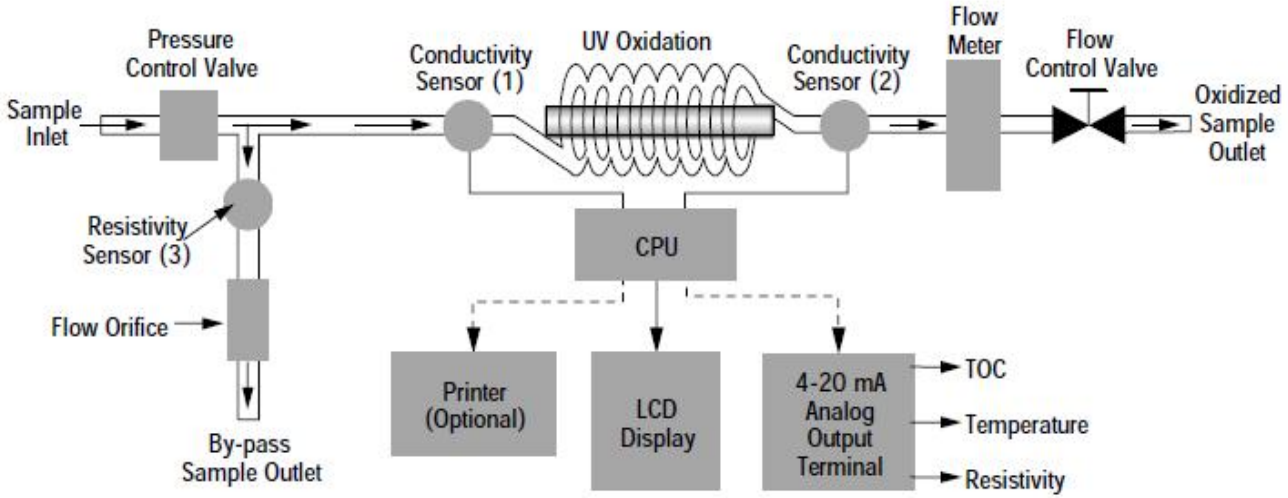
- يحضر من هذه المحاليل تركيزات ١٠٠ و ٤٠ و ١٠ و ٢ ميكروجرام/لتر.
- يختار عمود الفصل المناسب وظروف التشغيل والكاشف والمذيبات المناسبة بالرجوع إلى طرق التشغيل القياسية والتوجيهات المصاحبة للجهاز.
- يحقن ٥٠٠ ميكرو لتر من المحاليل القياسية بدءاً بالتركيزات القليلة.
- يسجل ارتفاع أو مساحة الإشارة وترسم مع التركيز للحصول على منحنى معايرة قياسي يستخدم في تقدير المواد قياسها.

جهاز قياس الكربون الكلي (TOC) Total Organic Carbon

في هذه الطريقة يتم تحويل كمية الكربون الموجودة في صورة مركبات عضوية أو غير عضوية إلى صورة واحدة بسيطة وهي ثاني أكسيد الكربون (CO_2) والذي يمكن تقديره كميًا بواسطة محلل الأشعة تحت الحمراء أو التوصيل الكهربائي.

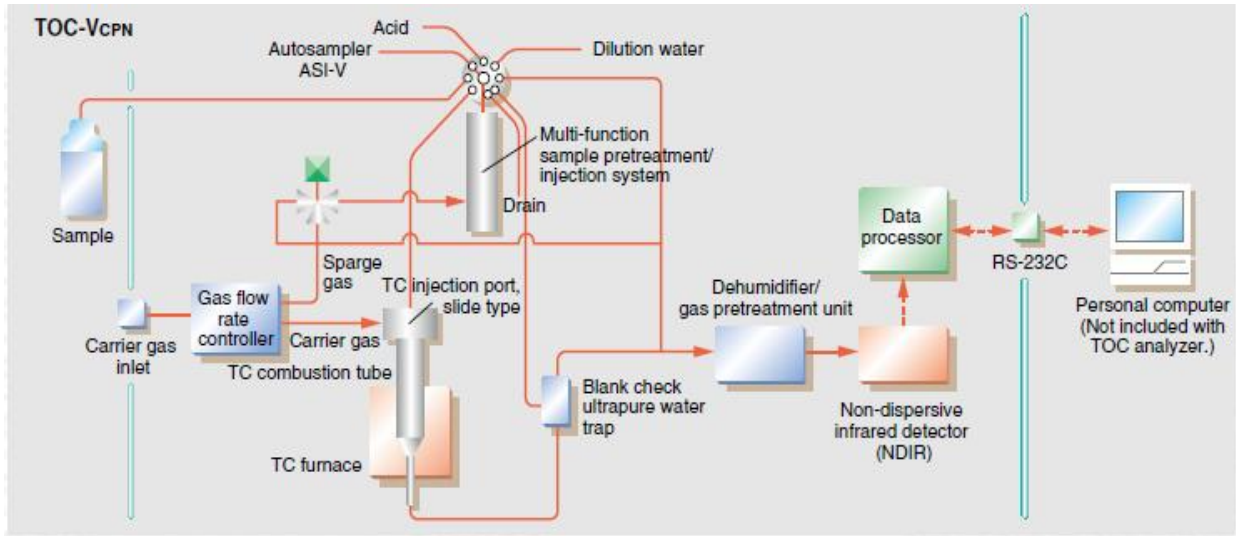
يتم حقن العينة في غرفة ساخنة وفي وجود محفز فيتبخر الماء وتتحول المركبات العضوية إلى ثاني أكسيد الكربون والماء. يتم تعيين كمية ثاني أكسيد الكربون المتكونة من المركبات العضوية وغير العضوية. أما كمية الكربون غير العضوي فيتم تعيينها عن طريق حقن العينة في غرفة تحتوي على حمض الفوسفوريك حيث يتحول كل الكربون غير العضوي إلى ثاني أكسيد الكربون مع عدم أكسدة الكربون العضوي. أما كمية الكربون العضوي فيتم حسابها بمعرفة كلا من كمية الكربون الكلي والكربون غير العضوي.

ومن الممكن تعيين تركيز حتى ١ جزء في المليون (١ ملليجرام/لتر) من الكربون مع الأخذ في الاعتبار عدم التعرض أو استخدام مواد عضوية مثل الأنابيب المطاطية والأواني البلاستيكية حيث أنها قد تتداخل مع العينة.



شكل رقم (٢- ١٢)

جهاز قياس الكربون الكلى باستخدام كاشف التوصيل الكهربى



شكل رقم (٢- ١٣)

جهاز قياس الكربون الكلى باستخدام كاشف قياس طيف الأشعة تحت الحمراء

معايرة جهاز قياس الكربون الكلى

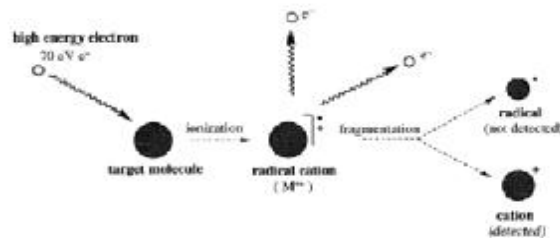
- تتبع التعليمات الخاصة بمعايرة الجهاز كما وردت فى كاتالوج المصنع.
- تحضر محاليل قياسية من مركبات كربونية عضوية مثل فثالات البوتاسيوم بتركيز ١,٠٠ ملليجرام كربون/ مليلتر والمذاب فى الماء

المحمض بحمض الفوسفوريك أو حمض الكبريتيك إلى أقل من pH 2 وكذلك من مواد غير عضوية مثل كربونات الصوديوم بتركيز ١,٠٠ ميلليجرام كربون/ ميليلتر والمذاب فى الماء النقى غير المحمض وتخفف هذه المحاليل إلى مدى التركيزات المناسب والمتوقع.

- تضبط درجة الحرارة عند ٩٠٠°م قبل حقن العينات.
- تحقن المحاليل ويسجل ارتفاع الإشارة أو مساحتها وتجرى نفس التجربة على مياه التخفيف المستخدمة.
- يرسم منحنى قياسى بين كثافة الإشارة والتركيز (من ١,٠٠ إلى ١٠,٠٠ ميلليجرام كربون/ لتر) أو يستخدم المنحنى الناتج من الأجهزة الرقمية.

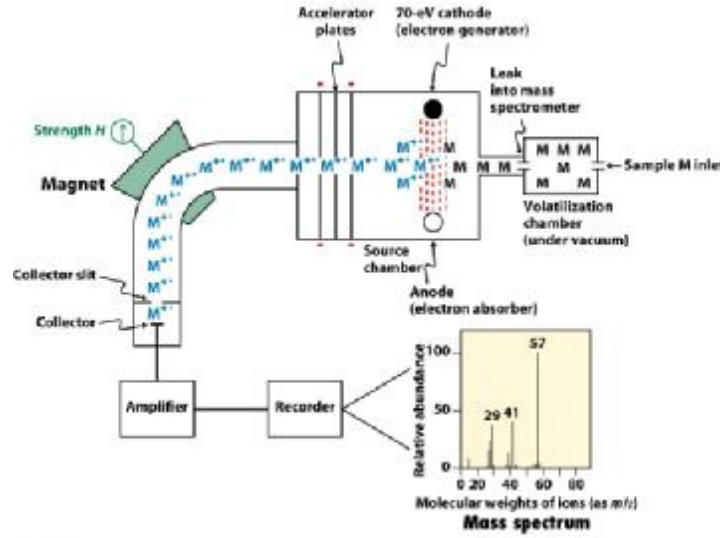
جهاز قياس طيف الكتلة Mass Spectrometer

يستخدم هذا الجهاز فى التعرف على المركبات العضوية ومعرفة تركيبها الكيميائي ويعتمد على قذف المادة المراد تحليلها بالإلكترونات ذات طاقة عالية (٧٠ إلكترون فولت) تعمل على تحويل المركب إلى أيون موجب يمكن قياسه وآخر أيون حر لا يمكن قياسه، كما هو موضح بالشكل رقم (٢-١٤) ثم يسمح للأيونات الناتجة بالمرور فى أنبوبة مفرغة تحت مجال مغناطيسى فتتفصل الأيونات الموجبة تبعا لكتلتها وتسجل، كما هو موضح بالشكل رقم (٢-١٥).



شكل رقم (٢-١٤)

تأثير الإلكترونات ذات الطاقة العالية على المركبات العضوية

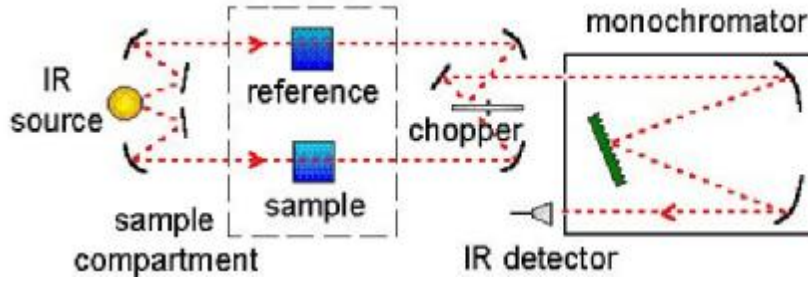


شكل رقم (٢-١٥)
جهاز قياس طيف الكتلة

ويستخدم الجهاز في التعرف على المركبات العضوية في الحالة الصلبة كما أنه يستخدم ككاشف في أجهزة كروماتوجرافيا الغاز وكروماتوجرافيا السائل تحت ضغط مرتفع للتعرف على المركبات العضوية دونما حاجة لاستخدام مركبات مرجعية للاستدلال والمقارنة بها.

جهاز قياس طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء Infrared Spectrometer

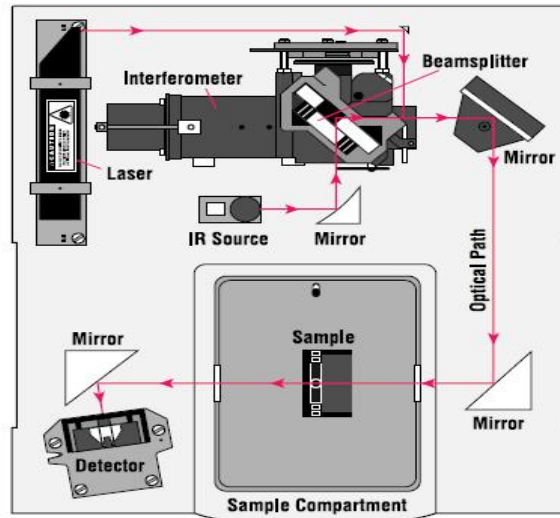
يستخدم هذا الجهاز في التعرف على المجموعات الفعالة في المركبات العضوية وغير العضوية ويستخدم في قياس الزيوت والشحوم في المياه. ويختلف عن جهاز قياس طيف الأشعة فوق البنفسجية في أن المصدر الضوئي عبارة عن مصدر حراري متوهج يعطى أشعة تحت حمراء تتداخل مع الروابط الكيميائية في المركبات حيث يمكن قياسها. وتتكون الخلية من أحد أملاح الهاليدات (كلوريد الصوديوم - بروميد البوتاسيوم - يوديد السيزيوم). ويستخدم الجهاز في تقدير الزيوت والشحوم في المياه.



شكل رقم (٢-١٦)

جهاز قياس طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء

ويختلف جهاز Fourier Transform Infrared عن هذا الجهاز في أن الأشعة الصادرة من المصدر تمر على Interferometer الذي يحول هذه الأشعة إلى Modulated قبل مرورها خلال العينة. وهذا الجهاز يتميز بقدرته على تسجيل كل الامتصاصات عند أطوال الموجات الضوئية المختلفة في آن واحد.



شكل رقم (٢-١٧)

جهاز قياس طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء FTIR

معايرة جهاز قياس طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء

الطريقة الأولى

تستخدم مادة البولي ستيرين القياسية ويقاس طيفها الذي يجب أن تكون منحنياته حادة وواضحة عند أو بالقرب من أرقام الموجات المسجلة على شريحة البولي ستيرين:

: 3060. 2850. 1944. 1601. 1583. 1154 and 1028 cm^{-1} .

فعلى سبيل المثال يجب أن يظهر المنحنى 1944 cm^{-1} المسجل على شريحة البولي ستيرين القياسية عند $(\pm 0.6) \text{ cm}^{-1}$ 1944 حتي يمكن اعتبار الجهاز معياراً.

الطريقة الثانية:

- يحضر محلول من الزيت بنقل ١ مليلتر (٠,٥ - ١,٠ جرام) من الزيت إلى قارورة عيارية سعة ١٠٠ مليلتر وتغطي وتوزن وتخفف حتى العلامة بمذيب مناسب مثل ثلاثي كلوروثلاثي فلوروايثان.
- إذا كان الزيت المراد قياسه غير معلوم طبيعته يستخدم عينة من الزيت المرجعي المكون من مخلوط ٣٧,٥% إيزواوكتان و ٣٧,٥% هكساديكان و ٢٥,٠% بنزين ويحفظ في عبوة مغلقة جيداً لمنع التبخر.
- يحضر سلسلة بتركيزات مختلفة من الزيت في المدى المطلوب لقياسه
- تختار خليتين من السيليكا للجهاز طول الممر الضوئي لهما (1- cm) وتملأ الأولى بالعينة القياسية أو العينة المراد قياسها والثانية بالمذيب ويجري تشغيل الجهاز للمحاليل القياسية والعينات في المدى من 3200 cm^{-1} إلى 2700 cm^{-1} .
- يقاس امتصاص العينات عند 2930 cm^{-1} ويرسم منحنى قياسي ويقارن امتصاص العينات بالمنحنى القياسي.
- إذا زاد الامتصاص عن ٠,٨ للعينة تستخدم خلايا ذات ممر ضوئي أقل أو تخفف العينة بالمذيب ويؤخذ في الاعتبار معامل التخفيف.

أجهزة قياس ذات استخدامات خاصة

جهاز المعايرة الأمبيرومترية:

يعتمد القياس الأمبيرومترى على إجراء تأكسد أو اختزال للمادة المراد قياس تركيزها باستخدام 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 فى قياس تركيزات ضئيلة من الكلور الحر والمتبقى والمتحد والتفرقة بين أحادى وثنائى الكلورامين فى مياه الشرب.

ويقاس تركيز الكلور الحر المتبقى بالمعايرة مع محلول قياسي 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 قياسي من أكسيد فينيل الزرنيخات كما هو الحال مع الكلور المتبقى الحر.

ويتكون الجهاز من خلية تحتوى قطبين معدنيين كاثود وأنود (بلاتين/ فضة أو ذهب/ نحاس) والأنود عبارة عن قطبين هما القطب المرجعى وقطب مساعد أو مكمل يعمل على ثبات التيار المقاس ويعرف النظام بثلاثى الأقطاب بالإضافة إلى سحاحة ومسجل للتيار الكهربى الناشئ. وتتميز الطريقة بحساسيتها العالية التى تصل إلى ٠,٥ جزء فى المليون.



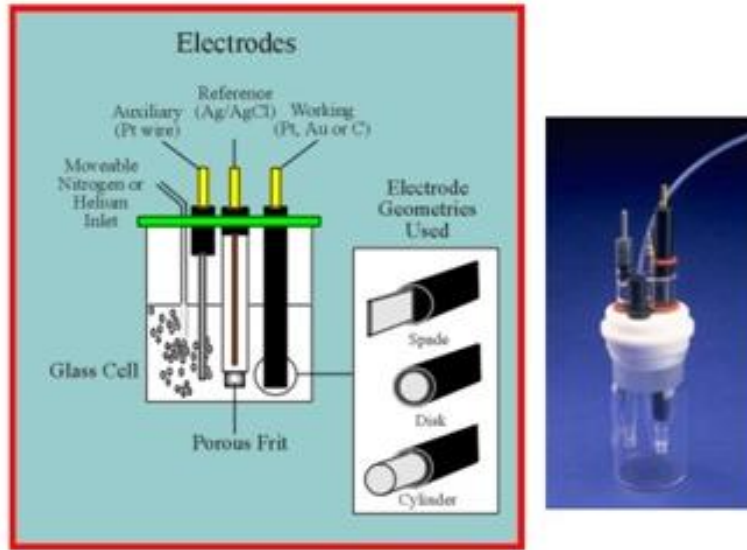
شكل (٢-١٨)

جهاز المعايرة الأمبيرومترية

معايرة جهاز المعايرة الأمبيرومترية

عند عدم استخدام الجهاز لمدة أسبوع أو أكثر أو عند تشغيل الجهاز لأول مرة تختبر الخلية الأمبيرومترية بإضافة بضع قطرات من محلول الكلور (كلوركس) إلى ٢٥ ملليلتر من ماء الصنبور في كأس سعته ٢٥٠ ملليلتر وبعد رج المحلول وغمر الأقطاب فيه يضبط جهد التيار الكهربى عند ٠,٥ إلى ١,٥ ميكروأمبير ويترك لمدة ١٠ دقائق ثم تغسل الأقطاب ويصبح الجهاز جاهزا للقياسات. وتنظف الأقطاب من وقت إلى آخر (كل شهر) بغمرها في محلول ١:١ حمض نيتريك لمدة ساعتين ثم تغسل بالماء المقطر وتغمر في محلول كلور مخفف لضمان ثبات القراءة عند القياس بعد ذلك.

ولا يحتاج جهاز القياس الأمبيرومترى إلى معايرة ولكن يجب أن تكون المحاليل المستخدمة قياسية معلومة التركيز تماما وأن تجرى مقارنة بين نتائج عينة تحتوى على الكلور باستخدام التحليل اللونى بالتفاعل مع كاشف (N.N-Diethyl-p- phenylenediamine) والتحليل الأمبيرومترى.



شكل رقم (٢ - ١٩)
الخلية والأقطاب الأمبيرومترية

جهاز قياس السيانيد Cyanide Analyzer

يمكن أن يتواجد السيانيد في الماء في عدة صور (السيانيد الحر - السيانيد المتاح - السيانيد القابل للكلورة، والسيانيد الكلي) وتقدر صور السيانيد المختلفة في الماء بطرق آلية كثيرة بعد إجراء عملية تقطير للعينة في وسط حامضي ثم:

١ - التقدير الطيفي اللوني.

وذلك بتجميع الهيدروسيانيك المتصاعد في محلول مائي ذو رقم أيديروجيني ٤,٥ ثم السماح للسيانيد بالتفاعل مع محلول الكلور ليكون كلوريد السيانوجين الذي يتفاعل بدوره مع كاشف البيريدين وحمض برباتيوريك ليكون لونا احمر تقاس كثافته بدلالة تركيز السيانيد باستخدام الطرق الطيفية اللونية.

٢ - التقدير الجهدى.

حيث يتم تقدير السيانيد في مقطر العينة باستخدام قطب السيانيد الأيونى المنتخب مع قطب مرجع (فضة/ كلوريد فضة أو كالوميل) وقياس فرق الجهد باستخدام جهاز قياس الجهد كدلالة على لوغاريتم تركيز السيانيد.

٣ - التقدير الكروماتوجرافى:

يستخدم فى هذه الحالة جهاز كروماتوجرافيا 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 للعينة ولكن يدفع بالعينة فى تيار حامضى ويسمح لغاز الهيدروسيانيك بالمرور على غشاء كاره للماء يسمح بمرور الهيدروسيانيك إنتقائيا إلى كاشف أمبيرومترى لقياسه وتعرف هذه الطريقة "بطريقة الانتشار الغشائي" وتوجد أجهزة كاملة متاحة فى السوق لهذه الطريقة من القياس. وبعض هذه الأجهزة ملحق بها وحدة هضم بواسطة الأشعة فوق البنفسجية لقياس السيانيد المتاح والسيانيد الكلى.

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



شكل رقم (٢ - ٢٠)

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

وتعاير هذه الأجهزة بنفس الطرق التى سبق ذكرها لمعايرة أجهزة القياس الأمبيرومترية والطيفية وكروماتوجرافيا الأيونات.

جهاز قياس العكارة Turbidimeter and Nephelometer

يعتمد الجهازين، كما هو موضح بالشكل رقم (٢-٢١) على تشتت الضوء بواسطة محلول يحتوى على جسيمات عالقة ومنتشرة بهذا المحلول (Dispersed Particles) وبالتالي فإن شدة الشعاع الساقط على العينة تتخفض نتيجة التشتت، إذا تم قياس التشتت عموديا على الشعاع الساقط فهذا هو ما يعرف ب (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 (٢ - ٢١)

جهاز قياس العكارة

ويتم حساب التركيز في الطريقتين عن طريق استخدام منحنى معايرة (إجراء التجارب مع محاليل معروفة التركيز) حيث أن العلاقة بين معامل التعتير (Turbidity Coefficient) والتركيز تكون علاقة خطية شبيهة بعلاقة Beer's law).

وبين الجدول الآتي 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 ₂ O ₄	H ₂ C ₂ O ₄

N: Nephelometry ;

T: Turbidity

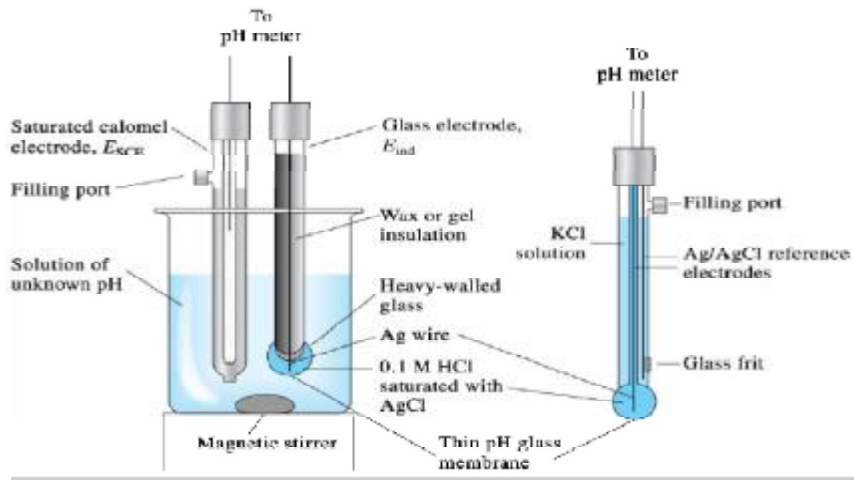
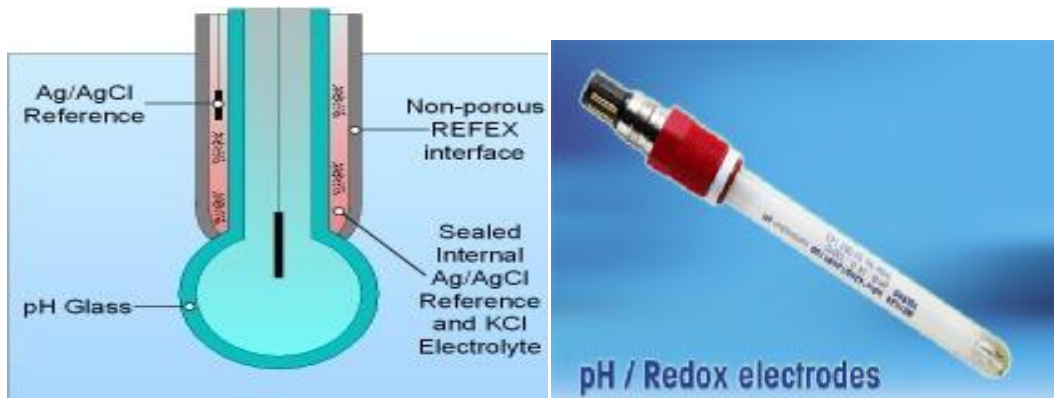
معايرة جهاز قياس العكارة

- يحضر المحلولين (١) و (٢) كما يلي:
- المحلول (١): يذاب ١,٠٠٠ جرام من كبريتات الهيدرازين في ماء مقطر ويكمل الحجم إلى ١٠٠ مليلتر.
- المحلول (٢): يذاب ١٠ جرام من سداسي الميثيلين رباعي الأمين في ماء مقطر ويكمل الحجم إلى ١٠٠ مليلتر.
- يخلط ٥,٠ مليلتر من المحلول (١) و ٥,٠ مليلتر من المحلول (٢) في قارورة عيارية سعة ١٠٠ مليلتر ويترك المحلول لمدة ٢٤ ساعة ثم يخفف بالماء حتى العلامة.
- يرج المحلول جيداً. يعطي هذا المحلول القياسي عكارة قياسية قدرها ٤٠٠ وحدة عكارة (NTU). يمكن تخزين واستخدام هذا المحلول لمدة شهر.
- يحضر معلق العكارة القياسي بتخفيف ٢٥ مليلتر من المحلول إلى ١٠٠ مليلتر باستخدام الماء المقطر للحصول على عكارة قدرها ١٠٠ وحدة عكارة (NTU) يحضر محلول آخر عكارة 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 جيداً وينتظر حتى تختفي 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 الأيروجيني pH-meters

في هذه الطريقة يتم معرفة الرقم الأيروجيني عن طريق قياس فرق الجهد الناشئ بين قطبين احدهما يستجيب لأيون (Glass electrode) والآخر قطب مرجعي (Reference electrode) وهو عادة ما يكون قطب كالوميل (Calomel electrode) أو قطب كلوريد فضة (Ag/AgCl electrode) وذلك عن طريق غمر القطبين في محلول العينة المراد قياس رقمها الأيروجيني. ومن المستحسن ان يتم قياس الرقم الأيروجيني في موقع أخذ العينة وإن تعذر ذلك تجرى عملية القياس في أسرع وقت ممكن من وقت أخذ العينة.



شكل رقم (٢ - ٢٢)

أقطاب قياس الأس الأيروجيني

وقبل قياس العينة المراد تعيين رقمها الأيدروجيني يجب أولاً ضبط ومعايرة الجهاز عن طريق غمر القطب في محلول منظم قياسي ذو رقم إيدروجيني ٧ والحصول على قراءه للجهاز. ثم يتم الضبط مرة أخرى عن طريق وضع القطب في محلولين منظمين ذو رقمين أيدروجينيين ٤ و ١٠ وضبط القراءات مرة أخرى. ومن المفضل أن يكون الضبط باستخدام محاليل منظمة ذات أرقام أيدروجينية قريبة من العينات المراد فحصها والتعرف عليها.



شكل رقم (٢-٢٣)
جهاز قياس الأس الأيدروجيني

معايرة جهاز قياس الأس الأيدروجيني

- يوضع قطبي الزجاج والمرجع بعد غسلهما جيداً وتجفيفهما في محلول منظم أسه الأيدروجيني ٧ مع قطب ضبط درجة الحرارة ويضبط الجهاز ليعطى قراءة ٧.
- يغسل القطبين ويعاد القياس باستخدام محلول منظم أسه الأيدروجيني ٤ وكذلك ٩ ومن المفضل أن يكون الضبط باستخدام محاليل منظمة قياسية ذات أس أيدروجيني 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 اقرب ٠,١ وحدة pH.
- يجب ان تكون درجة الحرارة عند المعايرة والقياس متماثلة.
- يغمر القطب فى محلول منظم قياسى ذو رقم أيدروجينى ٧ للحصول على قراءة للجهاز ٧ ثم يتم الضبط مرة اخرى عن طريق وضع القطب فى محلولين منظمين ذو رقمين أيدروجينيين ٤ و ١٠ وضبط القراءات مرة أخرى.

الأقطاب الأيونية المنتخبة ذات الأغشية Ion Selective Membrane Electrodes

يمكن تقسيم هذه الأقطاب إلى نوعين: النوع الأول الذى يسمى (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.

وتكون هذه الاقطاب 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 بسبب فرق فى التركيز بين المحلول القياسى الداخلى والمحلول الخارجى المراد تعيين تركيزه.



شكل رقم (٢ - ٢٤)

بعض الأقطاب الأيونية المنتخبة ذات الأغشية

معايرة الأقطاب الأيونية المنتخبة ذات الأغشية

- تحضير سلسلة من محلول قياسي للمادة المراد قياسها في ماء مقطر بتركيزات مختلفة.
- ينقل ١٠ مليلتر من هذه المحاليل إلى كأس زجاجي سعته ١٠٠ مليلتر.
- يضاف محلول منظم مناسب لضبط الأس الأيدروجيني كما في حالة تقدير الفلوريد أو يضاف محلول ضابط القوة الأيونية أو مانع الأكسدة كما في حالة تقدير الكبريتيد أو قلوي قوي كما في حالة تقدير الأمونيا أو حمض قوي كما في حالة تقدير ثاني أكسيد الكربون.
- يغمس قطب الأيون الانتقائي وقطب مرجع (عادة فضة/ كلوريد فضة أو كالوميل) ويخلط المحلول جيدا ويقرأ الجهد من جهاز قياس الأس الأيدروجيني.
- ترسم العلاقة بين الجهد ولوغاريتم التركيز على ورق شبيه اللوغاريتم (Semi log) ويستخدم منحنى المعايرة القياسي في قياس تركيزات مجهولة باتباع نفس الخطوات وتقارن النتائج بالمنحنى القياسي.

جهاز قياس التوصيل الكهربائي Conductometers

- التوصيل الكهربائي للماء (قياس قابلية الماء للتوصيل الكهربائي) يتناسب مع القوة الأيونية للماء ويعتمد على طبيعة المواد الأيونية الذائبة في الماء

وتركيبتها ودرجة حرارة القياس. والوحدة القياسية للتوصيل الكهربى تعطى بوحدة سيمنز / متر.

- لقياس التوصيل الكهربى يجب معرفة ثابت الخلية الذى يقاس بمعرفة محلول قياسي من كلوريد 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 اخذ العينة وان تعذر ذلك تجرى عملية القياس فى أسرع وقت ممكن من وقت أخذ العينة.



شكل رقم (٢ - ٢٥)

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. هذا المحلول القياسي يجب أن يعطى 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 عياري من كلوريد البوتاسيوم قبل القياس وتضبط درجة الحرارة عند ٢٥,٠ ± ٠,١°م.

- يمكن تصحيح توصيل محلول ٠,٠١ عياري من كلوريد البوتاسيوم عند درجات حرارة مختلفة باستخدام العلاقة:

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

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 بولاروجرافية أو جلفانية تحتوي على قطبين معدنيين مغمورين في إلكتروليت مفصول عن العينات المراد قياسها بغشاء انتقائي من البولي إيثيلين أو التيفلون ويستخدم في الخلية البولاروجرافية تيار كهربى خارجى لاستقطاب القطب المرجع. ويتناسب تيار الانتشار (Diffusion Current) مع تركيز الأكسجين.



شكل رقم (٢-٢٦)

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 في تقدير الأكسجين المذاب مباشرة ولتطبيق هذه الطريقة تتبع الخطوات الآتية:

- يذاب ٤٨٠ جرام من كبريتات المنجنيز الثنائي ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) أو ٤٠٠ جرام من ($\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) أو ٣٦٤ جرام من ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) في قليل من الماء ويرشح ويكمل المحلول إلى ١ لتر بالماء. وهذا المحلول يجب ألا يعطى لونا مع محلول النشا بعد إضافة محلول حمض من يوديد البوتاسيوم.

- يذاب ٥٠٠ جرام أيديروكسيد الصوديوم أو ٧٠٠ جرام أيديروكسيد البوتاسيوم و ١٣٥ جرام يوديد صوديوم أو ١٥٠ جرام يوديد بوتاسيوم في ماء مقطر ويكمل إلى ١ لتر بالماء. يضاف للمحلول ١٠ جرام من أزيد الصوديوم المذاب في ٤٠ مليلتر ماء. هذا المحلول يجب ألا يعطى لونا مع النشا عندما يخفف ويحمض.

- محلول قياسي (٠,٢٥ عياري) من ثيوكبريتات الصوديوم بإذابة ٦,٢٠٥ جرام من $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ في ١ لتر من الماء السابق غليه وتبريده لطرده الأكسجين ثم يضاف له ٢ جرام من أيديروكسيد الصوديوم.

- محلول قياسي (٠,٠٢٥ عياري) من ثيوكبريتات الصوديوم للمعايرة ويحضر بتخفيف المحلول السابق ١٠ مرات. تقاس قوته بنقل ٢٠ مليلتر من محلول أيودات هيدروجينية (٠,٠١٢٥ عياري) إلى ورق مخروطي يحتوى ١٠٠ مليلتر من الماء المقطر ويضاف له ٢ مليلتر من حمض الكبريتيك المركز متبوعا بـ ٢ جرام يوديد بوتاسيوم وبعابر المحلول مع محلول ثيوكبريتات الصوديوم (٠,٠٢٥ عياري) باستخدام النشا كدليل.

- تملأ قارورة القياس ذات الفوهة الضيقة وسعة ٣٠٠ مليلتر وذات غطاء زجاجى مصنفر بالماء ويضاف تحت سطح الماء ٠,٧ مليلتر من حمض الكبريتيك المركز (يحظر إضافة أكثر من ذلك) و ١ مليلتر من محلول برمنجنات البوتاسيوم و ١ مليلتر من محلول فلوريد البوتاسيوم ويجب أن يكون لون المحلول قرمزي دالا على وجود زيادة من البرمنجنات. تغطى

- القارورة وتقلب لخلط محتوياتها. يضاف ٠,٥ إلى ١,٠ مليلتر من محلول ٢% أكسالات لإزالة لون البرمنجنات (٢ الي ١٠ دقيقة) تخلط محتويات القارورة جيدا وتوضع فى الظلام لمدة ١٠ دقائق.
- يزال غطاء القارورة ويضاف ٢ مليلتر من كبريتات المنجنيز متبوعة ب ٢ مليلتر من محلول (القلوى - اليوديد - الأزيد) تم تغلق القارورة وتخلط محتوياتها جيدا بقلب القارورة عدة مرات.
 - يترك الراسب يرسب ثم يضاف ٢ مليلتر من حمض الكبريتيك المركز بعد إزالة الغطاء مباشرة ثم يرجع الغطاء وترج القارورة جيدا حتى تمام ذوبان الراسب.
 - يعاير اليود المنطلق بنقل ٢٠٣ مليلتر من المحلول إلى ورق مخروطى ويعاير مع ٠,٠٢٥ عياري محلول ثيوكبريتات. كل ١,٠ مليلتر من ٠,٠٢٥ عياري ثيوكبريتات = ١,٠ ملليجرام اكسجين مذاب /لتر.

الفصل الثالث

الأجهزة المساعدة والتقنيات المعملية

الفصل الثالث

الأجهزة المساعدة والتقنيات المعملية

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً على 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 استخدامها.
- يشرح معنى الاستخلاص وكيفية استخلاص المواد العضوية الملوثة.
- يصف عملية الترشيح والمعدات والادوات التى تتطلبها والعوامل التى تؤثر على اختيار نوع الوسط الترشيحي.
- يذكر الأنواع المختلفة للتقطير والطرق المختلفة لإجراء عمليات التطهير.

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 والأرفف مصنوعة من الصلب الذى لا يصدأ وقد تكون مزودة بأبواب مزدوجة وتسخن بملف كهربائى ودرجة الحرارة يمكن ضبطها ما بين ٥٠-٢٥٠°م ومزودة بمقياس لدرجة الحرارة (ترمو متر) 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 وخروجه تؤدي إلى سرعة التجفيف وتعمل المروحة على التدوير المستمر للهواء الساخن داخل الفرن وإبقاء درجة الحرارة ثابتة.
- أفران الحمل بالجاذبية (Gravity Convection Ovens) وتستخدم عندما لا تكون هناك حاجة لدرجات ثابتة ومتجانسة وهى أقل سعرا من النوع الأول.
- أفران التفريغ (Vacuum Ovens) وهى مزودة بمضخة تفريغ وتستخدم عندما يلزم التجفيف فى جو خامل أو عند تجفيف البودرة حيث تؤدي المروحة الى تطايرها وتبعثرها ويتم التجفيف من الحرارة الناشئة من جدران الفرن الداخلية.

أفران الحرق

(Muffle Furnaces)

هى وحدات حرارية ذات حجوم وسعات مختلفة مبطنه من الداخل بمواد عازلة للحرارة مصنوعة من الياق سيراميكية وطوب حرارى يتحمل درجات الحرارة المرتفعة التى قد تصل إلى ١٨٠٠°م غير أن أكثرها شيوعا واستخداما فى معامل التحاليل هى تلك التى تصل فيها درجة الحرارة القصوى إلى ١١٠٠ - ١٢٠٠°م. وتتكون هذه الأفران من ثلاثة اجزاء

رئيسية: غرفة التسخين والحرق، ووحدة الضبط الالكتروني 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 من السيراميك لتقسيمها إلى عدة أجزاء.

التشغيل والصيانة

- يجب عند اختيار أماكن الأفران وتشغيلها واستخدامها مراعاة 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 الأكالة.
 - يترك مكان كافى حول الفرن بحيث لا يقل عن ١٥ سم من جميع الجهات.
 - لا يوضع بداخله أو تخزن فوقه مواد قابلة للاشتعال أو يمكن أن تتولد عنها أبخرة قابلة للاشتعال.
 - تترك مسافة مناسبة داخل الفرن بين ما هو موضوع على الأرفف للسماح بمرور الهواء الساخن.
 - لا يوضع بداخله مواد قابلة للاحتراق مثل الخشب والورق والكرتون.
 - لا تزيد درجة الحرارة داخله عن الحد الأقصى المسموح به.
 - لا تلمس جدران الفرن من الداخل وهو ساخن.
 - لا يستنشق هواء الفرن الساخن.
 - يجب توافر أدوات الأمان عند الاستخدام 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 الاستخدام.
- التأكد من سلامة الأسلاك وعدم تأكلها وتوصيلها بالأرضى.



(ب)



(أ)

شكل رقم (٣-١)
فرن التجفيف (أ) وفرن الحرق (ب)

وعاء من الصلب الذى لا يصدأ محكم الغلق يستخدم فى تعقيم المعدات والأدوات والبيئات (الأوساط) وذلك بتعريضها لبخار الماء تحت ضغط مرتفع (3 psi) ودرجة حرارة مرتفعة (121°م) لمدة 15 - 20 دقيقة. وهو يشبه الفرن ويعمل مثل أوانى الطهى 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:

٢- الأوتوكلاف Autoclaves

(Geobacillus Stearothermophilus)، فإن كان الأوتوكلاف لا يعمل جيدا فإن منبتات (Spores) البكتيريا سوف تنمو ويؤدى نواتج أيضا إلى تغيير لون مادة حساسة للرقم الأيدروجينى. أما الأدلة الفيزيائية فهي سبائك معدنية من نوع خاص تتصهر عند درجة الحرارة المطلوبة لتدل على درجة حرارة الأوتوكلاف الداخلية اثناء عملية التعقيم.

إجراءات التشغيل والصيانة

يجب مراعاة الإجراءات التالية:

- يحفظ الأوتوكلاف فى مكان بعيدا عن المياه جيد التهوية لإزالة الحرارة والرطوبة المتولدة.
- يوضع الأوتوكلاف فى مكان فسيح وتترك مسافة كافية حوله (٨، ٠ متر من كل جانب).
- تستخدم نوعية مياه عالية الجودة (عسر لا يزيد عن ٠،٠٢ ميللى مول/ لتر - التوصيل الكهربى ٣ ميكروسيمنز/ سم - رقم ايدروجينى 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 الساخن يعتبر وسط ردىء للتعقيم.
- ينظف بعد الاستخدام بمحاليل خالية من الكلور وتزال الرواسب ويغسل ويجفف.
- الفحص الدورى لمكونات وأجزاء الجهاز.
- التأكد من أن نظام الصرف يتحمل الماء الساخن من صرف الجهاز.



شكل رقم (٣ - ٢)
الأوتوكلاف

٣ - الحضانات Incubators

الحضانة هي وحدة معملية على هيئة صندوق معدنى متنوع الحجم مصنوع من الصلب 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. وتصنع بعض الحضانات بحيث تسمح بإدخال غاز ثانى أكسيد الكربون أو الأكسجين داخلها فى التجارب التى تتطلب وجود مثل هذين الغازين. والحضانة مزودة بوحدة تسخين يمكنها توفير درجات حرارة من ٢٠ - ١٠٠°م بدقة $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ وقد تزود بعض الحضانات بوحدة تبريد للحصول على درجات حرارة منخفضة. وتشمل الحضانة أيضا ساعة ميفاتية ولوحة رقمية لبيان درجة الحرارة وقد تحتوى على برنامج خاص بالتحكم فى درجة الحرارة.



شكل رقم (٣-٣)
حضانة معملية

- التشغيل والصيانة
- يوضع الجهاز في مكان مناسب غير ضيق لا يتعرض لتغيرات حرارية.
- لا توضع بالقرب منه مواد قابلة للإشتعال.
- يترك فراغ كافى حول الحضانة (١٠ سم على الأقل) للسماح بمرور الهواء.
- تراقب درجة الحرارة داخل الحضانة يوميا للتأكد من ثباتها.
- لا يجب البقاء فترات طويلة أمام الحضانة وهي مفتوحة.
- تتم معايرة مقاييس درجة الحرارة للتأكد من ثباتها وتجانسها.
- تستخدم أدوات الوقاية الشخصية عند الإستخدام.
- تنظف الحضانة من وقت لآخر بالماء ومطهر منظف صناعي.
- يجب تجنب أى انسكابات داخل الحضانة وتنظف فور حدوثها.

٤ - الموازين

Analytical
Balances

هى أجهزة لقياس وزن (كتلة) المواد الكيميائية بالمعمل وهى انواع مختلفة أكثرها شيوعا الميزان علوي التحميل (Top Loading Balance) والميزان الإلكتروني (Electronic Balance) وتتنوع الأنواع حسب القدرة على مستويات مختلفة من الأوزان.



شكل رقم (٣-٣)

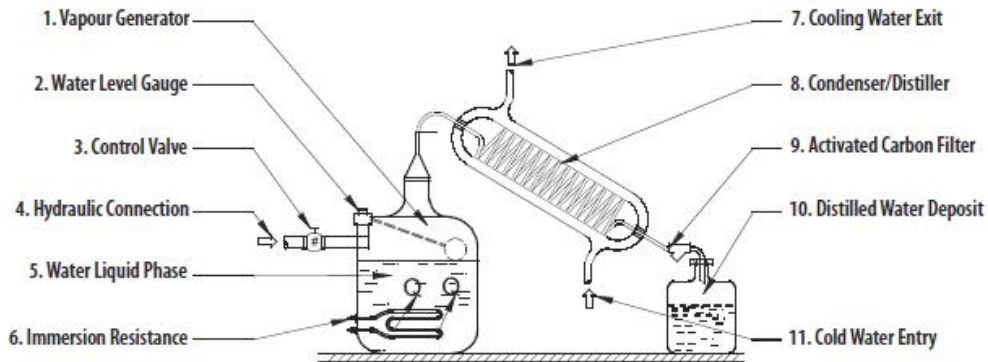
الميزان الإلكتروني والميزان علوي التحميل

- 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.
- عدم وضع الميزان قريباً من أجهزة يصدر عنها مجال مغناطيسى عالى أو اهتزازات كأجهزة الطرد المركزى والموتورات والمولدات الكهربائية.
- ينظف الميزان من الداخل وكفة الميزان بفرشاة ناعمة الشعر وبقطعة قماش نظيفة مبللة بالماء أو مبللة بمحلول منظف صناعى مخفف.
- عند الإنسكابات على كفة الميزان تنظف فوراً بقطعة من القماش مبللة بمحلول ٧٠% كحول إيثيلى منعاً للتآكل أو التلوث.

- تستخدم عبوات نظيفة سابقة الوزن 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 جزء فى المليون والرقم الأيروجينى من ٥,٤ - ٧,٢ والمقاومة الكهربائية عن ٣٠٠,٠٠٠ 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 (٣ - ٤)

شكل تخطيطى لجهاز تقطير المياه

ومن عيوب طريقة التقطير أنها عملية بطيئة وتحتاج إلى طاقة للتسخين وتؤدي إلى فقد كميات مياه كبيرة للتبريد وتطاير أنواع كثيرة من المواد العضوية مع الماء المقطر وكذلك احتمالية التلوث البكتيريولوجي أثناء التخزين وضرورة التنظيف المستمر لخزان التقطير.

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

ومعظم هذه الأجهزة تحتوي على ٤ وحدات:

- وحدة مبادل أيوني للتخلص من الأيونات غير العضوية.
- وحدة غشاء للتناضح العكسي.
- وحدة كربون نشط للتخلص من المواد العضوية.
- وحدة لإزالة البكتيريا.

وتصنف أنواع المياه النقية المعملية إلى عدة أنواع طبقا للاستخدام وهي أنواع ١، ٢، ٣ كما هو مبين في الجدول رقم (٣-١)

جدول رقم (٣-١)

أنواع المياه المعملية النقية

نوع المياه	إندوتوكسين (EU/ml)	بكتيريا (CFU/ml)	كربون عضوي كلى (ppb)	مقاومة كهربية (MW-cm)	توصيل كهربى ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$)	استخدام
Type 1+	<0.03	<1	<5	18.2	0.1	GF-AAS, ICP-MS
Type 1	<0.03	<10	<10	>18	0.1	HPLC, GC, AAS
Type 2+	NA	<10	<50	>10	1	General Lab reagents
Type 2	NA	<100	<50	>1	1	Electro-analysis media-preparation
Type 3	NA	<1000	<200	>0.05	5	Washing machine, autoclaves,



(ب)



(أ)

شكل رقم (٣-٥)

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

- التشغيل والصيانة
- يوضع جهاز تقطير المياه بالقرب من مصدر مياه مستمر ومصدر كهرباء قريب.
- عند واثاء التشغيل يراعى استمرار سريان الماء الى خزان التبخير والمكثف.
- يراقب تكوين الأملاح على ملف التسخين.
- من وقت لآخر ينظف الجهاز بتقريغه وينظف ملف التسخين وخزان التبخير بمحلول مخفف (٢٠٠ جزء في المليون) من الكلور لمدة ٣ ساعات ثم يغسل بماء الصنبور.
- ينظف المكثف ويتم تغيير المرشح الكربوني كل فترة زمنية تعتمد على نوعية المياه المستخدمة.
- اجهزة تنقية المياه يجب مراقبة نوعية المياه الناتجة عنها بقياس ومتابعة التوصيل الكهربى لها.
- تغيير وحدات التنقية كلما لزم الأمر.

٦ - الميكروسكوبات Microscope

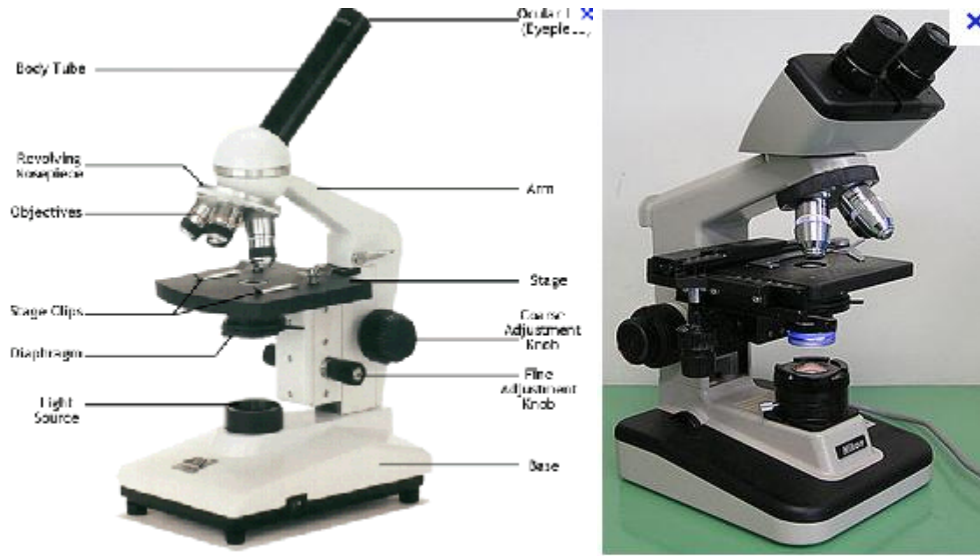
هى أجهزة عالية الدقة تستخدم كوسيلة للتشخيص والفحص البيولوجى فى معامل تحليل المياه. وهى تحتوى على:

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

وتتنوع الميكروسكوبات لتشمل:

- ميكروسكوب ضوئى نقي المجال.
- ميكروسكوب ضوئى معتم المجال.
- ميكروسكوب ضوئى وميضى.
- ميكروسكوب تباين الرؤية.
- ميكروسكوب تداخل ضوئى.
- ميكروسكوب استقطاب ضوئى.
- ميكروسكوب انعكاس ضوئى.
- ميكروسكوب ضوئى لتجسيم الأشياء.

وجميع هذه الميكروسكوبات تعتمد على تكبير الأشياء بواسطة استخدام عدستين: عدسة عينية وعدسة شبيئية، وهذه الأنواع منها ما يتطلب مصدر لضبط كثافة الضوء مثل المرآة ومنها ما يتطلب غرفة مظلمة.



شكل رقم (٣ - ٦)
الميكروسكوب

- التشغيل والصيانة
- يجب أن يوضع الميكروسكوب في مكان نظيف مكيف بعيداً عن الأتربة والرطوبة.
- يجب ان يوضع الميكروسكوب في وضع مستوى على طاولة صلبة بعيداً عن مصادر الماء والإهتزازات والكيمائيات وفي حالة عدم الإستخدام يغطى بغطاء بلاستيكي.
- التأكد من حماية العدسات من الأتربة والخدوش.
- لا ينظف النظام الضوئي بالمذيبات العضوية.
- لا تلمس العدسات ولا تنظف بورق عادي وتستخدم فرشاة أو قطعة قماش ناعمة.
- يستخدم الماء والكحول الإيثيلي في تنظيف جسم الميكروسكوب.

٧ - أجهزة هضم العينات Sample Digestion Equipment

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

الهضم بالأشعة فوق الصوتية (Ultrasonic Digestion):

تستخدم الأشعة فوق الصوتية بترددات عالية من (20-100 KHz) حيث تحدث ضغطاً موجباً وآخر سالباً بالتناوب عندما تمر فى المادة، مما يتولد عنه موجات احتكاكية نتيجة تكون فقاعات فراغية صغيرة جداً تسرى فى المحلول وينشأ عن ذلك تولد ضغوط عالية (٥٠٠-١٠٠٠ ضغط جوى) وحرارة موضعية مرتفعة (تصل ٥٠٠٠K) تعمل على تكسير وإذابة المادة المراد تحليلها.

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 يؤدي 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.



(ب)



(أ)

شكل رقم (٣-٧)

أجهزة هضم العينات باستخدام الميكروويف (أ) والأشعة فوق صوتية (ب)

الهضم بالأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Digestion):

تعتمد الطريقة على استخدام الأشعة فوق البنفسجية (طول موجي 220-275 nm) الصادرة من لمبة الزئبق مع العينات المضاف لها فوق أكسيد الهيدروجين حيث ينتج شق الهيدروكسيل ($\text{OH}^\cdot$) النشط الذي يتفاعل مع المركبات العضوية المصاحبة للعناصر الفلزية ويفككها (Photolysis) وتستخدم درجات حرارة لا تزيد عن 120°C للتسخين وتساعد الحرارة الصادرة من لمبة الزئبق على سرعة التحلل.

الهضم باستخدام الأحماض والقلويات Acid/Base Digestion:

يجرى هذا الهضم مع أحماض أو قلويات قوية في أوعية مفتوحة على أقراص تسخين في خزانة غازات للتخلص من الأبخرة وعادة ما يكرر التسخين وإضافة الحمض كلما تطاير ويفضل الآن إتباع الأنظمة المغلقة باستخدام أوعية مصنوعة من التيفلون سميك الجدران يحكم غلقها وتسخن إلى درجات حرارة تصل إلى 250°C كحد أقصى فتعمل هذه الحرارة مع الضغط الداخلي على تفكك العينات وهضمها.



(ب)



(أ)

شكل رقم (٣-٨)

أجهزة هضم العينات باستخدام الحامض أو القلوي في أوعية مغلقة (أ) والأشعة فوق البنفسجية (ب)

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

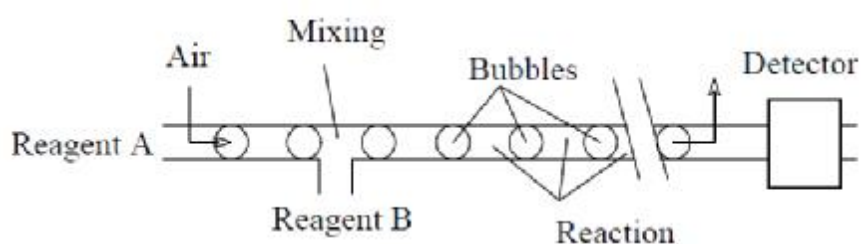
- التشغيل والصيانة
- تتبع التعليمات الواردة مع الأجهزة من المصنع بدقة فيما يتعلق بالتركيب والتشغيل والصيانة.
- ضرورة متابعة نظافة وحدات مصادر الطاقة والتأكد من صلاحيتها.
- التأكد من نقاء كواشف الهضم من أحماض وقلويات.
- عدم فتح الأجهزة أثناء التشغيل وقبل إتمام دورة الهضم.
- ارتداء الملابس الواقية.

٨ - جهاز الحقن في تيار مستمر (متدفق) Flow Injection System

الحقن في تيار مستمر تقنية لأداء التحاليل بحقن العينات في تيار متدفق من محلول حامل يضاف إليه الكواشف فتحدث تفاعلات تقاس نواتجها بالطرق الآلية المختلفة (طيفي لوني - وميض - كهروكيميائي).

وهذه التقنية تسمح بقياس الكثير من العينات (مئات) في فترة زمنية صغيرة وكمية كواشف قليلة. وتختلف هذه الطريقة عن التحليل المستمر في تيار

هواء مجزأ: (Air Segmented Continuous Flow Analysis) حيث يدفع تيار هواء مع محلول السريان وبعد خلط العينة مع الكاشف وحدث التفاعل يتم التخلص من فقاعات الهواء ويقاس ناتج بالطرق القياسية (شكل رقم ٣-٩).

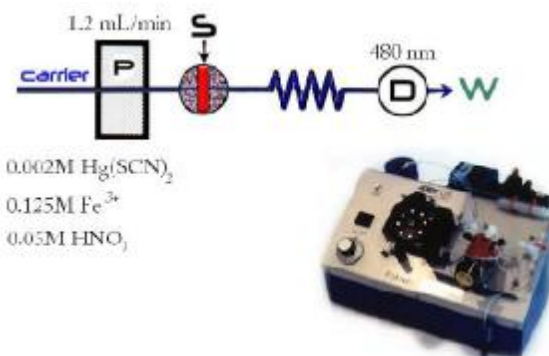
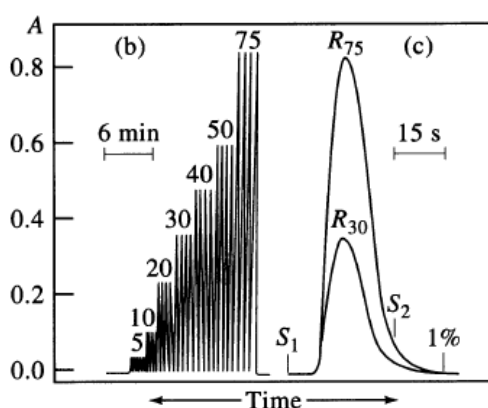


شكل رقم (٣-٩)

التحليل المستمر في تيار هواء مجزأ

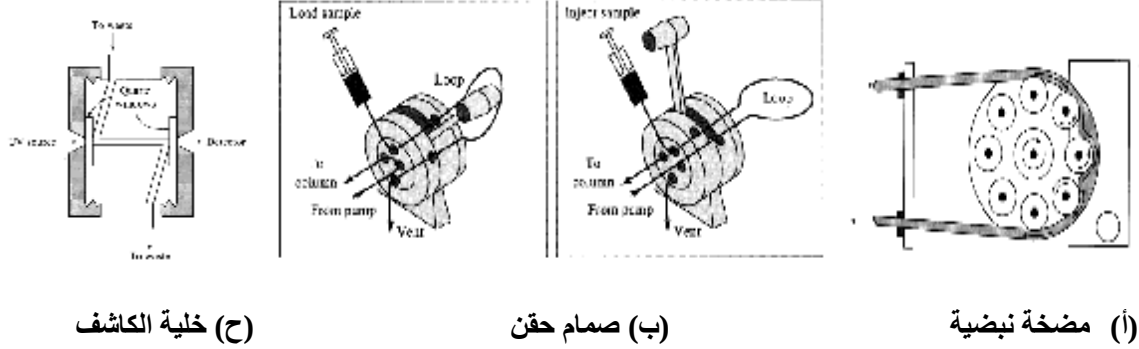
أما تقنية الحقن في تيار مستمر (Flow Injection) فيتدفق المحلول الحامل بصورة مستمرة غير متقطعة ويلزم أجهزة مكونة أساساً من الأجزاء الآتية:

- طلمبة نبضية تعمل على دفع المحاليل (Peristaltic Pump).
- صمام حقن لإدخال العينة للجهاز بسعات مختلفة (Injection Valve).
- الكاشف (سبكتروفوتومتر - فلورومتر - أقطاب أيونية منتخبة) (Detector).



شكل رقم (٣-١٠)

جهاز الحقن في تيار مستمر والإشارات الصادرة عنه



(ح) خلية الكاشف

(ب) صمام حقن

(أ) مضخة نبضية

شكل (٣- ١١)

المكونات الرئيسية لجهاز الحقن في تيار مستمر

- التأكد من نظافة الخراطيم والوصلات وصمام الحقن والمضخة النبضية.
- استخدام محلول السريان المناسب.
- معايرة حجم العينات المستخدمة في الحقن من آن لآخر.
- معايرة المضخة النبضية للتأكد من سرعة تدفق المحلول الحامل.
- إختيار الكاشف المناسب والخلية المناسبة.
- وضع الجهاز في مكان بعيد عن الأتربة والتقلبات الجوية.
- تغطية الجهاز بغطاء بلاستيكي عندما لا يستخدم.

ثانياً: التقنيات المعملية

١ - ضبط وتنظيم درجة الحرارة

جهاز التنظيم الفائق لدرجة حرارة المياه Ultra Thermostat

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



شكل رقم (٣-١٢)
جهاز التنظيم الفائق لحرارة المياه

٢ - التجفيف (المجففات الزجاجية) Glass Desiccators

المجففات الزجاجية 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 الشمع المعمل أو مصنع بحيث لا يتطلب استخدام الشمع وبعض هذه المجففات أغطيتها مزودة بصنبور لإمكانية توصيلها بمضخة تفريغ. وهناك أيضا مجففات مصنوعة من مبلر البولى اكريليك الشفاف تستخدم لنفس الغرض. وتستخدم مواد مجففة مناسبة مثل جل السيليكا أو كلوريد الكوبلت اللامائي أو كلوريد الكالسيوم اللامائي أو الجير الحى.



شكل رقم (٣-١٣)
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 (Liquid - Liquid Extraction) ويستخدم لذلك عادة قمع فصل زجاجى شكل رقم (٣-١٤). 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 اوغير عضوي قادر على تكوين مركبات كارهة للماء مع العنصر المراد فصله فيساعد على استخلاصه فى المذيب العضوى كليا او انتقائيا.

وتستخدم أيضا طريقة الاستخلاص على وسط صلب (Solid Phase Extraction) حيث تستخدم أعمدة تحتوي مواد صلبة (صنف ثابت) لها قابلية عالية لإمتصاص المواد المراد فصلها بطريقة الادمصاص أو التبادل الأيوني. ثم يغسل عمود الفصل بمذيب غير قطبى أو ذو قطبية ضعيفة ثم بالماء أو محلول منظم ثم تمرر العينة فتحتجز 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 قطبي أو محلول منظم ذو رقم أيروجيني مناسب لاسترجاع المادة المطلوبة لإجراء التحاليل. وتتميز الطريقة بسهولتها وفعاليتها.



واعدة الفصل المستخدمة في الإستخلاص
(صلب/سائل)

قمع الفصل المستخدم في الإستخلاص
(سائل/سائل)

شكل رقم (٣ - ١٤)

قمع واعدة الفصل المستخدم في الإستخلاص

هى عملية فصل فيزيائى للمواد الصلبة من محاليل تحتوى على 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). 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

٤ - الترشيح Filtration

بأحجام مختلفة. وتستخدم فى التخلص من الرواسب وتقدير المواد الصلبة العالقة والبكتيريا فى الماء.



شكل رقم (٣-١٥)
الأدوات المستخدمة فى الترشيح

٥ - التقطير Distillation

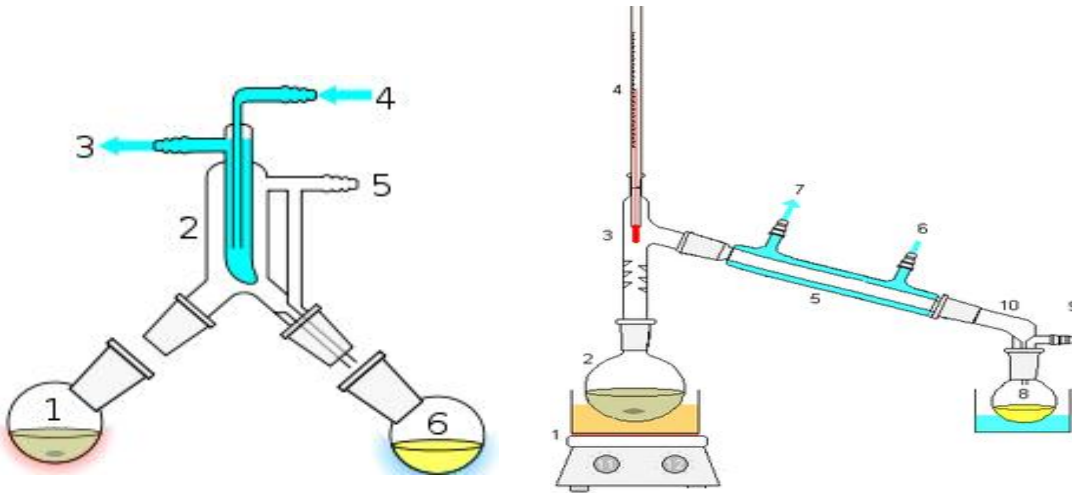
هى طريقة فيزيائية لفصل مواد سائلة من مخلوط سائل اعتمادا على تطايرها بالتسخين. وهى أنواع مختلفة مثل:

- التقطير تحت الضغط الجوي العادى.
- التقطير باستخدام الممر القصير.
- التقطير باستخدام التفريغ (تحت ضغط منخفض).
- التقطير التجزيئى.
- التقطير البخارى.
- التقطير الغشائى.

ويتطلب ذلك: استخدام وعاء تسخين ومكثف للأبخرة ومصدر تسخين وإناء 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 غليانها أكبر من ٢٥°م. وتصلح طريقة التقطير باستخدام الممر القصير لنفس الغرض ولكن لكميات صغيرة من المادة. أما طريقة التقطير باستخدام التفريغ (تحت ضغط منخفض) فتستخدم لفصل مركبات تتكسر عند درجة غليانها تحت الضغط الجوى المعتاد ويؤدى استخدام التفريغ إلى خفض درجة الغليان إلى حد كبير مما يؤدى إلى تمام عملية الفصل دون تكسر المادة المراد فصلها.

وتستخدم طريقة التقطير التجزئى 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 بامرار بخار الماء خلال المخلوط المسخن حيث تتطاير المادة المراد فصلها مع البخار فتبرد وتجمع. والأجهزة المستخدمة جميعها يمكن ان تكون بأحجام مختلفة وفقا لكمية المخلوط المطلوب تقطيره.

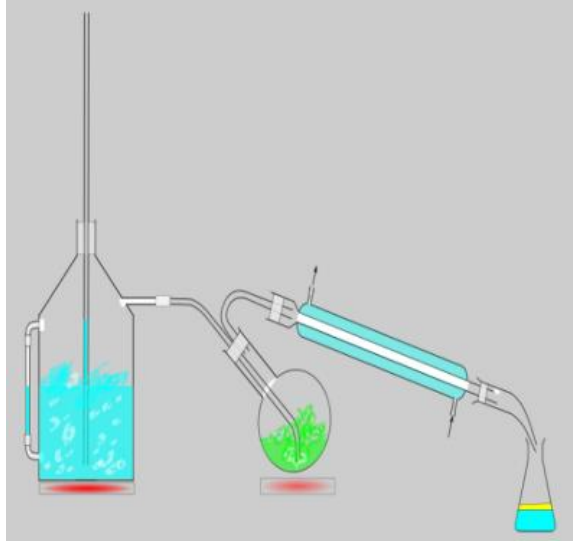


أجهزة التقطير تحت الضغط الجوى العادى
باستخدام الممر القصير

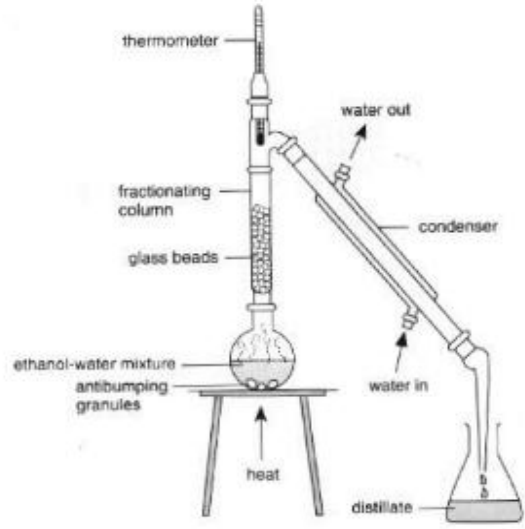
أجهزة التقطير تحت الضغط الجوى العادى
باستخدام المكثف

شكل رقم (٣-١٦)

أجهزة التقطير تحت الضغط الجوى العادى باستخدام المكثف وباستخدام الممر القصير

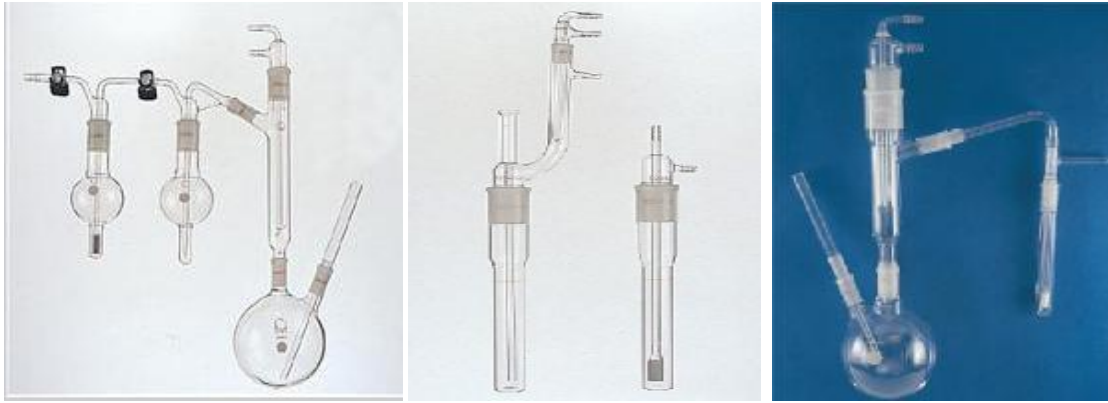


(ب)



(i)

شكل رقم (٣-١٧)
أجهزة التقطير (أ) التجزيئي (ب) البخاري



شكل رقم (٣-١٨)
أجهزة التقطير المستخدمة في التقدير الميكروني لبعض الملوثات مثل السيانيد والأمونيا

الفصل الرابع

تقنيات جمع عينات المياه للتحاليل

الفصل الرابع

تقنيات جمع عينات المياه للتحاليل

أهداف التدريب (التعلم):

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

- يحدد الشروط التى يجب أن تتوفر فى موقع أخذ العينات بشكل عام ومن الشبكة بشكل خاص.
- يذكر الإجراءات والمعايير التى يجب أن تتوفر فى خطة مراقبة وتأکید 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 أخذ العينات

إن أخذ عينة من مجرى مائي أو خزان تختلط فيه المياه خلطاً جيداً يعتبر أمراً يسيراً، ولكن كثير من المصادر لا تكون مياهها متجانسة أو جيدة الخلط، وبذلك فإن الحصول على عينة ممثلة متجانسة يعتمد على طريقة أخذ العينة.

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

يجب اختيار موقع يمثل تماماً الوضع والظروف الحقيقية ويسمى (النقطة الممثلة)، ويعتمد اختيار هذا الموقع على عدة أمور:

١. تجانس العينة حيث تؤخذ من المواقع التي تختلط فيها المياه، ثم تمزج بطريقة متجانسة.
٢. عند أخذ عينات صرف صناعي مثلاً من مواقع غير متجانسة فإن مستويات الملوثات تتفاوت ولا تمثل الحقيقة فتفاوت الكثافات للمكونات يؤدي إلى طفو بعض المكونات (زيوت مثلاً)، وإلى ترسب المواد العالقة. كما أن التفاعلات الكيميائية والبيولوجية الناشئة عن وجود الطحالب على سطح المياه تسبب تغيراً ملحوظاً في مستوى الأس الأيدروجيني في هذه العينة.
٣. اختيار مواقع مناسبة من حيث إمكانية قياس سرعة تدفق المياه وسهولة الوصول إليها.

اختيار مواقع جمع العينات من الشبكات

لاختيار العينات أو جمعها فإنه يجب توافر الاشتراطات التالية في موقع جمع العينة:

١. تكون موزعة بانتظام على كل الشبكة.
٢. تمثل نوعيات المياه المختلفة التي تدخل الشبكة ومصادرهما.

٣. تسمح أماكنها بالحصول على العينات الممثلة.
٤. تمثل كل منطقة بها ضغط في استهلاك المياه.
٥. تتناسب مع الكثافة السكانية التي يخدمها كل مصدر للمياه.
٦. يسهل تحديد مصدر المياه التي تصلها في وقت أخذ العينات.

ويمكن جمع العينات للفحص البكتيريولوجي من الأماكن العامة كأقسام الشرطة والمطافى والمدارس ومحطات القطار والمطارات والمنشآت التجارية وأماكن السكن والمواقع المشيدة على الشبكات.

بالإضافة للنتائج العملية، 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:

خطة مراقبة وتأكد الجودة في جمع العينات

- 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. إتباع طرق قياسية موثوق في مصداقيتها ونتائجها.

ب. منع تلوث العينات

نظراً لأن النتائج التي يحصل عليها تعتمد أساساً علي العينات التي تصل إلي المعمل فإن هناك إجراءات يجب إتباعها، والتفقد بها حتى يمكن التأكد من أن العينات المرسله للتحليل ممثلة تماماً للواقع ولم تتعرض لأي تلوث أثناء

أخذها أو لأي تحليل نتيجة لتخزينها. ونظرا لأن مصادر التلوث متعددة فنذكر فيما يلي بعض الاحتياطات الواجب إتباعها.

١. القياسات الحقلية مثل قياس الأس الأيدروجيني، ودرجة الحرارة، وتركيز الكبريتيد يجب إجراؤها علي جزء منفصل من العينة، يتم التخلص منه بعد إجراء القياس مباشرة.
٢. العبوات المستخدمة لتجميع العينات يجب أن تكون جديدة لم تستخدم من قبل، وتكون قد أجريت عليها عملية التنظيف اللازمة مثل الغسيل بالحمض - التنظيف بالمذيبات - التنظيف بالبخار حسب نوع 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 من النقاوة.
٧. للتقليل من فرص الخطأ الناشئ من إضافة مادة حافظة بطريق الخطأ يجب حفظ المواد الحافظة التي تستخدم مع العبوات المخصصة للتحليل المخصص له هذه المواد.
٨. أغشية العبوات المستخدمة لتجميع العينات المطلوب تحليل مواد عضوية بها تغلف برقائق ألمنيوم أو شرائط تيفلون.
٩. عدم لمس السطوح الداخلية للعبوات وأغشيتها باليد بعد الغسيل.
١٠. حفظ العبوات في مكان نظيف خال من الأتربة، والأبخرة والميكروبات والتأكد من النظافة التامة للسيارة المستخدمة في نقل العينات.
١١. تجنب أبخرة الجازولين ونواتج احتراقه، وأدخنة السجائر عند تجميع ونقل العينات للتحليل.

١٢. حفظ كل الأجهزة، والمعدات المستخدمة في تجميع العينات نظيفة مغلفة برقائق ألمنيوم سبق غسلها.
١٣. العبوات المعقمة لجمع العينات للتحليل البيولوجي يجب أن تحفظ طول الوقت معقمة وحتى الاستخدام.
١٤. تجنب تعرض الأدوات والمعدات المعدنية للأحماض وأبخرتها.
١٥. عدم تعريض عبوات العينات المجمعة لأشعة الشمس، وحفظها في درجة حرارة منخفضة.
١٦. سرعة إرسال العينات إلي المعمل خلال فترة زمنية لا تتجاوز ثلاث ساعات.

ج. إجراءات حقلية لضبط الجودة

١. قبل إجراء عملية جمع العينات تختار عبوة من بين كل ١٠ عبوات وتملأ بالماء المقطر، وتضاف إليها المادة الحافظة بنفس الطريقة التي بها العينات، وترسل للتحليل علي إنها عينة غفل (Blank) لمراقبة مصدر أي تلوث أو تغير خارجي.
٢. تغسل الأدوات المستخدمة في تجميع العينات بطريقة دورية، ويحلل الغسيل للتأكد من عدم مساهمة أدوات التجميع في إدخال 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) إلي 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 تركيزاً يعادل ما هو موجود في العينة وحدها مضافاً إليه ما أضيف من الكمية القياسية.

د. تجهيز العبوات

تكون العبوات (الأوعية) التي توضع فيها العينات مصنوعة إما من الزجاج المتعادل المقاوم للكيميائيات ولها فوهة مصنفرة، وغطاء مصنفر محكم الغلق، أو من البولي إيثيلين، ويكون محكم الغلق أيضاً، وذلك حسب نوع التحليل المطلوب. ويجب أن يكون الوعاء سهل التنظيف، وذا فوهة واسعة، وأن يسع الحجم المطلوب من العينة.

وتتبع الخطوات التالية عامة في غسل العبوات، وأغطيها المستخدمة في تجميع العينات لإجراء التحاليل الكيميائية والميكروبيولوجية.

١. غسل العبوات، وأغطيها بمنظف صناعي لا يحتوي على فوسفات وباستخدام فرشاة نظيفة.
٢. غسل العبوات الزجاجية بحمض الكروميك.
٣. غسل العبوات بالماء العادي، ثم المقطر، ثم التنظيف بالبخار حسب نوع التحليل المطلوب إجراءه.
٤. قلب العبوات لتصفية الماء وتجفيفها.
٥. تعقيم العبوات المستخدمة في تجميع عينات للفحص الميكروبيولوجي، وذلك بحفظها في أوتوكلاف لمدة ٢٤ ساعة.

وفي بعض الأحوال تعالج العبوات معالجة خاصة مثل:

١. العبوات المستخدمة في تجميع عينات لتحليل محتواها من العناصر المعدنية، يجب غسلها بحمض النيتريك (جزء حمض + ٤ أجزاء ماء) ثم غسلها بالماء المقطر.
٢. العبوات المستخدمة لتجميع عينات لتحليل محتواها من المركبات العضوية، يجب غسلها بالأسيتون ثم إمرار البخار بها ثم تجفيفها.

طريقة سحب العينات تسحب العينة من موقع مناسب بحيث تكون ممثلة لطبيعة المياه على قدر المستطاع، ومن مكان مناسب (مثلاً في 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 اتجاه تيار الماء. ولا تسحب العينة من السطح ولا من القاع. وبعد الانتهاء من ملء الوعاء، يجب إحكام غلقه، ثم تغليف الفوهة بالشاش.

حفظ العينات

يتم تحليل العينة عقب سحبها مباشرة حيث لا توجد طريقة قياسية واحدة للحفظ، وإذا تعذر إجراء الاختبارات اللازمة بعد أخذها مباشرة فيجب حفظها عند درجة حرارة ٤°م، وذلك بوضعها في صندوق ثلاجة عند نفس الدرجة لمدة لا تزيد عن ٢٤ ساعة، بحيث تبقى درجة الحرارة أقل من ٤°م إلى نهاية مدة التجميع، ووصولها إلى المعمل للتحليل. ولا تستخدم نفس العينة للتحليل الكيميائي، والتحليل البكتريولوجي لأن طرق الحفظ تختلف.

حجم العينات

لا يقل العينة المأخوذة للتحليل عن ٢ لتر، ولبعض الاختبارات تسحب عينات أكبر حجماً، كما سيرد فيما بعد عند تناول اشتراطات عينات التحليل الكيميائي.

أنواع العينات

١. العينة المفردة الخطافية (Grab):

تسحب العينة المفردة مرة واحدة في 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 ومحتواة لا يتغير كثيراً مع الوقت، وكذلك عندما يتطلب الأمر إجراء بعض الاختبارات مثل قياس الأكسجين المذاب - القلونيات - الكلور المتبقى - درجة الحرارة - الأس الهيدروجيني، وكلها تتغير تغيراً كبيراً إذا تركت العينة قبل إجراء 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 أوتوماتيكي لتجميع العينة إذا تيسر وجوده. ويستخدم لسحب هذه العينات وعاء ذو فوهة واسعة لا يقل قطرة عن ٣٥ مم ولا يقل حجم الوعاء عن ١٢٠ مليلتر ومنه إلى وعاء تجميع العينة. ويجب مراعاة حفظ العينات الجزئية المجمعة أولاً بأول، وعند تمام تجميع العينات تخلط وتمزج جيداً.

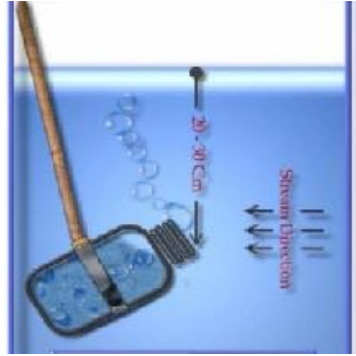
١. جمع عينات المياه السطحية

يتم جمع عينات المياه السطحية من الأنهار بإحدى طريقتين:

تقنيات جمع

عينات المياه

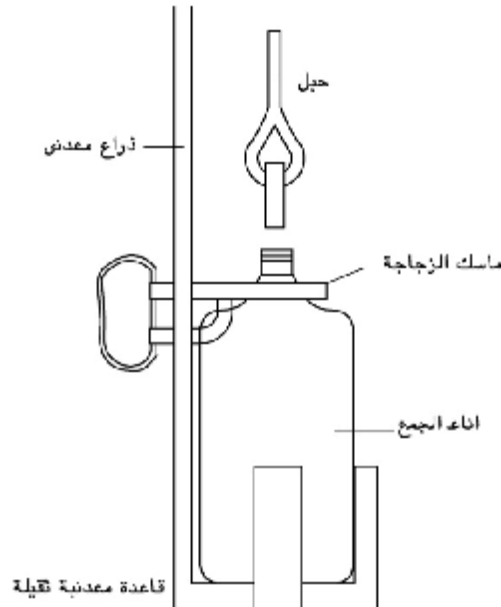
الطريقة الأولى يدوية حيث يمسك بالإناء الزجاجى من قاعدته وتغمر فوهته فى الماء لاستبعاد دخول مواد طافية كأوراق الشجر. ويراعى أن تكون فوهة الإناء فى اتجاه مضاد لتيار الماء (شكل رقم ٤-١) وفى حالة المياه الراكدة يتم تحريك وتقليب المياه بتحريك إناء التجميع أفقياً فى الماء ثم تجمع العينة ويتم إحكام غلق الإناء وتجفيفه من الخارج ثم وضع بطاقة البيانات الخاصة بالعينة.



شكل رقم (٤ - ١)

الطريقة اليدوية لجمع عينات المياه السطحية

وفي الطريقة الثانية يثبت إناء الجمع على قاعدة معدنية ذات ذراع طويل وتغطي فوهة الإناء بسدادة متصلة بحبل من النايلون الذي لا يتشرب الماء ولا يتعطن. ثم يتم توجيه فوهة الإناء ناحية التيار ويغمر الإناء أسفل سطح الماء ثم يتم جذب الحبل بسرعة ليسمح للماء بالدخول وملء الإناء (شكل رقم ٤ - ٢).

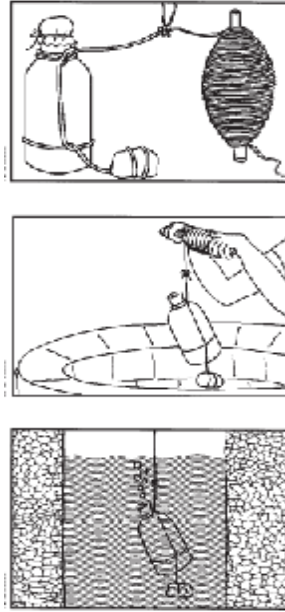


شكل رقم (٤ - ٢)

الطريقة الآلية لجمع عينات المياه السطحية

٢. جمع عينات مياه الأعماق

يتم أحياناً جمع عينات مياه من أعماق مختلفة على أبعاد محددة من المجارى المائية أو البحيرات أو الأحواض والخزانات، لذا وجب تحديد العمق الذى يتم عنده التجميع وذلك باستخدام يد معدنية طويلة أو حبل نايلون مدرج بعلامات وينزل الوعاء إلى العمق المطلوب وتجمع العينة ويغلق الوعاء ويسحب إلى السطح شكل رقم (٤-٣).

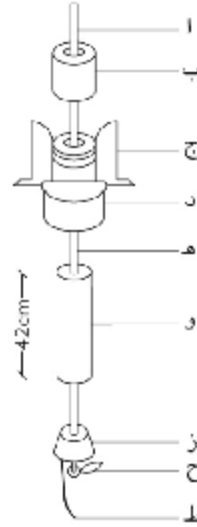


شكل رقم (٤-٣)

طريقة جمع مياه الآبار

ويستخدم أحياناً جهاز كيمرر (Kemmerer) لهذا الغرض وهو مكون من اسطوانة بغطاء مطاطى من الجهتين وعند إنزاله إلى العمق المطلوب وهو فى الوضع المفتوح تدخل المياه لتملأ الاسطوانة وتحجز هذه العينة بإغلاق جهتيه بواسطة ثقل يتم إنزاله عن طريق الحبل شكل رقم (٤-٤).

- أ - حبل نايلون.
- ب - أداة إرسال.
- ج - طاقم إمساك لفتح الجهاز.
- د - صمام مطاط علوى.
- هـ - ذراع توصيل بين الصمامات.
- و - جسم اسطوانى لتجميع العينة.
- ز - صمام مطاط سفلى.
- ح - عقدة فى أسفل حبل التعليق.
- ط - أنبوب مطاطي ملحق بصمام عدم الرجوع.



شكل رقم (٤ - ٤)

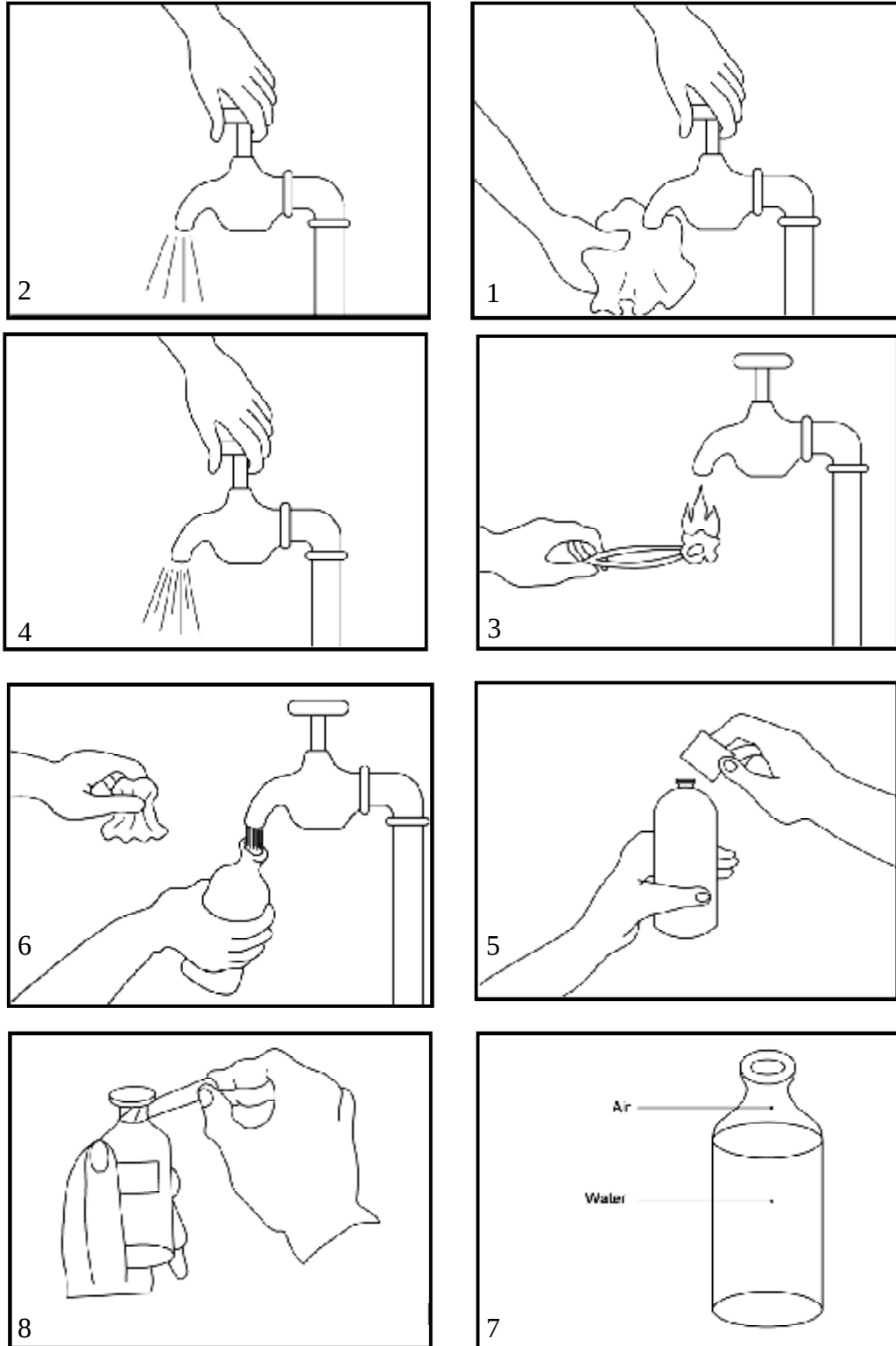
جهاز كيمرر لجمع العينات من الأعماق

٣. جمع عينات المياه المرشحة (من صنبور)

- يراعى عند جمع عينات المياه المكلورة بغرض الفحص الميكروبيولوجى أن تحتوى زجاجات الجمع على مزيل الكلور.
- يختار مصدر لمياه باردة (صنبور) يمثل المصدر الرئيسي للمياه متصل مباشرة بأنابيب التوزيع وليس بخزان.
- لا يستخدم مصدر مياه ساخن أو صنبور يتسرب الماء من حوله.
- يزال أى جهاز يعوق سريان الماء إلى الصنبور مثل الخرطوم - الشبك - المرشحات.
- يفتح الصنبور على أقصى اندفاع مياه لمدة ١ - ٢ دقيقة.
- 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.
- يفتح الصنبور لمدة ١ - ٢ دقيقة باندفاع متوسط ويحافظ على معدل اندفاع الماء.
- تفتح العبوة المعقمة وينزع غطاء العبوة.

- يمسك بغطاء العبوة بحيث يكون متجهاً لأسفل لمنع دخول أتربة وتثبت العبوة تحت تيار الماء وتملئ عبوة ١٠٠ سم^٣ مع عدم تناثر المياه أثناء التعبئة مع مراعاة ترك مسافة فارغة ٢,٥ سم فوق المحلول في حالة الجمع بغرض الفحص الميكروبيولوجي ليسهل عملية الرج.
- تغطي العبوة بالسدادة جيداً وتلف بورق حماية مثبت بحلقة مطاطية.
- تلتصق على العبوة بطاقة بيانات تكتب 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 الاختبارات الحقلية (الكلور المتبقى - درجة الحرارة - الأكسجين المذاب - الرقم الأيروجيني). ويجب مراعاة إبقاء وعاء التجميع مغلقاً لحين ملئه.
- تحفظ العينة عند درجة حرارة ١ - ٥°م في ثلاجة بعيداً عن ضوء الشمس المباشر وترسل للمعامل .
- يتم الفحص الميكروبيولوجي فور جمع العينة. وإذا لم يمكن تحليلها في ظرف ساعة وجب حفظها باردة في مبرد حتى وصولها للمعمل في غضون ٦ ساعات على الأكثر، على أن تكون درجة حرارتها أقل من ١٠°م. ولا يوصى بتحليل عينة بكتريولوجيا بعد ٢٤ ساعة من تجميعها.

ويبين الشكل رقم (٤-٥) خطوات جمع عينات المياه المرشحة من الصنبور.



شكل رقم (٤ - ٥)

خطوات جمع عينات من مياه مرشحة بالصنبور

٤. جمع عينات المياه الجوفية

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 وكيل وزارة الصحة الوقائية. ويتبع ما يأتى 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.

جمع عينات

مياه الخزانات

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

بطاقات تمييز

العينات

عند تجميع عينات مياه الشرب يجب لصق بطاقة على كل عينة تحتوى على المعلومات الخاصة بالعينة.

احتياطات السلامة الصحية عند جمع العينات:

١. تجنب ملامسة العينة للجلد أو وصول أبخرة منها إلى الرئة.
٢. تجنب تلوث الأطعمة وحظر تواجدنا 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 العينات التى تحتوى على مركبات عضوية متطايرة قابلة للاشتعال.

تكرارية جمع العينات

يجب وضع خطة لتكرارية جمع العينات تأخذ في 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 في 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 (٤ - ١) يبين تكرارية جمع العينات والهدف من جمعها.

جدول رقم (٤ - ١)

تكرارية جمع عينات مياه الشرب للاختبار المعملی

الغرض	الاختبار	أدنى تكرارية للجمع
مراقبة العمليات	اختبار العكارة التحليل الكيميائي الاختبارات الطبيعية الاختبارات البيولوجية	كل ساعتين وكل مالزم الأمر يومي وأسبوعي وكل مالزم الأمر يوميًا يوميًا
التحكم في العمليات	اختبار الترويق (الكأس) تحديد تركيز محلول الشبة تعيين تركيز الكلور المتبقى	أسبوعياً وكل مالزم الأمر كل ورديّة وكل مالزم الأمر كل ساعتين وكل مالزم الأمر
المراقبة والتحكم في العمليات	تحليل بكتيريولوجي	يوميًا

بالرغم من أن تكرارية وعدد العينات المطلوب جمعها من شبكة توزيع المياه تحكمهما لوائح وزارة الصحة وتوصياتها، إلا أنه يمكن الأخذ في الاعتبار عدد السكان وعلاقته بعدد العينات التي يتم تجميعها للفحص الشامل. ويبين الجدول رقم (٤ - ٢) هذه العلاقة.

جدول رقم (٤-٢)

متطلبات جمع العينات بناءً على الكثافة السكانية*

أقل عدد للعينات في الشهر	الكثافة السكانية المخدمة
١	٢٥ - ١٠٠٠
٢	١٠٠١ - ٢٥٠٠
٣	٢٥٠١ - ٣٣٠٠
٤	٣٣٠١ - ٤١٠٠
٥	٤١٠١ - ٤٩٠٠
٦	٤٩٠١ - ٥٨٠٠
٧	٥٨٠١ - ٦٧٠٠
٨	٦٧٠١ - ٧٦٠٠
٩	٧٦٠١ - ٨٥٠٠
١٠	٨٥٠١ - ١٢٩٠٠
١٥	١٢٩٠١ - ١٧٢٠٠
٢٠	١٧٢٠١ - ٢١٥٠٠
٢٥	٢١٥٠١ - ٢٥٠٠٠
٣٠	٢٥٠٠١ - ٣٣٠٠٠
٤٠	٣٣٠٠١ - ٤١٠٠٠
٥٠	٤١٠٠١ - ٥٠٠٠٠
٦٠	٥٠٠٠١ - ٥٩٠٠٠
٧٠	٥٩٠٠١ - ٧٠٠٠٠
٨٠	٧٠٠٠١ - ٨٣٠٠٠
٩٠	٨٣٠٠١ - ٩٦٠٠٠
١٠٠	٩٦٠٠١ - ١٣٠٠٠٠
١٢٠	١٣٠٠٠١ - ٢٢٠٠٠٠
١٥٠	٢٢٠٠٠١ - ٣٢٠٠٠٠
١٨٠	٣٢٠٠٠١ - ٤٥٠٠٠٠
٢١٠	٤٥٠٠٠١ - ٦٠٠٠٠٠
٢٤٠	٦٠٠٠٠١ - ٧٨٠٠٠٠
٢٧٠	٧٨٠٠٠١ - ٩٧٠٠٠٠
٣٠٠	٩٧٠٠٠١ - ١٢٣٠٠٠٠
٣٣٠	١٢٣٠٠٠١ - ١٥٢٠٠٠٠
٣٦٠	١٥٢٠٠٠١ - ١٨٥٠٠٠٠
٣٩٠	١٨٥٠٠٠١ - ٢٢٧٠٠٠٠
٤٢٠	٢٢٧٠٠٠١ - ٣٠٢٠٠٠٠
٤٥٠	٣٠٢٠٠٠١ - ٣٩٦٠٠٠٠
٤٨٠	٣٩٦٠٠٠١ - أو أكثر

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

سجلات العينات

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 حيازة) والاحتفاظ به فى ملفات خاصة لسهولة تتبع العينات، ويحتوى هذا السجل على المعلومات التالية:

١. اسم وعنوان مصدر العينة.
٢. مكان سحب العينة.
٣. رقم العينة.
٤. سبب الفحص (جديد - دوري - تقني).
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 الأيدروجيني.
١٧. اسم القائم بسحب العينة وتوقيعه.

سجلات تسلسل**الحيازة**

يلزم إعداد سجلات تبين حالة العينة وتداولها من لحظة تجميعها وحتى نهاية تحليلها. وتسمى هذه المتابعة (سجل تسلسل الحيازة). وتعتبر العينة تحت الوصاية لشخص ما دامت فى حوزته وتحت مسؤوليته جدول رقم (٤-٣).

جدول رقم (٤ - 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 (٤ - ٤) الاشتراطات الواجب إتباعها عند جمع عينات المياه مثل الحجم المناسب لكل تحليل ونوع العبوة المستخدمة وطريقة الحفظ والحد الزمنى الأقصى للاحتفاظ بالعينة قبل تحليلها. ويراعى أن تجري كل التجارب على عينات خطافية ما لم تتطلب الظروف غير ذلك.

جدول رقم (٤ - ٤)

الاشتراطات الواجب اتباعها عند سحب العينة وحفظها للتحليل الكيميائي*

نوع الاختبار	الحجم المطلوب بالمليلتر	نوع العبوة المستخدمة	طريقة الحفظ	الحد الأقصى لزمان 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 $2 >$	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 في الموقع	٠،٢٥ س
المواد الصلبة	٢٠٠	(ب) أو (ز)	عند درجة حرارة ٤°م	٧ أيام
درجة الحرارة	-	(ب) أو (ز)	تقدر في الموقع	٠،٢٥ س
العكارة	١٠٠	(ب) أو (ز)	تحفظ في مكان مظلم	٢٤ س
المعادن:				
الذائبة	١٠٠٠	(ب) أو (ز)	ترشح في الحال ويضاف حمض النيتريك ليصل الرقم الأيدروجيني إلى $2 >$	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 $2 >$	٢٨ يوم
المعادن الكلي (ذائب وعالق)	١٠٠٠	(ب) أو (ز)	يضاف حمض نيتريك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى $2 >$	٦ أشهر

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

تابع جدول رقم (٤ - ٤)

الاشتراطات الواجب اتباعها عند سحب العينة و حفظها للتحليل الكيميائي

نوع الاختبار	الحجم المطلوب بالمليتر	نوع العبوة المستخدمة	طريقة الحفظ	الحد الأقصى لزمان 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 الهيدروجيني 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 في الموقع	٠,٢٥ س
ثاني أكسيد الكلور	٥٠٠	(ب) أو (ز)	تقدر في الموقع	٠,٢٥ س
سيانيدات	١٠٠٠	(ب) أو (ز)	تحفظ في 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 في الموقع	٠,٢٥ س
النيتروجين:				
الأمونيا	٥٠٠	(ب) أو (ز)	تحلل في 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 (٤ - ٤)

الاشتراطات الواجب اتباعها عند سحب العينة وحفظها للتحليل الكيميائي

نوع الاختبار	الحجم المطلوب بالمليتر	نوع العبوة المستخدمة	طريقة الحفظ	الحد الأقصى لزمان حفظ العينة
النترات + النيتريت	٢٠٠	(ب) أو (ز)	تحلل 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 الأكسجين الذائب	١٠٠	(ب) أو (ز)	تحلل فوراً	٢٥، ٠٠ س
باستخدام الكترود بطريفة ونكلر	٣٠٠	(ز)	تقدر في الموقع	٢٥، ٠٠ س
الأوزون	٣٠٠	(ز)	تثبت العينة في الموقع	٨ س
الفوسفور:	١٠٠٠	(ز)	تقدر في الحال	٢٥، ٠٠ س
الأرثوفوسفات الذائبة	١٠٠	(ز)	ترشح في الحال وتحفظ عند درجة حرارة ٤°م	٤٨ س
الفوسفات الكلي	١٠٠	(ز)	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 الهيدروجيني ٩ <	٢٨ يوم

تابع جدول رقم (٤ - ٤)

الاشتراطات الواجب اتباعها عند سحب العينة وحفظها للتحليل الكيميائي

نوع الاختبار	الحجم المطلوب بالمليتر	نوع العبوة المستخدمة	طريقة الحفظ	الحد الأقصى لزمان 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)	تحلل فوراً أو يضاف حمض كبريتيك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى $2 >$	٧ أيام
الزيوت والشحوم	١٠٠٠	(ز)	عند درجة حرارة ٤°م ويضاف حمض كبريتيك أو حمض هيدروكلوريك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى $2 >$	٢٨ يوم
الكورفيل (غير المرشحة)	٥٠٠	(ب) أو (ز)	تحفظ في الظلام عند ٤°م	٤٨ س
(غير المرشحة)	٥٠٠	(ب) أو (ز)	تحفظ مجمدة عند - ٢٠°م في الظلام	٢٨ يوم
الكربون العضوي الكلي	١٠٠	(ز)	تقدر فوراً أو تحفظ عند درجة حرارة ٤°م ويضاف حمض كبريتيك أو حمض هيدروكلوريك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى $2 >$	٧ أيام
المبيدات الحشرية	١٠٠٠	(ز) بغطاء تيفلون	عند درجة حرارة ٤°م ويضاف ١٠٠٠ ملليجرام من حمض سكوريك /لتر في حالة وجود الكلور	٧ أيام
الفينول	٥٠٠	(ب) أو (ز)	تحفظ عند درجة حرارة ٤°م ويضاف حمض كبريتيك ليصل الرقم الهيدروجيني إلى $2 >$	٢٨ يوم

(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 الخامس

أنواع ومصادر الأخطاء فى جمع عينات المياه وتحليلها

:()

:

-
-
-
-
-
-
-

()

: أنواع ومصادر الأخطاء فى جمع عينات المياه وتحليلها

:

- .Random error .
- .Systematic error .
- .Gross error .
- .Rounding error .

■

■

■

:

■

■

■

■

●

●

●

●

■

:

■

■

■

■

●

●

●

●

●

-

()

: أنواع ومصادر الأخطاء في جمع عينات المياه وتحليلها

■

:

-
-
-
-
-
-
-
-

■

:

(Precision)

. Trueness

-
-
-

:(-)

()

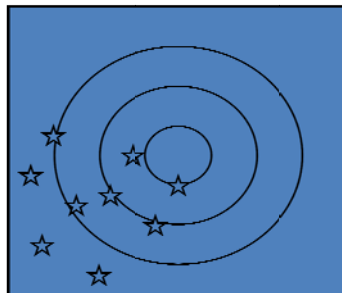
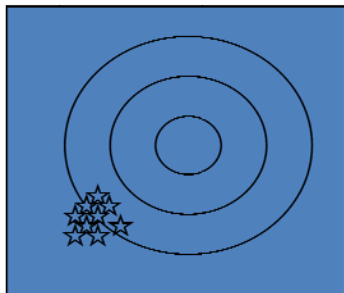
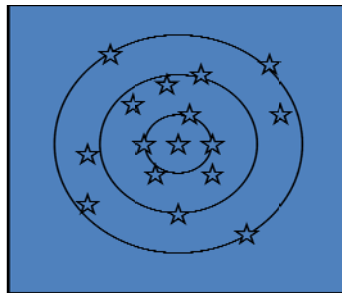
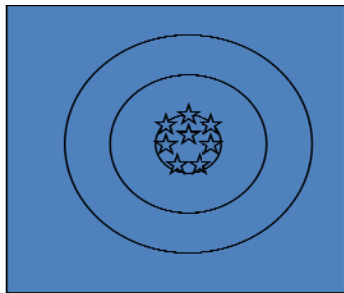
: أنواع ومصادر الأخطاء في جمع عينات المياه وتحليلها

(-)

(-)

.

.



(-)

-

()

: أنواع ومصادر الأخطاء فى جمع عينات المياه وتحليلها

□

□

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

)

•

.(

■

•

•

■

■

5

)

■

.(

()

: أنواع ومصادر الأخطاء فى جمع عينات المياه وتحليلها

$$\frac{\cdot}{\cdot} \left(\frac{\cdot}{\cdot} \right) \cdot$$

- ()

: أنواع ومصادر الأخطاء فى جمع عينات المياه وتحليلها

■
■

■

■

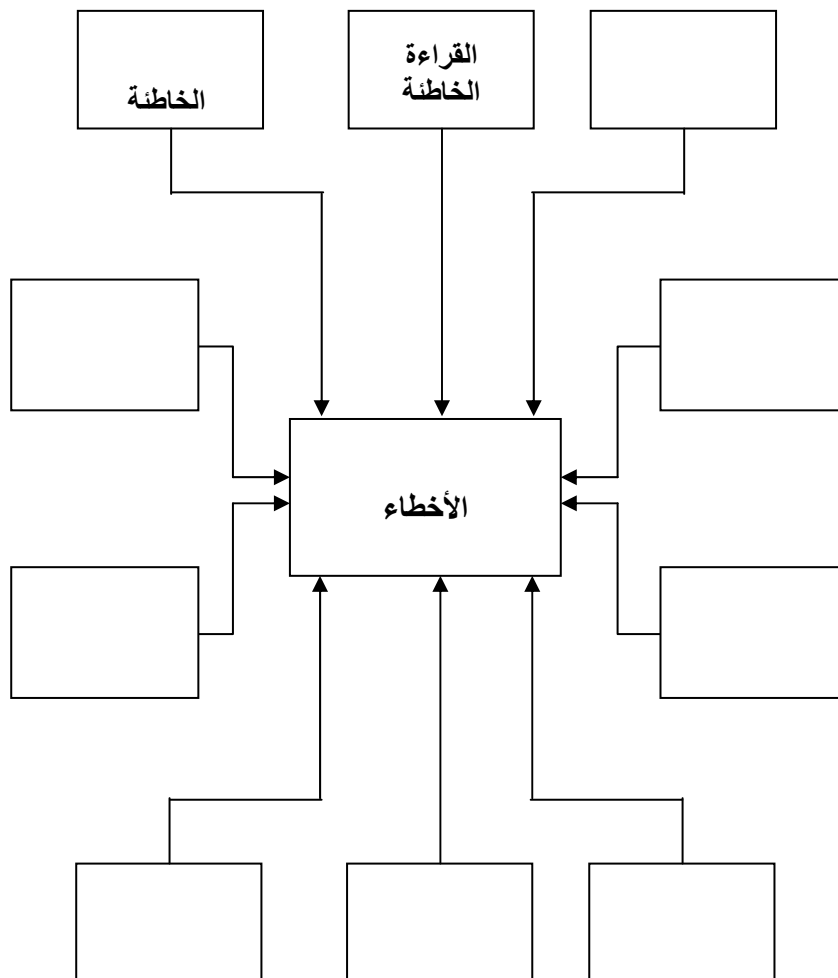
$$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right)$$

- ()

: أنواع ومصادر الأخطاء فى جمع عينات المياه وتحليلها

(-) (-) (-) (-)

:

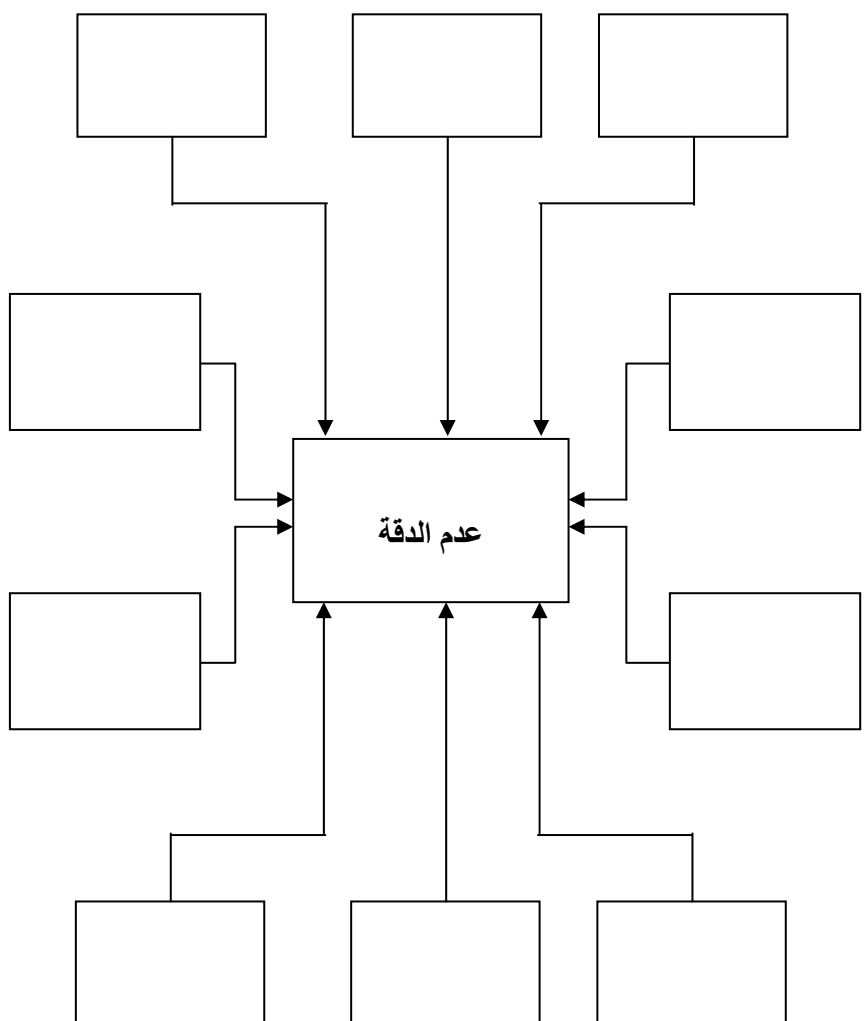


(-)

-

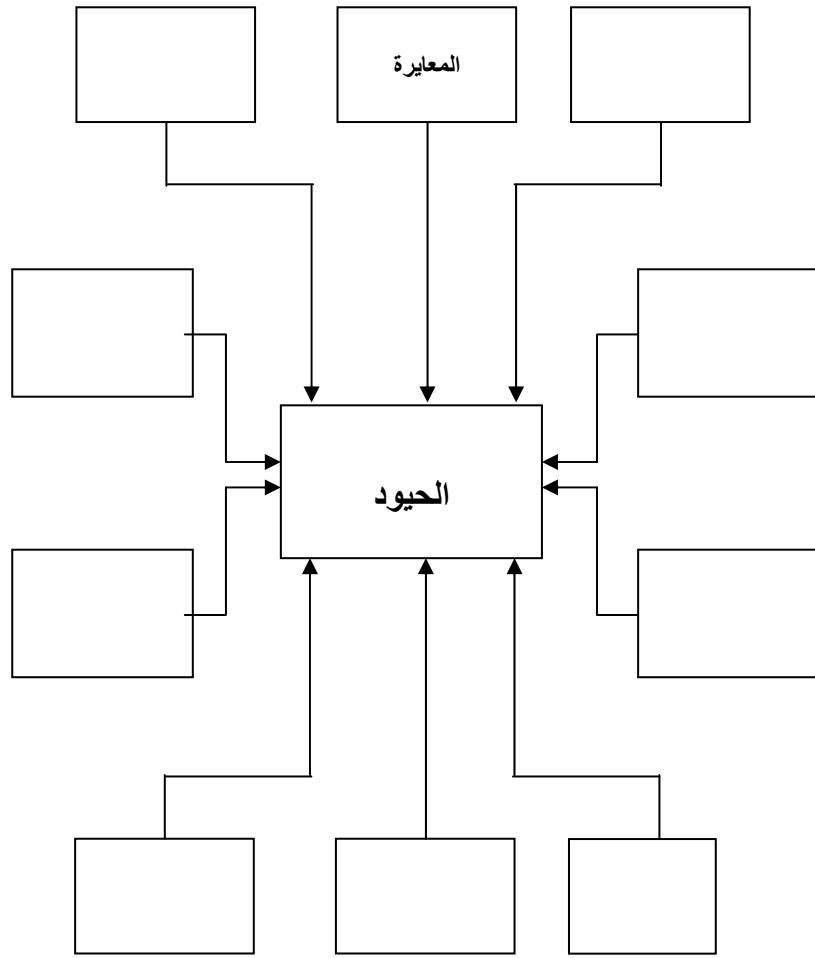
()

: أنواع ومصادر الأخطاء في جمع عينات المياه وتحليلها

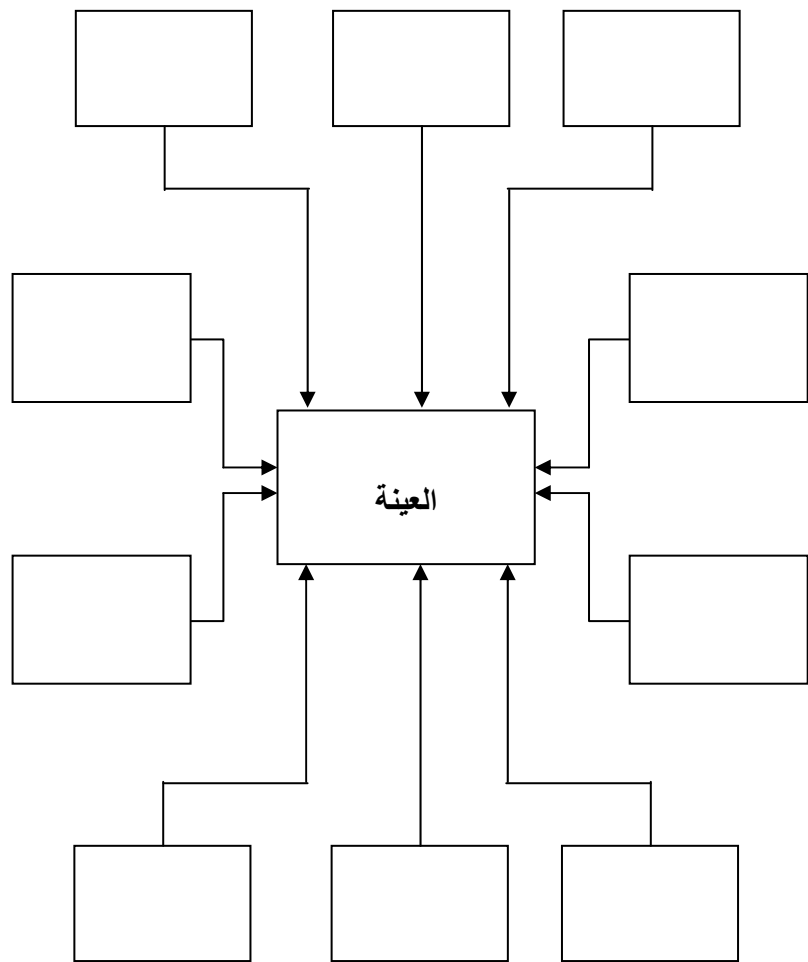


(-)

(Inaccuracy)



(-)



(-)

()

: أنواع ومصادر الأخطاء في جمع عينات المياه وتحليلها

الفصل السادس

التحليل الكيميائي لمياه الشرب

الفصل السادس

التحاليل الكيميائية لمياه الشرب

أهداف التدريب (التعلم):

- بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغي أن يكون المتدرب قادراً على أن:
- يذكر أنواع التحاليل التي تجرى على المياه.
- يحدد أنواع وطبيعة المواد التي يجرى تحليلها في 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 التي يجب اتخاذها عند إجراء التحاليل المختلفة.
- يفسر أسباب التغير في بعض القياسات وتأثير ذلك على المعالجة.
- يعرف معنى بعض التحاليل والمصطلحات المستخدمة وأهمية إجراء هذه التحاليل.
- يتعرف على صلاحية المياه بناءً على دلالات نتائج الاختبارات الرئيسية لمياه الشرب.

أنواع التحاليل التي**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 الضوئي، وأجهزة قياس الجهد والتوصيل الكهربى، بالإضافة إلى الطرق التقليدية مثل المعايرة الحجمية أو الطرق الوزنية.

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

التحاليل الفيزيائية

- درجة الحرارة
- الرائحة
- الطعم
- اللون
- العكارة

التحاليل الإشعاعية

المواد المشعة (مشتقات من فصيلة ألفا، بيتا).

التحاليل الكيميائية

- الأس الأيدروجيني.
- التوصيل الكهربى.
- المواد العضوية.
- 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).

التحاليل البيولوجية

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

أنواع وطبيعة المواد التي جرى تحليلها في المياه
يتم تحليل المياه للكشف عن المواد العضوية والمواد غير العضوية.

وتشمل المواد غير العضوية:

- المواد الأنيونية.
- المواد الكاتيونية
- المواد المولدة للغازات.

المواد العضوية
تشمل المواد العضوية كل من:

- الزيوت - الدهون - الشحوم.
- الفينول.
- المنظفات الصناعية.
- المبيدات الحشرية.
- المركبات العضوية المتطايرة.
- المركبات العضوية الحامضية أو القاعدية.

المواد غير العضوية
أولاً: الأنيونية:

- الفوسفات.
- الكبريتات.
- السليكات.
- الكبريتيد.
- الكلوريد.
- الفلوريد.
- النترات.
- النيتريت.
- السيانيد.
- الكربونات.

ثانياً: الكاتيونية:

- الصوديوم - البوتاسيوم.
- الكالسيوم - الماغنسيوم - الباريوم.
- العناصر الانتقالية (كروم - نحاس - حديد - منجنيز - زنك - نيكل - كوبلت).
- العناصر الثقيلة والسامة (زئبق - فضة - رصاص - زرنيخ).

ثالثاً: المولدة للغازات:

- الأمونيوم.
- الكربونات - البيكربونات.
- الكبريتيد.
- السيانيد.
- النيتريت.

**طرق التعبير عن
نتائج التحاليل**

يعبر عن نتائج التحاليل الكيميائية لأنواع المياه المختلفة بوحدة فيزيائية وكيميائية. ويبين الجدول رقم (٦ - ١) بعض هذه الطرق. والجدير بالذكر أن وحدة الأوزان هي الجرام ووحدة الحجم هي اللتر ويبين الجدول رقم (٦ - ٢) الوحدات الوزنية المستخدمة والتي تقل عن الجرام.

وتعبر نسبة الكتلة إلى الحجم عن التركيز. فمثلاً المليجرام فى اللتر هو جزء فى المليون (ppm) وهونفسه الميكروجرام فى المليلتر الواحد، والميكروجرام المذاب فى لتر هو جزء من البليون (ppb) وهونفسه النانوجرام فى المليلتر الواحد.

وتسجل نتائج الاختبارات الكيميائية والفيزيائية عادة بالمليجرام/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.

جدول رقم (٦ - ١)
طرق التعبير عن التركيز ووحداتها

الأساس	العلاقة	وحدة التعبير
وزن لوحدة الحجم	$\frac{\text{ملليجرام}}{\text{لتر من المحلول}}$	ملليجرام/لتر (mg/L)
	$\frac{\text{جرام}}{\text{لتر من المحلول}}$	جرام/لتر (g/L)
نسبة الوزن	$\frac{\text{ملليجرام}}{\text{كيلو أولتر من المحلول}}$	جزء في المليون (ppm)
نسبة حجم	$\frac{\text{ملييلتر}}{\text{لتر من المحلول}}$	ملييلتر / لتر (ml/L)
الكثافة	$\frac{\text{كتلة المحلول}}{\text{وحدة الحجم}}$	جرام/ملييلتر (g/ml)
النسبة المئوية وزناً	$\frac{\text{وزن المذاب} \times 100}{\text{وزن المذاب} + \text{وزن المذيب}}$	% وزناً (%wt)
النسبة المئوية حجماً	$\frac{\text{حجم المذاب} \times 100}{\text{وزن المذاب} + \text{وزن المذيب}}$	حجم % (Vol%)
العيارية	$\frac{\text{وزن مكافئ جرامي من المذاب}}{\text{لتر من المحلول}}$	ع (N)
المولارية	$\frac{\text{الوزن الجزيئي الجرامي للمذاب}}{\text{لتر من المحلول}}$	مولاري (M)

جدول رقم (٦ - ٢)
وحدات الوزن المستخدمة الأصغر من الجرام، وقيمتها ورمزها

الرمز	القيمة بالجرام	الوحدة
(mg)	10^{-3}	ملليجرام
(μg)	10^{-6}	ميكروجرام
(ng)	10^{-9}	نانوجرام
(pg)	10^{-12}	بيكوجرام
(fg)	10^{-15}	فمتوجرام
(ag)	10^{-18}	أوتوجرام
(zg)	10^{-24}	زيتوجرام

طرق التحاليل الكيميائية

تتعرض المياه السطحية إلى العديد من مصادر التلوث نتيجة الصرف الصحي والزراعي، والصناعي. مما يؤدي الي تغير في الخواص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للمياه، كما يؤدي إلى إضافة عوامل غير مرغوب فيها بالنسبة للحياة البيولوجية الموجودة بها، وكذلك بالنسبة للمستفيدين من هذه المياه.

وهناك العديد من صور تلوث المياه، وكل له تأثير وأمكن تقسيم هذه الملوثات إلى:

١. التلوث بالبكتيريا والفيروسات وغيرها من الكائنات المسببة للأمراض.
٢. التلوث بالمواد العضوية القابلة للتحلل والتي تمتص الأكسجين من الماء.

ويؤدي نقص الأكسجين المذاب في الماء إلى التحلل اللاهوائي للمواد العضوية والتي ينتج عنها تكوين الغازات الضارة مثل كبريتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان.

ولقد أمكن تقسيم طرق الاختبارات الكيميائية إلى:

١. الطريقة الوزنية
٢. الطريقة الحجمية
٣. الطريقة الفيزيوكيميائية

أولاً: الطريقة الوزنية Gravimetric Method وتعتمد هذه الطريقة علي تقدير وزن العينة. من أمثلة ذلك المواد الصلبة العالقة (TSS) شحومات وزيوت (Oil & Grease).

ثانياً: الطريقة الحجمية Volumetric Method وتعتمد هذه الطريقة علي تطبيق المعادلة التالية:

$$V_1 C_1 = V_2 C_2$$

حيث أن:

$$V_1 = \text{حجم المحلول معلوم التركيز}$$

Volume of solution of known concentration

$C1 = \text{تركيز المحلول}$

Concentration of known concentration

$V2 = \text{حجم المحلول المراد تعيين تركيزه}$

Volume of solution of unknown concentration

$C2 = \text{تركيز المحلول المجهول}$

Concentration of unknown concentration

ثالثاً: الطريقة

الفيزوكيميائية

Physicochemical

وتعتمد فكرة استخدام الأجهزة التحليلية على الصفات الطبيعية والكيميائية للعنصر أو المركب. وتنقسم هذه الطريقة إلى عدة أنواع تبعاً لنوع التفاعلات الكيميائية إلى:

١ - تفاعلات كيميائية لها لون مميز وبذلك تستخدم أجهزة المطياف اللوني UV/Visible Spectrophotometer.

٢ - تفاعلات كيميائية ليس لها لون مميز وتستخدم أجهزة الامتصاص الذري Atomic Absorption

٣ - جهاز قياس العكارة Turbidimeter

٤ - تفاعلات تعتمد على استخدام أجهزة الكروماتوجراف Chromatographic

Analysis وتعتمد هذه الطريقة على فصل العينة إلى مكوناتها الأساسية

باستخدام وسطين ثابت ووسط متحرك ومن أمثلة الأجهزة المستخدمة هي

جهاز الكروماتوجرافى الغازى Gas Chromatography وجهاز

الكروماتوجرافى السائل Liquid-Liquid Chromatography وجهاز

الكروماتوجرافى الأيون Ion Chromatography

الصفات التحليلية

للمياه

عند البدء فى إجراء التحاليل المطلوبة لأى عينة لابد أن تكون درجة حرارة العينة عند درجة حرارة الغرفة.

الصفات الطبيعية

١. درجة الحرارة

تؤثر درجة حرارة الماء بشكل كبير على قلوية المياه وعلى درجة التشبع والنبات لجزيئ كربونات الكالسيوم، هذا بالإضافة إلى تأثيرها على ذوبان

الأملاح في الماء، كما أن لدرجة حرارة الماء تأثير كبير على جميع أطوار الأحياء المائية، وتقاس درجة حرارة الماء عادة باستخدام الترمومتر الزئبقي. ولا بد من قياس هذه الصفة التحليلية في مكان تجمع العينة.

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 أن الزيادة في درجة حرارة المياه يزيد من سرعة تفاعل المواد الكيماوية المروبة مع العوالق والمواد الموجودة بالمياه وتقل بانخفاضها لذلك نجد أن هناك زيادة في استهلاك المواد الكيميائية في وقت الشتاء ويقل في وقت الصيف وربما يصل الأمر في الزيادة في الليل عنه في النهار، أما بالنسبة للكlor فإن الاستهلاك يزيد في الصيف ويقل في وقت الشتاء لزيادة الملوثات العضوية وكذلك نتيجة لعمليات البخر.

٢. اللون

يرجع لون الماء إلى وجود بعض عناصر الفلزات وخاصة بعض المعادن الثقيلة مثل الحديد والمنجنيز، كما أن زيادة معدل نمو بعض الكائنات الدقيقة مثل الطحالب وبعض مخلفات المصانع السائلة يؤدي إلى التغير في لون الماء. ويقاس لون الماء عن طريق المقارنة البصرية بين عينة محضرة من محلول معلوم التركيز من مادتي الكوبالت - البلاتين وعينة الماء المراد معرفة درجة اللون به.

التداخلات:

تسبب العكارة تداخل عند تحديد لون العينة ولذلك لا بد من إزالة العكارة قبل قياس شدة اللون. ويمكن إزالة العكارة بالترشيح المباشر على ورق الترشيح العادي (Whatman No. 4) أو باستخدام جهاز الطرد المركزي.

الأجهزة المستخدمة:

أنابيب نسلر سعة ٥٠ مللى كالموضحة فى الشكل رقم (٦ - ١).

الطريقة:

١. يذاب ١,٢٤٦ جم من potassium chloroplatinate K_2PtCl_6 + ١ جم من

crystallized cobaltous chloride $CoCl_2.6H_2O$ فى ماء مقطر يحتوى على

١٠٠ مللى conc. HCl ثم يكمل المحلول إلى اللتر بالماء المقطر. هذا

المحلول يحتوى على ٥٠٠ وحدة لون (Co-Pt unite).

٢. يحضر تركيزات مختلفة قياسية من هذا المحلول لها وحدة لون تصل إلى

٥، ١٠، ١٥، ٢٠، ... وذلك عن طريق تخفيف تركيزات مختلفة من

المحلول الرئيسى مثل ٠,٥ . ١ . ١,٥ . ٢ . ٢,٥ مللى ... ثم يكمل المحلول

إلى ٥٠ مللى بالماء المقطر فى أنبوبة اختبار نسلر.

٣. يوضع ٥٠ مللى من العينة فى أنبوبة نسلر أخرى. ويتم المقارنة اللونية بين

الأنبوبتين بالنظر إليهم أفقياً.

يراعى قياس العينة بمجرد فتح زجاجة العينات حيث يسبب وجود عنصر الحديد

إحداث لون فى العينة إذا تواجد بتركيز عالى حيث يتأكسد الحديد بمجرد

تعرضه للهواء.



شكل رقم (٦ - ١)
أنابيب نسلر

٣. الرائحة

من الصفات الأساسية للماء الصالح للشرب هو أن يكون عديم اللون والطعم والرائحة. ويعتمد تقدير الرائحة في الماء على الإختبار الشخصي Panel Test باستخدام حاسة الشم لدى الإنسان. حيث يتم تسخين مقدار معلوم من العينة واستقبال الأبخرة المتصاعدة عند التسخين. ومن المواد التي تكسب الماء رائحة هو وجود بعض المبيدات الحشرية في الماء وبعض عناصر الفلزات. وتقاس رائحة العينة مباشرة بمجرد وصول العينة إلى المعمل وبمجرد فتح زجاجات العينات.

٤. الطعم

يعتمد قياس الطعم في الماء (مثل الرائحة) على حاسة الإنسان والتي يستطيع عن طريقها تمييز الطعم المالح من العذب أو الطعم الحار من الطعم المر.

٥. العكارة

تعتبر العكارة مؤشراً هاماً عند تحديد نوعية المياه سواء في المجال الصناعي أو الاستخدام الآدمي. وتنتج العكارة في المياه الطبيعية من نموبعض الكائنات الدقيقة ووجود بعض حبيبات الطمي مختلفة الأحجام.

تعريف العكارة:

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

ويحضر محلول الفورمازين من:

مخلوط كبريتات الهيدرازين
Hydrazine Sulfate (H_2N) $_2\text{H}_2\text{SO}_4$
والهكسامين
Hexamethylene-tetramine. (CH_2) $_6\text{N}_4$

تأثير العكارة على مراحل التنقية:

- 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 للمستهلك وتصيبه بالأمراض، لذا حددت المواصفات القياسية أن أقصى مستويات للعكارة في مياه الشرب تكون ١ N.T.U.

طريقة قياس العكارة (Dispersion Method):

وتعتمد هذه الطريقة على التشتت الذي يحدث للضوء إذا وضع عائق في مساره. حيث يسير الضوء في خط مستقيم. ويستخدم جهاز قياس العكارة (Turbidimeter)

الطريقة:

- ترج العينة بشدة وتترك حتى تختفى كل الفقاعات منها ثم تصب العينة فى أنبوبة جهاز تقدير العكارة وتقرأ درجة العكارة مباشرة من الجهاز.
- تقاس درجة عكارة العينة مباشرة بمجرد وصول العينة إلى المعمل ولا يتم التأخير فى قياس هذه الصفة التحليلية.
- جهاز قياس العكارة من الأجهزة التى تحتاج لتشغيلها قبل البدء فى القياس بفترة تصل إلى نصف الساعة.
- قبل البدء فى قياس العينات لابد من معايرة الجهاز فى كل مرة عن طريق قياس المحلول القياسي Standard ولا بد من أخذ قراءتين لمحلولين قياسيين ذا عكارة مختلفة.

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) أنه يجب أن تكون العكارة أقل من 5 NTU، وطبقا للتشريعات المصرية، فإنه يجب ألا يزيد مستوى العكارة فى مياه الشرب عن وحدة واحدة NTU، ويجب التأكيد على أن ارتفاع عكارة المياه يؤدي إلى استهلاك مزيد من مواد الترويب (الشبة) والتطهير (الكلور).

٦. التوصيل الكهربى

يعرف التوصيل الكهربى بأنه قدرة المحاليل على توصيل التيار الكهربى، وتعتمد هذه الصفة على وجود أيونات العديد من الفلزات واللافلزات بالإضافة إلى تركيز هذه الأيونات، وتعتبر محاليل المركبات غير العضوية موصل جيد للتيار الكهربى، فى حين أن محاليل المركبات العضوية تعتبر غير جيدة التوصيل الكهربى، ووحدة قياس التوصيل الكهربى هى $\mu\text{mho/cm}$ ويمكن استخدام قراءة التوصيل الكهربى وتحويلها إلى قيمة الأملاح الكلية الذائبة وذلك عن طريق ضرب قيمة قراءة التوصيل الكهربى فى معامل ثابت يتراوح بين

٠,٥٥ إلى ٠,٩ على حسب درجة حرارة الماء وعلى نوعية وكم الأملاح الموجودة بها.

طريقة الحساب:

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

حيث:

T: هي درجة الحرارة التي يجرى عندها القياس.

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

الاحتياطات:

١. تحفظ الخلية أو أقطاب التوصيل في ماء مقطر في 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:

تفيد قراءة التوصيل الكهربى فى المساعدة على معرفة تركيز الأملاح بصفة عامة ولكن من الأفضل عدم اللجوء إلى حساب الأملاح الكلية الذائبة بتحويل قيمة التوصيل الكهربى بعد ضربها فى المعامل ولكن يجب إجراء قياس تركيز الأملاح الكلية الذائبة كما سيأتى لاحقاً وذلك لسببين:

١. كما جاء فى كتاب الـ Standard Methods لابد من تجفيف عينة الأملاح الكلية الذائبة بطريقة غير مباشرة ثم يتم تثبيت القراءة عند ١٨٠م° وأيضاً المواصفات القياسية المصرية تطلب قياسها عند ١٢٠م°.
٢. يتم قياس التوصيل الكهربى فى درجة حرارة الغرفة مما ينتج عنه اختلاف بين قراءة الأملاح الكلية المحسوبة وبين التى يتم إجراؤها عملياً.

الصفات الكيميائية

١. تقدير الأس الهيدروجيني

يمثل الأس الهيدروجيني للمحلول نشاط أيونات الهيدروجين في هذا المحلول ويعبر عنه رياضياً كالتالي:

$$\text{الأس الهيدروجيني} = - \log_{10} (\text{يد})$$

ويعتبر نظام الكربونات في المياه الطبيعية هو النظام الرئيسي الذي يتحكم في تحديد الأس الهيدروجيني، ويتكون نظام الكربونات من ثاني أكسيد الكربون وحامض الكربونيك وأيونات البيكربونات والكربونات.

وترجع أهمية الأس الهيدروجيني في تحديد التركيبات الحيوية والكيميائية في المياه الطبيعية حيث أن درجة تحلل أو تفكك الأحماض والقواعد الضعيفة تعتمد على التركيز الأيوني للهيدروجين.

كذلك وجد أن قابلية بعض الأملاح للذوبان في الرواسب الطينية يعتمد على تركيزات أيونات الهيدروجين في الماء، وتعود أهمية التحكم في الأس الهيدروجيني في مياه الشرب حيث يمكن أن تسبب تآكل شبكات المياه والمواسير بالإضافة إلى تأثيرها الضار على عمليات المعالجة التي تشمل الترويب والمعالجة بالكلور.

أسباب التغير في الرقم الهيدروجيني للمياه وتأثير ذلك على المعالجة:

- وجود الملوثات الزراعية وبعض المخلفات الصناعية في المياه مثل الأملاح غير العضوية والأحماض والقواعد والمواد العضوية والمواد العالقة والمواد المسببة للزرقة... إلخ، تغير من الرقم الهيدروجيني للمياه.
- تعتمد معظم العمليات التي تتم بالمحطات على الرقم الهيدروجيني المناسب بالإضافة إلى أن عمليات المتابعة في مراحل المعالجة يمكن أن تساعد في معرفة أي مشاكل موجودة في كل مرحلة، كما يلعب الرقم الهيدروجيني دوراً كبيراً في حسابات معامل التشبع للمياه (LSI).

المجال:

يستخدم فيها مقياس الرقم الهيدروجيني ذا القطب الزجاجي لتقدير الرقم الهيدروجيني في مياه الشرب.

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 في وعاء زجاجي أو بلاستيك نظيف ويجب عدم إضافة مواد حافظة.

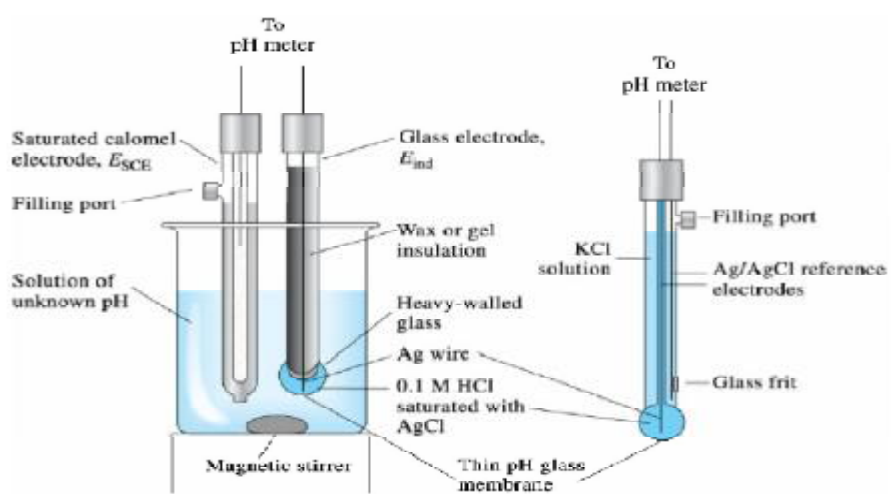
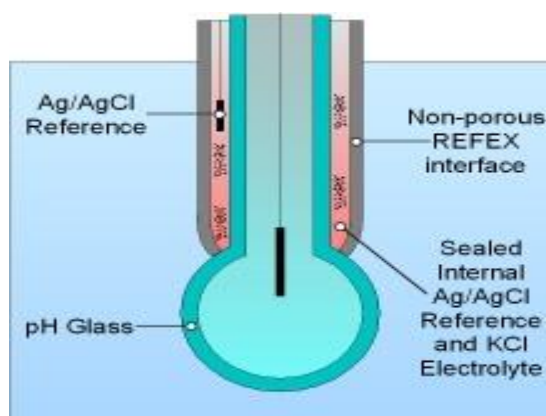
الطريقة:

للتأكد من سلامة جهاز قياس الأس الهيدروجيني لابد من أخذ قراءتين باستخدام المحاليل القياسية لجهاز الأس الهيدروجيني 4 & 7 Buffer solution قبل قياس العينة.

يغسل قطب الزجاج بعناية عدة مرات ثم يغمر في العينة لمدة دقيقة حتى تثبت القراءة، ولابد من إجراء قياس الأس الهيدروجيني للعينة بمجرد تجميع العينة في مكان العينة وعند العودة إلى المعمل يكرر القياس مرة أخرى للتغلب على التغير السريع الذي يحدث في الأس الهيدروجيني.

خطوات التشغيل القياسية لجهاز pH:

يقدر الرقم الأيدروجيني بقياس الجهد الناشئ بين قطبين أحدهما يستجيب لأيون الأيدروجين (قطب زجاجي - Glass Electrode) وآخر قطب مرجعي (Reference Electrode) وذلك عند غمر القطبين في محلول العينة المراد قياس رقمها الأيدروجيني.



شكل رقم (٦-٢)

الأقطاب الزجاجية لجهاز pH

- وكل وحدة رقم أيروجين $\text{pH} = 58,16$ مللي فولت عند درجة حرارة 25°C
- تغسل الأقطاب بالماء المقطر وتجفف قبل إجراء القياس.
- يضبط جهاز القياس عند درجة حرارة العينة المقاسة يدوياً أو أوتوماتيكياً
- ويعاير باستخدام المحاليل المنظمة [(pH₇, pH₄, pH₁₀) Buffer Solution] وطبقاً لكتالوج الجهاز.

محلول ثابت الأس الهيدروجيني رقمه الهيدروجيني ٤ (Buffer Solution 4):

يذاب ١٠,٢ جم من ثاني فتالات البوتاسيوم اللامائية ($\text{K}_2\text{C}_8\text{H}_4\text{O}_4$) باستخدام ماء سبق غليه ثم تبريده ويخفف إلى لتر واحد.

محلول ثابت الأس الهيدروجيني رقمه الهيدروجيني ٧ (Buffer Solution 7):

- يذاب ١,٣٦١ جم من فوسفات البوتاسيوم ثنائية الهيدروجين اللامائية (KH_2PO_4)، ١,٤٢٠ جم من فوسفات الصوديوم أحادية الهيدروجين اللامائية (Na_2HPO_4)، كلاهما سبق تجفيفه بين ١١٠-١٣٠°م حتى اليوم التالي ثم يخفف إلى لتر واحد. يستخدم الماء الذى سبق غليه وتبريده.
- يراعى ملء المحلول الداخلي للقطب المرجعي حتى المستوى المناسب.
- يقاس الأس الأيدروجيني 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 قيمة الرقم الهيدروجيني على درجة الحرارة.

دلالة الاختبار:

يعتبر قياس الأس الهيدروجيني pH من أهم المعايير، وأكثرها استخداماً فى التحقق من نوعية المياه، ويستخدم هذا الأس فى حسابات القلوية، وثاني أكسيد الكربون، والتوازنات الحامضية والقاعدية. ويتراوح الأس الأيدروجيني للمياه الطبيعي عادة بين ٤ و ٩، وتميل معظمها إلى القلوية لوجود البيكربونات والكربونات لبعض عناصر الأفلاء والأقلء الأرضية. ويجب أن يتراوح مستوى الأس الأيدروجيني فى مياه الشرب بين ٦,٥ و ٨,٥.

٢. المواد الصلبة

المقصود بالمواد الصلبة فى الماء هى عبارة عن المواد العالقة (غير ذائبة) والمواد الذائبة فى الماء. وتؤثر كمية المواد العالقة والذائبة فى الماء على نوعية المياه وجودتها خاصة فيما يتعلق بمياه الشرب.

المواد الصلبة الكلية Total Solids:

وهى المواد المتبقية بعد تبخير كمية معلومة من الماء عند درجة ١٠٥°م.

المواد العالقة الكلية Total Suspended Solids:

وهى عبارة عن المواد التى تتبقى على ورقة الترشيح بعد ترشيح كمية معلومة من الماء ثم تجفف ورقة الترشيح عند درجة حرارة ١٠٥ م°.

ويعرض الشكل رقم (٦-٣) بوتقة التجفيف المستخدمة لتجفيف المياه واستخلاص المواد الصلبة.



شكل رقم (٦-٣)
بوتقة التجفيف

الأملاح الذائبة الكلية Total Dissolved Solids:

وهى الأملاح المتبقية بعد ترشيح كمية معلومة من الماء ثم تبخر هذه الكمية عند درجة حرارة ١٢٠ م° (أو عند ١٨٠ م° كما جاء فى كتاب Standard Methods).

الأملاح الثابتة Fixed solids:

هى الأملاح الصلبة المتبقية من الأملاح الكلية والمواد العالقة والأملاح الذائبة بعد التبخير والتجفيف ثم الحرق عند درجة حرارة معينة (٥٥٠ م°) لمدة محددة.

الأملاح المتطايرة Volatile solids:

الانخفاض فى الوزن بعد الحرق.

تقدير نسبة المواد الصلبة:

ترج العينة جيداً ثم يؤخذ منها كمية معلومة وتوضع فى بوتقة جافة تماماً سابقة الوزن. ثم يتم تبخير العينة.

ولا بد أولاً أن يتم التجفيف بطريقة غير مباشرة على حمام مائي ولا توضع العينة مباشرةً في فرن التجفيف.

بعد تمام جفاف العينة على الحمام المائي يتم نقل البوتقة إلى فرن التجفيف عند درجة حرارة ١٠٥م°، تترك العينة في فرن التجفيف لمدة نصف ساعة ثم تخرج من الفرن وتوضع في المجفف Desiccator حتى تبرد البوتقة تماماً. ثم يتم وزنها. ثم تعاد إلى الفرن مرة ثانية. تكرر عملية إدخال العينة إلى الفرن ثم إعادة وزنها إلى أن يثبت وزن البوتقة. تقدر كمية المواد الصلبة من الفرق بين وزن البوتقة قبل وبعد إضافة العينة.

تقدير نسبة المواد العالقة:

وفيها يتم ترشيح كمية معلومة من عينة الماء خلال ورق الترشيح السيلولوزي Membrane Filter 0.45mm ثم يتم تجفيف ورقة الترشيح عند درجة حرارة ١٠٥م° في فرن التجفيف. ثم توزن ورقة الترشيح بعد تمام جفافها. يعاد وضع العينة وتكرر التبريد ثم الوزن حتى يثبت الوزن. وتحسب نسبة المواد العالقة من الفرق بين الوزن قبل وبعد الترشيح.

ويتوقف حجم العينة ونوع ورقة الترشيح المستخدم على تركيز وكمية المواد العالقة في العينة بحيث يتم زيادة حجم العينة كلما قل تركيز المواد العالقة بحيث لا يقل حجم المواد العالقة عن ٢ إلى ٢,٥ ملجم/لتر.

تقدير نسبة الأملاح الذائبة الكلية:

لتقدير نسبة الأملاح الذائبة الكلية في مياه الشرب يتم تجفيف حجم معلوم من عينة الاختبار بعد ترشيحها خلال ورق الترشيح السيلولوزي Membrane Filter 0.45 mm ثم تجفيفها بطريقة غير مباشرة على حمام مائي. ثم تنقل إلى فرن التجفيف عند ١٢٠ ± ١ م° لمدة نصف ساعة ثم توضع في المجفف ثم يعاد الوزن والعودة إلى الفرن حتى يثبت الوزن إلى كتلة ثابتة.

الأجهزة:

- طبق يفضل أن يكون من البلاتين أو السليكا أو الصينى أو البيركس.
- حمام مائى.
- فرن كهربائى ممكن ضبطه على درجة حرارة $120 \pm 1^\circ\text{C}$.

الطريقة:

- ترشيح العينة بعناية ويؤخذ حجم من العينة يقدر بـ ١٠٠ مللي.
- يوزن الطبق قبل وضع العينة وتصب عينة الاختبار فى الطبق.
- يوضع الطبق على حمام مائى وتبخر العينة حتى الجفاف.
- ينقل الطبق الى فرن مضبوط على درجة حرارة $120 \pm 1^\circ\text{C}$ حتى تمام الجفاف ثم يسمح بتبريده فى مجفف حتى درجة حرارة الغرفة.
- يكرر الجفاف فى الفرن حتى ثبات الوزن.

حساب النتائج:

تحسب نسبة الأملاح الذائبة الكلية فى العينة مقدرة بالمليجرامات فى اللتر من الصيغة ٢ - $10 \times \text{ح} / 10$

حيث أن:

- ١ - هى الكتلة بالجرامات للطبق الفارغ
- ح - حجم العينة بالمليمترات
- ٢ - هى الكتلة بالجرامات للطبق المحتوى على عينة الاختبار بعد التجفيف.

٣. القلوية

هى قدرة المياه لمعادلة الحموضة وتعزى قلوية المياه الطبيعية إلى أملاح الأحماض الضعيفة وتمثل البيكربونات (Biocarbonate) الغالبية العظمى المكونة للقلوية نتيجة تفاعل ثانى أكسيد الكربون مع المواد القاعدية (Basic materials) الموجودة فى التربة وفى بعض الأحيان وتحت ظروف معينة تحتوى المياه الطبيعية على كميات محسوسة من أملاح الكربونات والمواد الهيدروكسيلية لذا فإن قلوية المياه الطبيعية ترجع أساسا إلى أملاح الكربونات والبيكربونات

والهيدروكسيلاات أما أملاح اليورات والبورات والسليكات والفوسفات فإن تأثيرها محدود جداً ولا يذكر. $\text{CO}_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

أسباب ارتفاع وانخفاض القلوية:

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

أساس الطريقة:

يتم تقدير القلوية بالطريقة الحجمية وذلك بمعايرة حجم معين من العينة مع حمض الكبريتيك ٠,٠٢ عيارى وتحسب القلوية بالمليجرام كربونات الكالسيوم ويتوقف نوع القلوية على تركيز أيون الهيدروجين للعينة (pH) فإذا كان الأس الهيدروجيني للعينة $8,5 <$ فإن المعايرة تتم على مرحلتين ففي المرحلة الأولى تتم المعايرة حتى تصل قيمة الأس الهيدروجيني إلى ٨,٢ والتي عندها يتحول لون الفينولفثالين الوردي إلى عديم اللون أما المرحلة الثانية فتتم المعايرة حتى الأس الهيدروجيني ٤,٥ (عند هذه النقطة تتحول الكربونات إلى البيكربونات) باستخدام المثيل البرتقالي ككاشف التي يتحول لونها إلى الوردي عند نقطة التعادل.

أما بخصوص العينات ذات الأس الهيدروجيني أقل من ٨,٤ فإنه يتم المعايرة حتى الأس الهيدروجيني ٤,٥ باستخدام المثيل البرتقالي ككاشف التي يتحول لونها إلى الوردي عند نقطة التعادل وعند هذه النقطة تتحول جميع البيكربونات إلى حمض الكربونات.

التعبير عن القلوية:

يمكن تحديد نوع القلوية سواء كانت كربونات أو بيكربونات أو هيدروكسيلاات من تعيين قلوية الفينولفثالين والقلوية الكلية وعلى هذا الأساس فإن هناك خمسة احتمالات كما يلي:

– قلوية الهيدروكسيد:

إذا كانت العينة تحتوى على المواد الهيدروكسيلية فقط فعادة الأس الهيدروجيني للعينة أعلى من ١٠ ويتم معايرة العينة باستخدام الفينولفثالين كاشف وتسمى قلوية الفينولفثالين.

– قلوية الكربونات:

إذا كانت العينة تحتوى على الكربونات فإن الأس الهيدروجيني للعينة ٨,٥ أو أعلى بقليل ولكنها لا تصل إلى ١٠ فتتم المعايرة باستخدام الفينولفثالين ككاشف.

– قلوية الهيدروكسيد + الكربونات:

إذا كانت العينة تحتوى على الهيدروكسيلات والكربونات فإن الأس الهيدروجيني للعينة أكبر من ١٠ ويمكن حساب القلوية كالاتي:
قلوية الهيدروكسيد = القلوية الكلية – قلوية الكربونات.

– الكربونات والبيكربونات:

الأس الهيدروجيني للعينة يتراوح ما بين أقل من ٨,٤ الي ٤,٥

قلوية البيكربونات = القلوية الكلية – قلوية الكربونات

Types of alkalinity according to pH

1. pH 11.0 → 9.4: OH alk. & CO₃ alk.
No HCO₃ alk.
2. pH 9.4 → 8.3: CO₃ alk. & HCO₃ alk.
No OH alk.
3. pH 8.3 → 4.6: HCO₃ alk.
No CO₃ alk.. No OH alk.
4. pH 4.6 → 3.0
Mineral acids

So, according to pH value:

- a. OH = 2P – T & CO₃ = 2(T – P)
- b. CO₃ = 2P = T
- c. CO₃ = 2P & HCO₃ = T – 2P
- d. HCO₃ = T

الكواشف:

١. محلول ٠,٠٢ عيارى من كربونات الصوديوم Sodium carbonate:
١ جم من الملح ويتم إذابته فى ماء مقطر ويخفف إلى واحد لتر. ويتم
تجفيف حوالى ٢ جم من ملح كربونات الصوديوم عند درجة حرارة
٢٥٠م° لمدة ٤ ساعات ثم يبرد الملح فى المجفف ثم يؤخذ منه الوزن
المطلوب (١ جم).
٢. محلول ٠,٠٢ عيارى من حمض الكبريتيك Sulphuric acid:
يخفف ٠,٥٦ مللى من الحمض الكبرتيك المركز إلى واحد لتر بالماء
المقطر وتضبط عيارية بالمعيرة Potetiometric مع محلول كربونات
الصوديوم.
٣. كاشف الفينولفثالين Phenolphthaline:
يوزن ١٠٠ ملجم من ملح الفينولفثالين ثم يذاب فى ١٠٠ مللى ماء مقطر.
٤. كاشف المثيل البرتقالى Methyl orange:
يوزن ٢٠ مجم من ملح الصوديوم المثيل البرتقالى (Methyl orange) ثم
يذاب فى ١٠٠ مللى ماء مقطر.

الطريقة:

- يختار حجم العينة طبقا للمصدر ثم يقاس الأس الهيدروجينى للعينة وطبقا
للجدول يمكن تحديد نوع الكاشف ونوعية القلوية.
- يضاف نقطتين من الكاشف وتتم المعيرة باستخدام حمض الكبريتيك ففى
حالة الفينولفثالين تتم المعيرة حتى يتحول لون المحلول من الوردى الى
عديم اللون اما فى حالة المثيل البرتقالى فيتحول اللون من الأصفر إلى
اللون البرتقالى الفاتح.

طريقة الحساب:

القلوية ملجم/ لتر (منسوب إلى كربونات الكالسيوم CaCO_3)

$$= \text{ح} ١ \times \text{ع} \times ٥٠٠٠٠ / \text{ح} ٢$$

حيث أن:

ح ١ = حجم الحامض ٠,٠٢ عيارى

ح ٢ = العينة بالمليمترات

ع = عيارية محلول الحامض

دلالة الاختبار:

تعزى قلوية المياه لوجود هيدروكسيدات - كربونات - بيكربونات بعض عناصر الإقلاء، ويؤدي ارتفاع قلوية المياه إلى تزايد التكاثر البيولوجي، وليست هناك أضرار صحية على شرب المياه المحتوية على قلوية حتى ٤٠٠ مجم/لتر.

التعريف بعسر المياه وأنواعه:

٤. العسر الكلى

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 نوعين:

أ- عسر مؤقت:

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

ب- عسر دائم:

بسبب أملاح كبريتات وكلوريدات الكالسيوم وأكبريتات وكلوريدات المغنسيوم والتي تذوب بصورة طبيعية في المياه طالما وجدت هذه الأملاح في التربة التي تمر بها المياه.



وفى حين يمكن التخلص من العسر الموقت بتسخين المياه لتحويل بيكربونات الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة إلى كربونات الكالسيوم والمغنسيوم غير الذائبة

فإنه يصعب التخلص من العسر الدائم حيث لا يؤثر التسخين على كلوريدات وكبريتات الكالسيوم والمغنسيوم ويمكن التخلص من العسر الدائم بوسائل وتقنيات أخرى مثل التبخير ثم التكتيف والتناضح العكسي (RO). واستخدام المبادلات الأيونية.

تأثير العسر في 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.

أساس الطريقة:

باستخدام طريقة (EDTA) في وجود اريكروم بلاك تى كدليل لتقدير نسبة العسر الكلى في مياه الشرب.

إيثيلين ثنائى الأمين رابع حمض الخليك (EDTA) وأملاحه مع الصوديوم تكون مركباً قابلاً للذوبان عند إضافته إلى محلول يحتوى على كاتيونات معادن معينة. وعند اضافة كمية صغيرة من صبغة مثل اريكروم بلاك ت إلى محلول مائى يحتوى على أيونات الكالسيوم والمغنسيوم عند أس هيدروجينى أعلى من 10.0 ± 0.1 فإن المحلول يصير لونه أحمرًا خمرياً. وعند اضافة (EDTA) كمحلول معايرة فإن الكالسيوم والمغنسيوم يتحولان إلى مركبات معقدة، وبعد إضافة كمية كافية من (EDTA)، فإن المحلول يتحول من اللون الأحمر إلى الأزرق، وتكون هى نقطة التعادل.

ويزداد وضوح نقطة التعادل مع زيادة الرقم الهيدروجينى، وقد ثبت كفاية الرقم الهيدروجينى 10.0 ± 0.1 المفضل فى الطريقة.

الكواشف:

١. محلول ثابت الأمونيا Ammonia buffer:

يذاب ١٦,٩ جم كلوريد الأمونيوم Ammonium choride فى ١٤٣ مللى من محلول هيدروكسيد الأمونيوم Ammonia solution المركز، ويضاف ١,٢٥ جم من ملح (EDTA) الماغنسيومى المتعادل ثم يخفف إلى ٢٥٠ مللى بالماء.

يحفظ المحلول فى عبوة من البلاستيك غير الشفاف، مغلقة بإحكام لمنع فقدان الأمونيا أو امتصاص ثانى أكسيد الكربون، ويجب عدم التخزين لأكثر من شهر فى عبوة معرضة للفتح المتكرر، ويستغنى عنه عند عدم الحصول على رقم الهيدروجينى $10,0 \pm 0,1$.

٢. دليل الاريكروم بلاك ت (Eriochrom Black T):

يحضر مخلوط من المسحوق الجاف عن طريق خلط ٠,٥ جم من الدليل مع ١٠٠ جم كلوريد صوديوم. ويقترب الدليل من الفساد وخاصة عند تعرضه للهواء الرطب.

٣. محلول المعايرة (EDTA) القياسى ٠,٠١ جزيئى جرامى

:Ethylenediaminetetracetic acid disodium salt

يوزن ٣,٧٢١ جم من ايثيلين ثنائى الأمين رباعى الخلات ثنائى الصوديوم ثنائى التميؤ (EDTA) ثم يذاب فى الماء ويخفف إلى اللتر. يضبط التركيز عن طريق المعايرة مع محلول الكالسيوم القياسى.

٤. محلول الكالسيوم القياسى Calcium carbonate:

يوزن بالضبط ١ جم من مسحوق كربونات الكالسيوم اللامائى، فى قارورة ايرلنماير سعة ٥٠٠ مل. يوضع قمع على رقبة القارورة ثم يضاف قليلا من حمض الهيدروكلوريك المخفف (١+١) فى المرة الواحدة، حتى تذوب جميع كربونات الكالسيوم. يضاف ٢٠٠ مللى من الماء ثم يغلى لبضع دقائق حتى يطرد ثانى أكسيد الكربون. يبرد المحلول ثم يضاف بضع نقط من كاشف أحمر الميثيل ويضبط على اللون البرتقالى المتوسط بإضافة

محلول هيدروكسيد الامونيوم (٣ عيارى) أو حمض الهيدروكلوريك
المخفف (١+١). ينقل كميًا في قارورة حجمية سعة ١٠٠٠ مللى. يكون ١
مللى من هذا المحلول القياسى مكافئاً ١ ملجم كربونات كالسيوم.

الطريقة:

- يختار حجم من عينة الاختبار الذى يلزم له أقل من ١٠ مل محلول المعايرة (EDTA) ويجب ألا يزيد الوقت اللازم للمعايرة عن ٥ دقائق، محسوبة من وقت إضافة ثابت الأمونيا.
- يخفف ٢٥ مللى من العينة الى ٥٠ مل بالماء فى وعاء من الصينى أو ورق مخروطى. يضاف من ١ إلى ٢ مللى محلول ثابت الأمونيا، وعادة يكون ١ مللى كافياً للحصول على رقم هيدروجينى ١٠,٠ إلى ١٠,١ ويدل عدم ظهور تغير واضح فى اللون عند نقطة التعادل على أن الدليل قد فسد.
- تضاف كمية كافية من المسحوق الجاف للدليل، ثم يضاف ببطء محلول المعايرة (EDTA) مع التقليب المستمر، حتى يختفى اللون الأحمر الباهت من المحلول. يكون لون المحلول أزرقاً عند نقطة التعادل فى الظروف العادية.

حساب النتائج:

تحسب نسبة العسر الكلى مقدرة بمليجرام كربونات كالسيوم فى اللتر من
الصيغة: ح_١ × ١٠٠٠ / ح_٢

حيث أن:

ح_١ = حجم محلول الـ EDTA

ح_٢ = العينة بالمليمترات

التداخلات:

يسبب وجود بعض أيونات المعادن الثقيلة ووجود بعض المواد العضوية فى
عينة المياه ضعف وعدم وضوح اللون المميز لنقطة التعادل مما يؤدى إلى خطأ
فى تحديد القراءة الصحيحة. ويتم معالجة هذه المشكلة بتجفيف حجم معلوم من

العينة فى بوتقة من البورسيلين ثم يتم وضعها فى فرن الحرق Muffle عند درجة حرارة ٥٥٠°م لمدة نصف ساعة ثم يتم بعد التبريد إذابة الراسب المتكون فى ٢٠ مللى من محلول ١ عيارى من حمض الهيدروكلوريك ثم يتم معادلة المحلول عند أس هيدروجينى ٧ بإستخدام محلول ١ عيارى من هيدروكسيد الصوديوم. يكمل محلول العينة إلى الحجم المعلوم المأخوذ من البداية ثم يتم تقدير العسر كما فى الخطوات العادية.

عسر الكالسيوم:

بطريقة (EDTA) باستخدام الميروكسيد كدليل لتقدير نسبة الكالسيوم فى مياه الشرب.

أساس الطريقة:

عند إضافة إيثيلين ثنائى الأمين رابع حمض الخليك (EDTA) أو أملاحه إلى الماء المحتوى على كل من الكالسيوم والمغنسيوم، فإنه يتحد أولاً مع الكالسيوم الموجود، ويمكن تقدير الكالسيوم مباشرة باستخدام (EDTA) عن طريق زيادة الرقم الهيدروجينى بدرجة تكفى لترسب أغلب المغنسيوم على هيئة هيدروكسيد، باستخدام دليل يتحد فقط مع الكالسيوم. ويوجد دلائل عديدة تتغير فى اللون عند النقطة التى يكون عندها جميع الكالسيوم مع (EDTA) مركباً معقداً عند رقم هيدروجينى ١٢ إلى ١٣.

الكواشف:

محلول هيدروكسيد الصوديوم Sodium Hydroxide (١ عيارى).
دليل الميروكسيد (بيربورات المونيوم) Murexide (Ammonium Perpurate)،
يكون المخلوط المطحون لمسحوق الصبغة وكلوريد الصوديوم، دليلاً ذا مظهر ثابت، ويجهز بخلط ٢٠٠ ملجم من الميروكسيد مع ١٠٠ جم كلوريد صوديوم صلبة ثم يطحن المخلوط إلى حجم من ٣٠٠ إلى ٤٠٠ ميكرون. ويجب إجراء المعايرة مباشرة بعد إضافة الدليل لكونه غير ثابت فى المحلول القلوى.

محلول المعايرة (EDTA) القياسي ٠,٠١ جزيئ جرامى:الطريقة:

يستخدم ٥٠ مللى من عينة الاختبار أو حجم مناسب أقل، يخفف إلى ٥٠ مل لكى تكون كمية الكالسيوم حوالى ٥ إلى ١٠ ملجم يضاف ٢مللى من محلول هيدروكسيد الصوديوم، أو حجم كاف للحصول على رقم هيدروجينى من ١٢ الى ١٣، يقلب المحلول ثم يضاف من ٠,١ إلى ٢,٠ جرام من مخلوط الدليل ثم يتم معايرة العينة بإضافة محلول المعايرة (EDTA) ببطء، مع التقليب المستمر حتى نقطة التعادل.

حساب النتائج:

يحسب تركيز الكالسيوم مقدراً بمليجرامات الكالسيوم فى اللتر من الصيغة التالية:

$$\text{ح} ١ \times ١٠٠٠ / \text{ح} ٢$$

حيث أن:

ح ١ = حجم محلول الـ EDTA

ح ٢ = العينة بالمليمترات

عسر الماغنسيوم:

عسر الماغنسيوم = العسر الكلى - عسر الكالسيوم

دلالة الاختبار:

توجد الأملاح المسببة لعسر المياه بتركيزات متفاوتة تزيد عادة في المياه الجوفية حسب مكونات طبقات التربة التي تمر خلالها المياه ويسمح بتركيز مقداره ٠,٤ مجم مكافئ لكل كيلوجرام من العسر للاستخدام الصناعي فى الغلايات، وأعلى مستوى يسمح به من العسر الكلى هو ١٠٠ مجم/ لتر، بحد أقصى ٥٠٠ مجم/ لتر من كربونات الكالسيوم.

٥. الكلورايد

تستخدم طريقة موهر للتحليل الحجمى باستخدام محلول نترات الفضة القياسى ودليل كرومات البوتاسيوم لتقدير نسبة الكلوريد فى مياه الشرب.

أساس الطريقة:

يعاير الكلوريد فى المحاليل المتعادلة أضعيفة القلوية المحتوية على الكرومات باستخدام نترات الفضة ويطرسب كلوريد الفضة وتتكون كرومات الفضة الحمراء عند نقطة التعادل.

الاحتياطات:

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

الكواشف:

١. محلول كرومات البوتاسيوم Potassium chromate: يذاب ٥٠ جم من كرومات البوتاسيوم فى كمية قليلة من الماء وتضاف نترات الفضة لتكوين راسب أحمر خفيف يترك لليوم التالى ثم يرشح ويخفف إلى اللتر بالماء المقطر.
٢. محلول كلوريد الصوديوم القياسى Sodium chloride (٠,٠١٤١ عياري): يذاب ٠,٨٢٤٣ جم من كلوريد الصوديوم السابق تجفيفه عند ١٤٠°م لمدة ٣٠ دقيقة فى ٥٠٠ مللى من الماء يخفف المحلول إلى ١٠٠٠ مللى بالماء المقطر، كل ١ مللى من هذا المحلول يحتوى على ٠,٥ ملجم كلوريد.
٣. محلول نترات الفضة القياسى Silver nitrate (٠,٠١٤١ عياري): يذاب ٢,٣٩٦ جم من نترات الفضة فى ١٠٠٠ مللى من الماء وتتم معايرته باستخدام محلول كلوريد الصوديوم، لابد أن يحفظ هذا المحلول فى زجاجة بنية معتمة وبعيداً عن أشعة الشمس المباشرة.

الطريقة:

- توضع العينة إما فى طبق تبخير صينى أبيض أو قارورة مخروطية موضوعة على سطح أبيض.

- يضاف ١ مللى من محلول دليل كرومات البوتاسيوم ويعاير مع محلول نترات الفضة القياسى حتى يتغير اللون من الأصفر الصافى إلى الأصفر المحمر.

حساب النتائج:

تحسب نسبة الكلوريد مقدرة بمليجرامات كلوريد فى اللتر من الصيغة:

$$\text{ح } ١ \times \text{ت} \times ٣٥,٤٦ \times ١٠٠٠ / \text{ح } ٢$$

حيث أن:

ح ١: حجم محلول نترات الفضة (مللى) المستخدم فى التقدير.

ح ٢: هو الحجم بالمليترات لمحلول العينة.

ت: هى عيارية محلول نترات الفضة.

دلالة الاختبار:

يرجع وجود الكلوريدات فى مصادر المياه الطبيعية إلى ذوبانية بعض 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/ لتر. 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 من مراحل المعالجة، لذلك فارتفاع مستوى الكلوريد يعتبر مؤشراً على تسرب أو تلوث من مصادر الصرف ولا يجب أن يزيد مستوى الكلوريد فى مياه الشرب عن ٢٥٠ ميللجرام/ لتر.

أساس الطريقة:

٦. الكبريتيد

تستخدم طريقتين أحدهما معايرة حجمية تعتمد على إضافة حجم معلوم من محلول قياسى من اليود فى وسط حامضى لأكسدة الكبريتيد وتعاير الزيادة غير المتفاعلة مع ثيوكبريتات الصوديوم. والطريقة الثانية تعتمد على إضافة ثنائي

ميثيل - بارا - فينيلين داي أمين في وجود كلوريد الحديدك وقياس اللون المتكون.

الاحتياطات:

١. إذا لم تكن العينة المجمعة قد أضيف إليها خلات الخارصين لحفظها 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:

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

حيث:

A = حجم اليود المضاف أو المستخدم في 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 تتضمن المواصفات المصرية أو المواصفات العالمية حدود قصوى لتواجد هذه المادة. غير أن معايير الصرف على مياه نهر النيل تحدد تركيزاً أقصى مقداره ١ ميلليجرام/ لتر. والمصدر الأساسي المحتمل للكبريتيد في المياه هو التلوث بمياه الصرف الآدمي والصناعي. وتجدر الإشارة إلى أن استخدام الكلور في تعقيم المياه يؤدي إلى أكسدة الكبريتيد إلى كبريتات.

أساس الطريقة:

٧. تقدير الكبريتات

Sulfate

تترسب أيونات الكبريتات SO_4 في وجود حمض الهيدروكلوريك HCl وكلوريد الباريوم BaCl_2 مكونة كبريتات الباريوم BaSO_4 ذات العكارة التي يمكن قياسها

عند طول موجي ٤٢٠ نانومتر باستخدام جهاز الإسبكتروفومتر (Spectrophotometer).

الاحتياطات:

١. التأكد من عدم وجود أى عوالق أو ألوان فى المحلول، وفى حالة وجودها تجرى تجربة غفل (بلانك) للمقارنة.
٢. التأكد من عدم وجود سيليكات بتركيز أكبر من ٥٠٠ مجم/لتر لتداخلها.
٣. تقاس العكارة كل ٣٠ ثانية ولمدة ٤ دقائق ويؤخذ أعلاها.

الأجهزة:

- أ. قطب مغناطيسى Magnetic Stirrer
- ب. الإسبكتروفومتر Spectrophotometer
- ج. ساعة إيقاف

الكواشف:

كاشف التكييف Conditioning Reagent:

- يحضر بخلط ٥٠ مل جلسرين Glecrine مع محلول مكون من ٣٠ مل حمض الهيدروكلوريك، ٣٠٠ مل ماء مقطر، ١٠٠ مل من كحول الإيثيلي ٩٥٪ Ethyl alcohol، ٧٥ جم من كلوريد الصوديوم Sodium chloride.
- أ. كلوريد الباريوم Barium chloride (BaCl_2).
 - ب. محلول قياسى من الكبريتات.

الطريقة:

فى هذه الطريقة يتم تقدير الكبريتات الذائبة فقط ولذلك لابد من ترشيح العينة على ورق الترشيح السليولوزى Membrane filter 0.45µm.

ضع حجماً معيناً من العينة فى إناء زجاجى مخروطى ضف ٥ مل من الكاشف conditioning reagent واخلط المحلول باستخدام المقلب المغناطيسى وخلال

عملية التقلب صف حوالى ١ جم من حبيبات كلوريد الباريوم وابدأ بتشغيل ساعة الإيقاف واستمر لمدة دقيقة فى التقلب. ينقل المحلول مباشرةً إلى خلية جهاز الأسبكتروفومتر وتقاس درجة العكارة لكل العينات فى خلال من ٣٠ ثانية ولمدة دقيقتين عند طول موجى ٤٢٠ نانوميتر.

طريقة الحساب:

مليجرام كبريتات (SO₄) / لتر = أ × ١٠٠٠ / حجم العينة بالمليمتتر
حيث أن:
أ = تركيز العينة من المنحنى القياسى

إعداد منحنى الكبريتات القياسى:

يستخدم جهاز الطيف اللونى Spectrophotometer لقياس درجة عكارة العينة. لذلك يلزم تحضير محلول قياسى للكبريتات لعمل المنحنى.

يتم استخدام محلول حمض الكبريتيك المستخدم فى تقدير قلوية المياه فى تحضير محلول قياسى للكبريتات عن طريق أخذ حجم من هذا المحلول مقداره ١٠,٤ مللى ويكمل إلى لتر بالماء المقطر وتكون قوة هذا المحلول تكافئ ١ مللى = ١ مجم كبريتات. يؤخذ ما يكافئ تركيزات مختلفة من هذا المحلول مثل ١. ٢. ٣ مللى، وهكذا، من هذا المحلول وهو ما يعادل ١مجم، ٢ ملجم، وهكذا، ثم يكمل إلى ١٠٠ مللى بالماء المقطر ثم ينقل إلى ورق مخروطى ويجرى عليه مثل تحليل العينة تماماً، يتم تسجيل قراءات الجهاز للتركيزات المعروفة والتي منها يمكن معرفة تركيز العينة المجهولة بعد ذلك.

دلالة الاختبار:

تعتبر كبريتات الكالسيوم المذابة من الطمي، بالإضافة إلى الأكاسيد الكبريتية المتصاعدة من المناطق الصناعية، مصدراً رئيسياً للكبريتات فى المياه، ووجود كميات كبيرة من الكبريتات يعطى مذاقاً حامضياً للمياه، ويسبب الإسهال، ويعتبر رقم ٢٥٠ مجم/لتر هو الحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب.

٨. السليكا الذائبة

توجد السليكا في الطبيعة في صورة مركبات ولا تتواجد في صورة حرة، وفي حالة وجود تركيز عالي من عنصر المغنسيوم تتفاعل السليكا معه مكونة ترسيبات في أجهزة الغلايات، وتتفاعل السليكا مع موليبدات الأمونيوم عند أس هيدروجيني ١,٢ مكونة مركب سليكات الموليبدنيم والذي له لون أصفر مميز يتم قياسه عند طول موجي ٤٢٠. كما تصل حساسية هذه الطريقة إلى ١ ملليجرام/ لتر.

الكواشف:

١. حمض الهيدروكلوريك Hydrochloric acid المخفف إلى ١+١
٢. موليبدات الأمونيوم Ammonium molybdate:
- يذاب ١٠ جم من ملح موليبدات الأمونيوم في ١٠٠ مللي ماء مقطر.
٣. محلول حمض الأوكزليك Oxalic acid:
- يذاب ١٠ جم من ملح حمض الأوكزليك في ١٠٠ مللي ماء مقطر.

الطريقة:

في هذه الطريقة السليكا التي يتم تقديرها هي السليكا الذائبة فقط ولذلك لابد من ترشيح العينة على ورق الترشيح السيلولوزي Membrane filter 0.45µm.

يؤخذ حجم مناسب من العينة + ١ مللي من حمض الهيدروكلوريك (١+١) ثم يضاف ٢ مللي من محلول موليبدات الأمونيوم. يرج المحلول جيداً ثم يضاف ٢ مللي من محلول حمض الأوكزليك ويقاس اللون الأصفر المتكون بعد مرور ١٠ دقائق عند طول موجي ٤٢٠.

إعداد منحني السليكا القياسي:

نتيجة لصعوبة ذوبان مركبات السليكا في الماء وارتفاع نسبة الشوائب بها فقد وجد أنه من الصعوبة استخدام أحد مركبات السليكا في إعداد المحلول القياسي ولكن يتم إعداد المحلول القياسي بدلالة أحد المحاليل العيارية القياسية والتي تعطى نفس اللون الأصفر المميز للسليكا وهو محلول محضر من مركب

كرومات البوتاسيوم بتركيزات مختلفة وفي وجود مركب البوركس (بورات الصوديوم).

١. كرومات البوتاسيوم Potassium chromate:

يتم إذابة ٠,٦٣ جم من كرومات البوتاسيوم في ١ لتر ماء مقطر.

٢. محلول البوركس Sodium borate decahydrate (Borax):

يتم إذابة ١٠ جم من بورات الصوديوم والتي تحتوى على عشر جزيئات من الماء $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ في ١ لتر من الماء المقطر. ويتم تجهيز التركيزات المختلفة كما هو موضح بالجدول رقم (٦-٣).

جدول رقم (٦-٣)

التركيزات المختلفة المطلوبة لإعداد منحنى السليكا القياسى

تركيزات السليكا المطلوبة (μg)	عدد مللى مكافئ من محلول الكرومات	حجم مللى من محلول البوركس	حجم مللى من الماء المقطر
٠,٠	٠,٠	٢٥	٣٠
١٠٠	١	٢٥	٢٩
٢٠٠	٢	٢٥	٢٨
٤٠٠	٤	٢٥	٢٦
٥٠٠	٥	٢٥	٢٥
٧٠٠	٧	٢٥	٢٣
١٠٠٠	١٠	٢٥	٢٠

على أن يتم حساب السليكا مقدرة ملجم/ لتر $\text{SiO}_2 =$ قراءة μgSiO_2 (فى حجم محلول نهائى ٥٥ مللى)/ حجم العينة.

٩. مجموعة

النيتروجين

من المعروف أن النتروجين الجوى يتحول بفعل بعض الظروف البيئية إلى أمونيا ونيتريت و نترات، وتستطيع النباتات ان تستوعب جزء من النترات الموجودة بالتربة بينما يتسرب الجزء الباقي الى المياه الجوفية والسطحية. والنترات هى أملاح حمض النيتريك ومعظمها سريعة الذوبان فى الماء، أما النيتريت فهى أملاح حمض النيتروز وهى أكثر ثابثا من الحمض نفسه وهى سريعة الذوبان فى الماء.

وتعتبر المخلفات الصناعية والأدمية من المصادر الأساسية لتلوث البيئة بالمواد النيتروجينية، وقد وجد أن لتركيز كل من النيتروجين والأمونيا والنيتريت دلالة واضحة على عمر التلوث، فإذا كانت المياه تحتوى على تركيز عالى من الأمونيا دل على أن التلوث حديث، أما إذا كان تركيز النترات أعلى دل ذلك على أن التلوث قد مضى عليه فترة زمنية.

ويبرز التأثير الضار للنترات والنيتريت فى الإصابة بمرض (الميثاموجلوبينيما) وخاصة الأطفال الرضع ولقد وجد أن هناك صلة وثيقة بين ظهور المرض واستهلاك المياه التى تحتوى على أكثر من ٤٠ ملجم من النترات لكل لتر مقدرة كنترات.

الأمونيا NH_3H :

تتفاعل الأمونيا مع الهيبوكلوريت فى وجود الفينول ونيتروبروسيد الصوديوم مكونة مركب مميز أزرق اللون، كما تتراوح حساسية هذه الطريقة بين ٠,٠٢ إلى ٢ مجم أمونيا/ لتر، يتم تجميع عينة الأمونيا فى زجاجة أخرى غير زجاجة العينة لبقية الصفات التحليلية وتكون بنية اللون ومعتمة وتملئ حتى الحافة وتحفظ فى درجات حرارة منخفضة حتى البدء فى إجراء التحليل.

الكواشف:

١. محلول الفينول Phenol solution:

يخلط ١١,١ مللى من محلول الفينول (٨٩ %) مع الكحول الإيثيلي ويكمل إلى حجم نهائى ١٠٠ مللى، ويجب ملاحظة أن محلول الفينول قبل التخفيف بالكحول ثابت إلى فترة طويلة إذا تم حفظه فى الثلاجة وفى زجاجة بنية معتمة، ولكن المحلول بعد تخفيفه بالكحول الإيثيلي غير ثابت ولذلك يجب أن لا يتم تخفيف كميات كبيرة منه، ويفضل تحضير كميات صغيرة لأن مدة ثباته أسبوع واحد فقط من تاريخ التخفيف على أن يحفظ فى زجاجة بنية معتمة داخل الثلاجة.

٢. نيتروبروسيد الصوديوم Sodium nitroprusside:

يذاب ٥ جم من نيتروبروسيد الصوديوم في ١٠٠ مللى ماء مقطر. ويحفظ المحلول في زجاجة بنية معتمة لمدة شهر واحد في الثلاجة.

٣. محلول قلوى السترات Alkaline citrate:

يذاب ٢٠٠ جم من سترات ثلاثى الصوديوم مع ١٠ جم من هيدروكسيد الصوديوم في ماء مقطر ويكمل المحلول إلى اللتر.

٤. محلول هيبوكلوريت الصوديوم Sodium hypochlorite: ٥٪.

٥. محلول الأكسدة Oxidizing solution:

يخلط ١٠٠ مللى من محلول قلوى السترات مع ٢٥ مللى من محلول هيبوكلوريت الصوديوم. ويحضر هذا المحلول يوميا مع الحفظ في زجاجة بنية معتمة.

الطريقة:

يوضع ٢٥ مللى من العينة في دورق سعة ٥٠ مللى ثم يضاف ١ مللى من محلول الفينول ثم ١ مللى من محلول نيتروبروسيد الصوديوم ثم يضاف ٢٠٥ مللى من محلول الأكسدة، يغطى الدورق جيدا ثم يترك لمدة ساعة ويقاس بعدها اللون الأزرق المتكون عند طول موجى ٦٤٠.

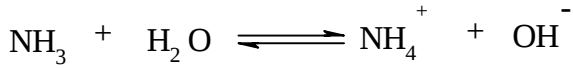
إعداد منحني الأمونيا القياسى:

يستخدم محلول محضر من كلوريد الأمونيا Ammonia chloride لإعداد منحني الأمونيا القياسى حيث يذاب ٣,٨١٩ جم من كلوريد الأمونيا NH_4Cl في الماء المقطر ويكمل إلى لتر، وبذلك تكون قوة هذا المحلول ١ مللى = ١,٢٢ ملجم NH_3 ، يتم تحديد التركيزات المطلوبة والتي يتم من خلالها رسم منحني القياس من خلال حدود التركيزات التى تكون فيها العينات بمعنى أن حدود تركيزات عينات الصرف تختلف عن حدود تركيزات عينات مياه الشرب، بعد أخذ

التركيز المطلوب يتم تكملته إلى ٢٥ مللى بالماء المقطر ثم يتم عليه نفس خطوات العينة.

دلالة الاختبار:

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



فعند أس أيدروجيني أكبر من ٧ يكثر وجود غاز الأمونيا، وأقل من أس أيدروجيني ٧ يكثر أيون الأمونيوم، وارتفاع كمية الأمونيا بدرجة كبيرة يسبب تلوثاً ساماً، ويبلغ مستوى الأمونيا فى الماء أقل من ١٠ ميكروجرام/ لتر، ويعتبر الحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب ٠,٥ مجم/ لتر.

النيتريت: NO₂

أساس التجربة:

لقد وجد أن الطريقة اللونية الناتجة عن تفاعل ايون النيتريت مع حمض الصلفونيلاك فى الوسط الحامضى مكونة املاح الدايزونيم والتي تتحد مع النفثيل اثيلين ثنائى الامين ثنائى الهيدروكلوريد (NED) مكونة لون احمر وردى يمكن قياسه. وحساسية هذه الطريقة تتراوح بين ١٠ إلى ١٠٠٠ ميكروجرام نيتريت/ لتر.

الاحتياطات:

١. يجب أن تكون العينة شفافة وغير ملونة.
٢. يجري التحليل في أسرع وقت ممكن.

٣. يمكن إجراء التحليل خلال يومين إذا حفظت العينة عند - ٢٠ °م أو بإضافة ٤٠ مجم من أيون الزئبقيك علي كل لتر من العينة وحفظها عند ٤ °م.

الأجهزة والأدوات:

جهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) ويستخدم عند طول موجة ٥٢٠ نانومتر.

الكواشف:

١. حمض السلفانيليك Sulphanilic acid:

يذاب ٠,٦ جم في ٧٠ مللى ماء مقطر ساخن، بعد التبريد يضاف ٢٠ مللى حمض الهيدروكلوريك المركز ثم يكمل المحلول إلى ١٠٠ مللى بالماء المقطر.

٢. ألفا نفتيل أمين هيدروكلوريد α -naphthylamine hydrochloride:

يضاف ١ مللى من حمض الهيدروكلوريك المركز إلى ٠,٦ جم من ملح ألفا نفتيل أمين هيدروكلوريد ثم يكمل المحلول إلى ١٠٠ مللى بالماء المقطر.

٣. خلالات الصوديوم Sodium acetate:

يذاب ١٦٦,٤ جم $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ أو ٢٧,٢ جم $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ في ١٠٠ مللى من الماء المقطر.

الطريقة:

٥٠ مللى من العينة + ١ مللى من حمض السلفانيليك، يرج المحلول جيداً وهذا المحلول يكون الأس الهيدروجيني له ١,٤، بعد ٣ دقائق يضاف ١ مللى من محلول ألفانفتيل أمين ثم ١ مللى أسيتات الصوديوم ويرج المحلول جيداً ويقاس شدة اللون بعد ١٠ دقائق عند طول موجي ٥٢٠.

محلول نيتريت الصوديوم القياسي: Stock Nitrite Solution:

ويتم تحضيره بإذابة ٠,٤٩٣ جم من نيتريت الصوديوم في الماء المقطر وتخفيف الى واحد لتر (محلول رقم ١).

من هذا المحلول (محلول رقم ١) يتم أخذ ١٠٠ مللى ثم يكمل إلى لتر بالماء المقطر (محلول رقم ٢)، ثم يؤخذ من هذا المحلول (رقم ٢) ٥٠ مللى ويخفف إلى ١ لتر بالماء المقطر (محلول رقم ٣)، تركيز هذا المحلول (رقم ٣) يكافئ ١ مللى = ١,٦ ميكروجرام نيتريت (NO_2)، يتم تحديد التركيزات المطلوبة رسم منحنى القياس لها من خلال طبيعية العينات الواردة. يؤخذ من المحلول رقم ٣ التركيزات المطلوبة ويكمل إلى ٥٠ مللى مثل العينة وتجري عليها نفس الخطوات مثل العينة.

دلالة الاختبار:

النيتريت من المواد غير الثابتة حيث يسهل أكسدته إلى صورة النترات ووجوده يعتبر مؤشراً على تلوث سابق ناشئ من أكسدة الأمونيا، وعادة لا يرتفع مستواه عن ٠,٢ مجم/لتر في المياه السطحية أو الجوفية، ويؤدي وجود النيتريتات في مياه الشرب إلى تكوين نيتروزأمينات في الجسم وهى مركبات مسرطنة.

طريقة تعيين النترات NO_3

باستخدام الصوديوم ساليسلات Sodium Salicylate

أساس الطريقة:

يتفاعل أيون النيتريت مع الصوديوم ساليسلات في وجود حمض الكبريتيك المركز مكونا حمض النتروسلساليك ذو اللون الأصفر والذي يمكن قياسه عند ٤٢٠ نانومتر في وجود محلول بوتاسيوم صوديوم تترات.

التداخلات (Interferences):

١. احتواء العينة على مواد صلبة، ففي هذه الحالة يجب ترشيح العينة على غشاء سليولوزى ٠,٤٥ ميكرومتر.
٢. احتواء العينة على تراكيز عالية من الكلوريد يجب إضافة كمية من محلول نيترات الفضة.
٣. احتواء العينة على تراكيز من الحديد تتراوح ما بين ٠,٥ إلى ٥ مجم/لتر، يضاف ضعف الكمية من الصوديوم ساليسلات.

الكواشف:

١. صوديوم ساليسلات (Sodium Salicylate):
يذاب ٠,٥ جم من ملح ساليسلات الصوديوم فى ١٠٠ مللى ماء مقطر، هذا المحلول لابد أن يحضر وقت عمل العينة ولا يصلح استخدامه بعد ذلك إلا فى نفس اليوم.
٢. محلول هيدروكسيد الصوديوم + تارتارات الصوديوم البوتاسيوم Sodium hydroxide+Potassium sodium tartarate:
الذي يحضر بإذابة ٤٠٠ جم من هيدروكسيد الصوديوم، ٦٠ جم من ملح البوتاسيوم صوديوم تارتارات فى واحد لتر ماء مقطر، ولا بد من حفظ هذا المحلول فى عبوات بلاستيكية ولا يحفظ فى عبوات زجاجية.
٣. حمض كبريتيك مركز Sulphuric acid

الطريقة:

يؤخذ ٥٠ مللى من العينة ويضاف ١ مللى من محلول ساليسلات الصوديوم ثم توضع العينة على حمام مائى حتى تجف تماماً، يلاحظ تكون راسب أبيض فى قاع الكأس. يضاف على هذا الراسب ٢ مللى من حمض الكبريتيك المركز ثم ١٥ مللى ماء مقطر ثم يترك المحلول حتى يبرد تماماً، ثم يضاف ١٥ مللى من محلول تارتارات الصوديوم البوتاسيوم ثم يترك المحلول حتى يبرد تماماً،

يكمل المحلول بالماء المقطر إلى الحجم الأولي (٥٠ مللى). يقاس تركيز النترات عند طول موجي ٤٢٠.

محلول نترات الصوديوم القياسي: Stock Sodium nitrate Solution:
ويتم بإذابة ٠,٦٠٧١ جم من نترات الصوديوم ويخفف إلى واحد لتر. ويعتبر هذا المحلول تركيزه ١ مل = ١٠٠ ميكروجرام $\text{NO}_3\text{-N}$ (محلول رقم ١)، يتم تخفيف ١٠٠ مللى من محلول (١) ويكمل إلى ١ لتر بالماء المقطر (محلول رقم ٢) بحيث يصبح تركيز هذا المحلول ١ مل = ١٠ ميكروجرام $\text{NO}_3\text{-N}$ ، يتم تحديد التركيزات المطلوب رسم المنحنى القياسي من خلالها ويتم معاملة التركيزات المختلفة كما سبق في العينة.

دلالة الاختبار:

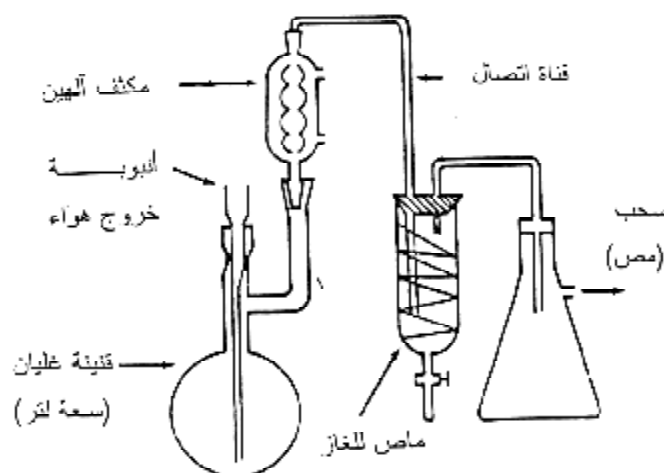
النترات هي الناتج النهائي لأكسدة مركبات النيتروجين (نيتروجين عضوي - أمونيا ونيتريت)، وتقديرها من الأهمية بمكان، حيث أن ارتفاع مستواها يؤدي إلى أمراض خطيرة، ومياه الشرب لا يجب أن يزداد مستوى النترات فيها عن ٤٥ مجم/ لتر. وزيادة تركيز النترات يؤدي إلى تسمم دماء الأطفال (Methomoglobinemia).

أساس الطريقة:

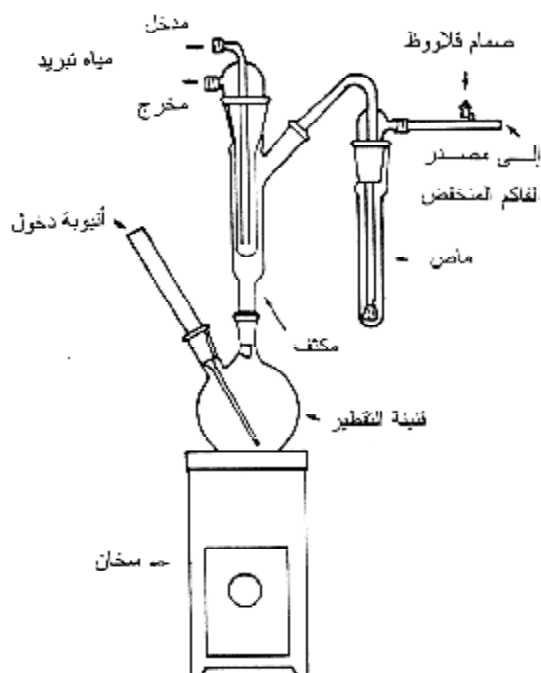
١٠. السيانيد

تعتمد الطريقة على تقطير العينة المحمضة وجمع حمض الهيدروسيانيك الناتج في أيروكسيد صوديوم وتقديره بالمعايرة الحجمية أو القياس الجهدى باستخدام قطب السيانيد الأيونى افنتقائى، أو بتحويله إلى كلوريد السيانوجين وتفاعله مع بيريدين بيرازولون أو حمض بيريدين باربتيرك وقياس كثافته الضوئية عند ٦٢٠ و ٥٧٨ نانومتر على الترتيب، ويمكن قياس أيون السيانيد الناتج باستخدام الطرق الجهدية مع القطب المنتخب لأيون السيانيد.

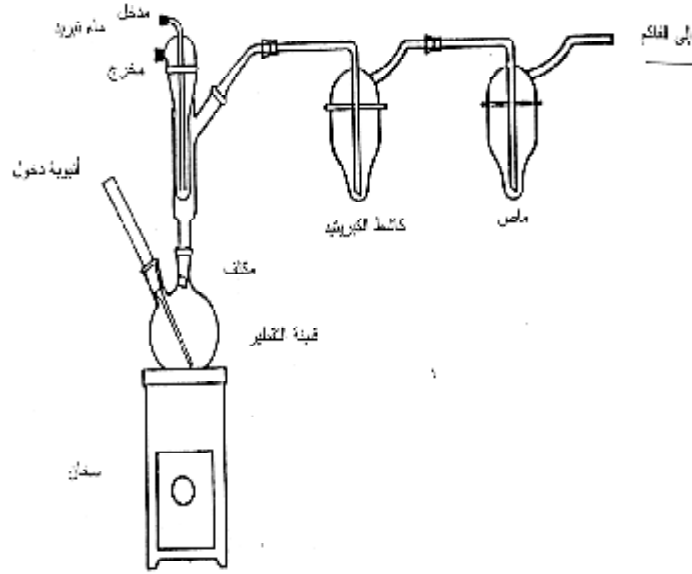
ويستخدم أحد الأجهزة المبينة فى الأشكال (٦-٦)، (٦-٧)، (٦-٨) فى عملية التقطير.



شكل رقم (٦-٦)
جهاز تقطير السياتيد، نموذج (أ)



شكل رقم (٦-٧)
جهاز تقطير السياتيد، نموذج (ب)



شكل رقم (٦-٨)
جهاز تقطير السيانييد، نموذج (ج)

الاحتياطات:

١. يضاف حمض الأسكوربيك في وجود الكلور في العينة.
٢. تحفظ العينة في وسط قلوي (أس أيروجيني أكبر من ١٢).
٣. تحلل العينة بمجرد جمعها.
٤. في وجود النتريت أو النترات يجب إضافة حمض السلفاميك.
٥. وجود أحماض الأليفاتية يتداخل في التقدير اللوني ويجب إزالتها باستخلاصها بمذيب عضوي.
٦. في حالة وجود أيون كبريتيد في العينة يجب إمرار الحمض المتطاير في مصيدة تحتوي على محلول خلات الرصاص.

طريقة الحساب:

(١) طريقة المعايرة الحجمية:

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

حيث:

$$\begin{aligned}
 A &= \text{حجم نترات الفضة المستخدمة في معايرة العينة المأخوذة من ٢٥٠ سم}^3 \text{ هو الحجم الكلي.} \\
 B &= \text{حجم نترات الفضة المستخدمة في التجربة الغفل.} \\
 N &= \text{عيارية نترات الفضة.}
 \end{aligned}$$

(٢) الطريقة الطيفية:

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

حيث:

$$\begin{aligned}
 A &= \text{وزن السيانيد (ميكروجرام) من منحنى المعايرة.} \\
 B &= \text{حجم العينة المأخوذة للمعايرة.} \\
 C &= \text{حجم العينة المأخوذة للقياس الطيفي.} \\
 &\text{وحدة القياس: } \mu\text{g/L}
 \end{aligned}$$

دلالة الاختبار:

يعتبر وجود السيانيد دليلاً على وجود تلوث خطير شديد السمية ينشأ من النشاط الصناعي. وتعتبر الأسماك في مياه الأنهار مؤشراً حساساً للتلوث بالسيانيد. ومعظم السيانيد الحر يتواجد في هيئة حمض هيدروسيانيك المتطاير HCN ولا يسمح بتركيز أعلى من ٠,٠٥ مجم/ لتر من السيانيد في مياه الشرب.

١١. الفوسفات PO_4 يعتبر الفوسفات من العناصر المغذية الأساسية لكل الكائنات الحية حيث لها تأثير مباشر على معدلات نموها. بالإضافة إلى أن الفوسفات من المواد التي لها العديد من الاستخدامات سواء في الأسمدة الزراعية أو في العديد من الصناعات مثل صناعة المنظفات.

ويتم تقدير الفوسفات في الماء عن طريق تكسير كل مركبات الفوسفات في وجود حامض قوى مع الغليان وذلك لتحويل كل مركبات الفوسفات إلى الوضع الأورسوفوسفات والذي يتفاعل بدوره مع موليبدات الأمونيوم مكونة مركب

المليبيدوفوسفات والذي له لون أزرق مميز عند إضافة كلوريد الزرنيخ، كما تصل حساسية هذه الطريقة إلى ٣ ميكروجرام فوسفات/ لتر.

الاحتياطات:

١. الأخذ في الاعتبار أن وجود الزرنيخات يؤثر على النتائج.
٢. وجود الكبريتيد يتداخل ويؤثر على النتائج ويجب اكسدته بواسطة برمنجانات البوتاسيوم متبوعة بحمض الأسكوربيك.
- وجود الكرومات (الكروم السداسي) يؤثر على النتائج ويجب التخلص منه بواسطة حمض الأسكوربيك.

الكواشف:

١. مولبيدات الأمونيوم Ammonium molybdate:
يذاب ٢٥ جم من مولبيدات الأمونيوم في ١٧٥ مللى ماء مقطر ثم يضاف إلى محلول مكون من ٧٧,٥ مللى من حمض الكبريتيك المركز + ٤٠٠ مللى ماء مقطر، يترك المحلول حتى يبرد تماماً ثم يكمل بالماء المقطر إلى اللتر.
٢. كلوريد الزرنيخ Stannous chloride:
يذاب ٢,٥ جم من كلوريد الزرنيخ في ١٠٠ مللى جلسرين.
٣. محلول حمض الكبريتيك Sulphuric acid:
يضاف ٣١٠ مللى من حمض الكبريتيك إلى ٦٠٠ مللى ماء مقطر ويترك المحلول حتى يبرد تماماً ثم يكمل إلى اللتر.
٤. ملح فوق كبريتات البوتاسيوم Potassium persulphate

الطريقة:

يضاف ١ مللى من محلول حمض الكبريتيك إلى حجم مناسب من العينة (٥٠ مللى) ثم يضاف ٠,٤ جم من كبريتات البوتاسيوم المزدوجة Potassium persulfate، يغلى المحلول لمدة نصف ساعة ثم يترك حتى يبرد تماماً ثم يعاد إلى حجمه الأصلي ثم يضاف ٢ مللى من محلول موليبيدات الأمونيوم + ٣ نقط من محلول كلوريد الزرنيخ والذي يعطى لون أزرق مع مركب الموليبيدوفوسفات المتكون، يتم قياس شدة اللون الأزرق عند طول موجى ٦٥٠.

محلول الفوسفات القياسى: Stock Standard Phosphate Solution:

يذاب ٠,٧١٦٤ من ملح فوسفات البوتاسيوم ثنائى الهيدروجين فى ١ لتر من الماء المقطر (محلول رقم ١)، يؤخذ ١٠٠ مللى من هذا المحلول ويكمل إلى اللتر بالماء المقطر (محلول رقم ٢)، يتم تحديد التركيزات المطلوب رسم منحنى القياس لها من خلال مستوى تركيز الفوسفات فى العينات.

هناك بعض الفروق فى إعداد منحنى القياس والعينة حيث يتم ما يلى:
يكمل حجم التركيز بالماء المقطر إلى ٥٠ مللى ثم يضاف ١ مللى من حمض الكبريتيك المحضر + ٢ مللى موليبيدات الأمونيوم + ٣ نقط من محلول كلوريد الزرنيخ يتم قياس شدة اللون بعد مرور من ٣ إلى ٥ دقائق عند طول موجى ٦٥٠.

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 صناعى وتعتبر المنظفات الصناعية من أهم المصادر الناتجة عن النشاط الأدمى، 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.

١٢. الحديد Fe

يعتبر الحديد رابع العناصر التي تدخل في تكوين قشرة الأرض من حيث الوزن، وهو عنصر شائع في الصخور والتربة وجزء أساسي في التربة الطينية، ويوجد في الماء بكميات مختلفة وذلك اعتماداً على التكوينات الجيولوجية للمنطقة والمكونات الكيميائية للمجرى المائي والحديد عنصر ضروري لنمو وحياة النبات والحيوانات وتتراوح حاجة الجسم اليومية لعنصر الحديد من ١ إلى ٢ مجم إلا أن معدل الحاجة الغذائية يجب أن تكون أعلى من هذا ليعوض عن ضعف امتصاص أملاح الحديد.

وتأتي المخلفات الصناعية في مقدمة مصادر التلوث بالحديد مثل تصريف مياه المناجم والمياه الجوفية الحاملة للحديد ويطرسب الحديد في الماء في وجود الأكسجين على هيئة هيدروكسيد الحديد الأصفّر أو أكسيد الحديد الأحمر، كما أن حساسية هذه الطريقة تصل إلى ١٠ ميكروجرام حديد/لتر.

الطريقة اللونية لتقدير نسبة الحديد والتي يستخدم فيها الفينانثرولين:

يقوم التسخين الابتدائي بواسطة الحمض بإزالة السيانيات والنترينات التي تتداخل إذا كانت موجودة ووجود المواد المؤكسدة القوية بتركيز كاف يقوم باتلاف الهيدروكسيلامين، وإضافة كمية زائدة من الهيدروكسيلامين يمنع الخطأ الناتج عن هذه المواد.

أساس الطريقة:

يذاب الحديد بواسطة تسخين العينة مع حمض ثم يختزل إلى حالة الحديدوز بالهيدروكسيلامين ثم يضاف ١ : ١٠ فينانثرولين لتكوين مركب معقد أحمر برتقالي. وتعتمد شدة اللون على درجة تركيز الحديد.

الكواشف:

١. محلول خلات الصوديوم Sodium acetate:

يذاب ٢٠٠ جم من خلات الصوديوم $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ في ٨٠٠ مللى من الماء المقطر.

٢. محلول مثبت الأس الهيدروجيني من خلات الأمونيوم

:Ammonium Acetate Buffer Solution

يحضر بإذابة ٢٥٠ جم من خلات الأمونيوم $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ في ١٥٠ مللى ماء مقطر. يضاف ٧٠٠ مللى من حمض الخليك المركز.

٣. محلول هيدروكلوريد الهيدروكسيلامين

:Hydroxylamine hydrochloride Solution

يذاب ١٠ جم من هيدروكلوريد الهيدروكسيلامين $(\text{NH}_2\text{OH}.\text{HCl})$ فى ١٠٠ مللى ماء مقطر.

٤. محلول ١.١٠ الفينانثرولين 1.10 Phenanthroline

يذاب ٠,١ جم من الفينانثرولين $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2.\text{H}_2\text{O}$ فى ١٠٠ مللى ماء مقطر مع التقليب المستمر، يتم التخلص من المحلول إذا تغير لونه.

الأجهزة:

- جهاز اسبكتوفوتوميتر ويستخدم عند طول موجى ٥١٠ نانومتر.
- قوارير مخروطية سعة ١٢٥ مل.

الطريقة:

١. تقدير الحديد الكلي في العينة Total Iron:

تمزج العينة جيداً وينقل ١٠٠ مللى من العينة إلى قارورة مخروطية سعة ٢٥٠ مللى، يضاف ٢ مللى حمض الهيدروكلوريك المركز ثم يضاف ١ مل هيدروكلوريد الهيدروكسيلامين، وعدد من كرات الزجاج وتسخن حتي الغليان، تستمر في الغليان حتي ينقص حجم العينة إلي حوالي ١٥ مللى، ثم تبرد العينة ويتم نقلها إلي قارورة حجمية سعة ١٠٠ مللى، يضاف ١٠ مللى من محلول مثبت الأس الهيدروجيني $\text{NH}_4\text{C}_2\text{O}_2\text{H}_2$ ، ثم يضاف ٤ مللى من محلول الفنترولين، يضاف ماء مقطر حتي العلامة، يقاس شدة اللون فى العينة بعد مرور ١٠ دقائق.

٢. تقدير الحديد الذائب:

يتم ترشيح ١٠٠ مللى من العينة باستخدام ورق ترشيح ٠,٤٥ ميكرومتر (0.45-µm membrane filter) في قارورة حجمية سعة ٢٥٠ مللى ثم تتم نفس الخطوات السابقة.

محلول الحديد القياسى المركز المحتوى على ٠,٢ جم حديد/ لتر:

يمكن تحضير محلول قياسى للحديد من مادة كبريتات الحديدوز الأمونيومى (Ferrous ammonium sulphate) وذلك بإضافة ٢٠ مللى من حمض الكبريتيك المركز إلى ٥٠ مللى من ماء مقطر، ثم يذاب ١,٤٠٤ جم ملح كبريتات الحديدوز الأمونيومى $Fe(NH_4)_2(SO)_2 \cdot 6H_2O$ فى هذه الكمية من الماء، يضاف محلول ٠,١ عيارى بوتاسيوم برمنجنات ($KMnO_4$) نقطة نقطة حتي يظهر اللون الوردي الغامق ثم يخفف الي ١ لتر بالماء المقطر (محلول رقم ١) - وتركيز المحلول ١ مللى يكافئ ٢٠٠ ميكروجرام - يخفف ٥٠ مللى من هذا المحلول إلى ١ لتر (محلول رقم ٢)، وعلى ذلك يكون تركيز هذا المحلول ١ مللى يكافئ ١٠ ميكروجرام، يحدد تركيزات منحنى القياس من خلال مستوى تركيز الحديد فى العينات، وعند عمل منحنى القياس هناك بعض الفروق بين إجراء العينة وإعداد منحنى القياس.

يستخدم المحاليل الكواشف كما يلى:

تركيز محلول الحديد المطلوب + ١ مللى من هيدروكلوريد الهيدروكسلامين + ١٠ مللى ١٠,١ فينانثرولين + ١٠ مللى من خللات الصوديوم (بدلاً من خللات الأمونيا) يكمل المحلول إلى ١٠٠ مللى بالماء المقطر ثم يقاس شدة اللون بعد ١٠ دقائق.

١٣. المنجنيز

Manganese Mn

تستخدم الطريقة اللونية بواسطة فوق الكبريتات لتقدير نسبة المنجنيز في مياه الشرب، وتصل حساسية الطريقة إلى ٤٢ ميكروجرام منجنيز/ لتر.

أساس الطريقة:

تؤكسد أملاح المنجنيز الذائبة إلي برمنجنات بواسطة فوق الكبريتات (Prersulfate) في وجود نترات الفضة. ويكون اللون الناتج ثابتاً لمدة لا تقل عن ٢٤ ساعة.

الكواشف:

١. فوق كبريتات الأمونيوم الصلبة $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ Ammonium Persulphate

٢. محلول الكاشف الحامضي الخاص Special Reagent:

يحضر بإذابة ٧٥ جم من كبريتات الزئبق Mercuric sulphate (HgSO_4) في ٤٠٠ مللى من حمض النتريك Nitric acid (HNO_3) المركز، ٢٠٠ مللى من ماء مقطر ويضاف ٢٠٠ مللى من حمض الفسفوريك ٨٥ % (H_3PO_4) Phosphoric acid، ٠,٠٣٥ جم نترات الفضة Silver nitrate (AgNO_3) ثم يبرد المحلول ويخفف إلي لتر واحد.

الطريقة:

يؤخذ حجم معلوم من العينة مثل ١٠٠ مللى في دورق مخروطي سعته ٢٥٠ مللى ثم يضاف ٥ مللى من المحلول الكاشف الخاص بالمنجنيز special reagent، يوضع الدورق على السخان ليغلي حتى يقل حجمه إلى حوالي ٨٠-٩٠ مللى ثم يضاف ١ جم من فوق كبريتات الأمونيوم الصلبة ويترك المحلول يغلي لمدة دقيقة، ثم يعرض المحلول للتبريد الفجائي ولا يتم قياس شدة اللون إلا بعد أن تصل درجة حرارة العينة إلى درجة حرارة الغرفة.

إعداد منحنى القياس:

محلول المنجنيز القياسي (٠,١ عياري):

يذاب ٣,٢ جم من برمنجنات البوتاسيوم Potassium permanganate (KMnO_4) في لتر ماء مقطر ويتم إجراء عملية تخزين لهذا المحلول إما بوضعه في حمام مائي لعد ساعات (حوالي ٦ ساعات) أو أن يترك في أشعة الشمس المباشرة عدة أيام (إذا كان المحلول يحتوى على شوائب يمكن أن يرشح خلال مرشح زجاجي

أورق الترشيح (Whatman) ويعاير مع أكسالات الصوديوم Sodium oxalate
($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) أو يمكن استخدام Oxalic acid.

يؤخذ أوزان من أكسالات الصوديوم تتراوح من ١٠٠-٢٠٠ ملجم يوضع كل وزنه في كأس منفصل سعة ٤٠٠ مللى. يضاف ١٠٠ مللى ماء مقطر لكل عينة وتقلب حتي الذوبان. يضاف ١٠ مللى حمض كبريتيك ٥٠٪، ثم يسخن المحلول في الحال بالقرب من درجة الغليان. يعاير محلول أكسالات الصوديوم باستخدام محلول البرمنجنات حتي يتحول إلي اللون الوردي (Pink).

ملحوظة:

٣. يجب التأكد من أن درجة حرارة محلول أكسالات الصوديوم لا تقل عن ٨٥°م خلال عملية المعايرة.

٤. كل ١٠٠ ملجم من أكسالات الصوديوم يستهلك ١٥ مل من البرمنجنات تقريباً.

٥. يجري اختبار ضابط (Blank) من الماء المقطر وحمض الكبريتيك تحسب عيارية البرمنجنات كالآتي:

$$= \text{جم من أكسالات الصوديوم} / (\text{أ} - \text{ب}) \times ٠,٠٦٧٠١$$

حيث أن:

أ = حجم البرمنجنات المستخدم لأكسالات الصوديوم

ب = حجم البرمنجنات المستخدم للاختبار الضابط.

من المحلول السابق يمكن تحضير محلول بحيث يكون التركيز ١ مللى يكافئ ٥٠ ميكروجرام منجنيز Mn كالآتي:

حجم (مللى) من البرمنجنات = ٤,٥٥ / عيارية البرمنجنات

يضاف إلي الحجم الناتج من المعادلة من ٢-٣ مللى من حمض الكبريتيك

المركز ثم محلول كبريتيت الصوديوم ١٠ % (Sodium bisulphate) (NaHSO_3)

نقطة نقطة حتي يختفي لون البرمنجنات، يغلي المحلول لطرْد ثاني أكسيد الكبريتيك الزائد ثم يبرد ويخفف بالماء إلي لتر واحد.

طريقة التحضير:

يضاف ٥ مللى من المحلول الكاشف الخاص ونقطة واحدة من فوق أكسيد الهيدروجين (H_2O_2) إلي حجم مناسب من العينة، يركز إلي ٩٠ مللى بالغليان، يضاف ١ جم من فوق كبريتات الأمونيوم، يسخن المحلول إلي الغليان واستمر في الغليان لمدة دقيقة ثم يبرد، خفف المحلول إلي ١٠٠ مل بالماء المقطر ثم تقاس شدة امتصاص الضوء باستخدام جهاز الإسبكتروفوتوميتر عند طول موجه ٥٢٥ نانومتر، يُحضر محاليل مناسبة تتراوح ما بين صفر إلي ١,٥ ميكروجرام منجنيز/١٠٠ مل ماء مقطر.

١٤. الفلوريد F

يتواجد الفلوريد في مصادر المياه بصورة طبيعية كما إنه يتواجد بتركيزات في الحدود المسموح بها حيث تتم في بعض الأحيان إضافة الفلوريد للمحافظة على تركيزه وخاصة في مياه الشرب، حيث وجد أن تركيز حوالي ١ ملجم/ لتر فلوريد في مياه الشرب يقلل من تسوس الأسنان دون آثار ضارة على الصحة، لذلك لابد من الحفاظ على تركيز الفلوريد الأمثل.

وتعتمد طريقة تعيين الفلوريد على الطريقة اللونية باستخدام صبغة (SPADNS) للتفاعل بين الزركونيوم والفلوريد الموجود في العينة، مما يؤدي إلى انفصال جزء منه إلى أنيون مجمع عديم اللون (ZrF_6^{2-}) وصبغ، حيث كلما زاد تركيز الفلوريد يؤدي إلى زيادة تحلل الصبغة. وتتراوح حساسية هذه الطريقة من ٠,٠ إلى ٣,٥ ملليجرام فلوريد/ لتر.

الكواشف:

١. محلول صبغة ال SPADNS:

يذاب ٩٥٨ ملجم من صبغة

Sodium 2-(parasulfophenylazo)-1.8-dihydroxy-3.6-naphthalene disulfonate. also called 4.5-dihydroxy-3-(parasulfophenylazo)-2.7-naphthalenedisulfonic acid trisodium salt

في ٥٠٠ مللى من الماء المقطر. وهذا المحلول ثابت لمدة سنة إذا تم حفظه بعيداً عن أشعة الشمس المباشرة وفى الثلاجة.

٢. هيدروكلوريد الزركونيل Zirconyl hydrochloride:

يذاب ١٣٣ ملجم كلوريد zirconyl $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ octahydrate في الماء حوالي ٢٥ مللى من الماء المقطر ثم يضاف ٣٥٠ مللى من حمض الهيدروكلوريك المركز. يبرد المحلول ثم يكمل إلى ٥٠٠ مل بالماء المقطر.

٣. كاشف خليط Zirconyl-SPADNS:

يتم خلط أحجام متساوية من كلا من محلول صبغة SPADNS ومحلول zirconyl الحمضية.

- إذا تم خلط الكاشفين معاً (محلول رقم ٣) هذا المحلول ثابت لمدة عامين مع شرط حفظه فى الثلاجة.
- عند إضافة كلا من كاشف ١. ٢ للعينة إما أن يتم إضافة ٥ مللى من كل كاشف على حدا أو أن يتم إضافة ١٠ مللى من الخليط الكاشف (محلول رقم ٣) للعينة الواحدة.

٤. المحلول المرجعي (Blank) Reference solution:

يتم إضافة ١٠ مللى من محلول SPADNS إلى ١٠٠ مللى من الماء المقطر، يخفف ٧ مللى من حمض الهيدروكلوريك المركز مع ٣ مللى من الماء المقطر، ثم يتم إضافة هذه الكمية إلى محلول SPADNS المخفف، ويستخدم المحلول الناتج لضبط نقطة الصفر لجهاز الطيف اللونى وهذا المحلول ثابت لمدة عام.

الطريقة:

يؤخذ حجم معلوم من العينة ٥٠ مللى أو جزء مخفف إلى ٥٠ مللى بالماء المقطر. ويضاف ٥ مللى من كل كاشف أو ١٠ مللى من الخليط، تمزج العينة

جيداً ثم تقاس العينة مباشرة على جهاز الطيف اللوني عند طول موجي ٥٧٠ مع ملاحظة ضبط صفر الجهاز باستخدام المحلول المرجعي (Reference solution).

إعداد منحنى القياس:

١. محلول الفلوريد القياسي:

يذاب ٢٢١ ملجم من فلوريد الصوديوم اللامائية في لتر من الماء المقطر هذا المحلول يكافئ ١ مللي = ١٠٠ ميكروجرام، ثم يؤخذ من هذا المحلول ١٠٠ مللي ويخفف إلى ١ لتر بالماء المقطر هذا المحلول يكافئ ١ مللي = ١٠ ميكروجرام.

٢. يتم إعداد منحنى القياس باستخدام قراءات في حدود تركيزات من ٠,٠ إلى ١,٤ ملجم/لتر فلوريد ثم يكمل المحلول إلى ٥٠ مللي بالماء المقطر ثم يضاف الكاشف كما في العينة.

دلالة الاختبار:

يتواجد الفلوريد في مياه الآبار نتيجة مرور المياه على صخور حاملة له ووجود أيون الفلوريد في مياه الشرب بتركيز حوالى ١ ميلليجرام في اللتر يقى من تسوس الأسنان أما التركيزات المرتفعة منه فتسبب تآكل للعظام وتلويين الأسنان بخطوط بنية والحد الأقصى المسموح به في مياه الشرب ٠,٨ ملجم/لتر.

١٥. الألومنيوم Al

يوجد الألومنيوم في القشرة الأرضية بصور عديدة من اتحادة مع السليكون والأكسجين لتكوين الفلسبار، الميكا micas ومعادن الطين. ويستخدم كبريتات الألومنيوم البوتاسيومى (الشب) في عمليات معالجة المياه لتجميع الجسيمات العالقة وتكوين الندف مما يؤدي إلى وجود ألومنيوم متبقى في الماء المنتج من محطات مياه الشرب، والألومنيوم هو مكون غير أساسى للنباتات والحيوانات حيث أن تركيزات تتجاوز ١,٥ ملجم/لتر تمثل خطر السمية في البيئة البحرية. أما تركيز أقل من ٢٠٠ ميكروجرام/لتر يمثل أقل حد عدم خطورة.

وقد أثبتت الدراسات الحديثة وجود علاقة بين مستويات مرتفعة الألمنيوم في أنسجة المخ ومرض الزهايمر. وتصل حساسية هذه الطريقة إلى قياس الألمنيوم عند تركيز ٦ ميكروجرام ألومنيوم/ لتر.

الكواشف:

١. حمض الكبريتيك H_2SO_4 : 0.02N
٢. محلول حمض الاسكوربيك Ascorbic acid:

يذاب ٠,١ جم من حمض الاسكوربيك في ماء مقطر ثم يكمل المحلول إلى ١٠٠ مللى، ويحضر هذا المحلول فى وقت إجراء الاختبار.

٣. كاشف الألمنيوم Buffer reagent:

يذاب ١٣٦ جرام من خلاص الصوديوم $NaC_2H_3O_2 \cdot 3H_2O$ في كمية من الماء المقطر ثم يضاف ٤٠ مللى من حمض الخليك ١ عيارى ثم يكمل المحلول إلى ١ لتر بالماء المقطر.

٤. محلول الصبغة:

٣٠٠ ملجم من صبغة Eriochrome cyanine R في حوالى ٥٠ مللى من الماء المقطر. يتم ضبط الرقم الهيدروجيني من حوالى ٩ إلى حوالى ٩,٢ مع حمض الخليك ١ + ١، يكمل إلى ١٠٠ مللى بالماء المقطر، وهذا المحلول ثابت لمدة عام من تاريخ التحضير.

٥. محلول الصبغة المخفف:

يؤخذ ١٠ مللى من محلول الصبغة ويكمل إلى ١٠٠ مللى بالماء المقطر، هذا المحلول ثابت لمدة ٦ أشهر من تاريخ التخفيف.

٦. محلول الميثيل البرتقالي
٧. محلول الإيديتا EDTA:

يذاب ٣,٧ جم في الماء المقطر ويكمل المحلول إلى ١٠٠ مللى.

الطريقة:

١. لتحديد كمية الحامض المناسبة لكل عينة يؤخذ ٢٥ مللى من العينة ويضاف لها نقطتين من محلول الميثيل البرتقالي ثم يجرى لها معايرة مع حمض الكبريتيك ٠,٠٢ عيارى إلى اللون الوردى الخافت.

٢. يؤخذ كميتين متساويتين من العينة ٢٥ مللى وتوضع كل منهما فى ورق عيارى سعته ٥٠ مللى ويضاف إلى كل منهما كمية حمض الكبريتيك التى تم تحديدها من الخطوة السابقة + ١ زيادة عن الحجم الذى تم تحديده.
٣. إلى أحد الدورقين الذين يحتويان على العينة يتم إضافة ١ مللى من محلول الإيديتا وهذا الدورق يمثل الـ Blank الذى يتم على أساسه ضبط جهاز الطيف اللونى، محلول الإيديتا يعمل على إزالة العكارة أو إحتواء العينة على ألوان.
٤. يضاف إلى كل من الدورقين ١ مللى من محلول حمض الأسكوربيك، إضافة محلول حمض الأسكوربيك يساعد على إختزال تأثير وجود أملاح الحديد والمنجنيز
٥. يضاف إلى كلا الدورقين بالتتابع ١٠ مللى من محلول كاشف الألومنيوم ثم ٥ مللى من محلول الصبغة المخفف ثم يكمل المحلول إلى ٥٠ مللى (السعة الفعلية للدورق العيارى).
٦. يتم قياس شدة اللون الناتج بعد ٥ - ١٠ دقائق عند طول موجى ٥٣٥، يراعى رج الدورق العيارى بعد كل إضافة.

إعداد منحنى القياس:

١. محلول الألومنيوم القياسى:
يذاب ٨,٧٩١ جم من ملح كبريتات الألومنيوم البوتاسيومى $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ أو أى ملح يحتوى على مركبات الألومنيوم فى ١ لتر من الماء المقطر، يخفف ١٠ مللى من هذا المحلول إلى ١ لتر بالماء المقطر، وبذلك تكون قوة هذا المحلول تكافئ ١ مللى = ٥ ميكروجرام.
٢. إعداد تركيزات من محلول الألومنيوم القياسى:
يتم عمل تركيزات تتراوح من ٠ - ٧ ميكروجرام (٠ إلى ٢٨٠ ميكروجرام/ لتر استناداً إلى أن حجم العينة ٢٥ مللى) تضاف هذه التركيزات إلى كمية الماء المقطر بما يمثل مجموع ٢٥ مللى وتوضع فى ورق عيارى سعته ٥٠ مللى.

٣. يضاف ١ مللى من حمض الكبريتيك H_2SO_4 0.02N لكل دورق، ثم يكمل جميع الإضافات كما فى العينة.

١٦. الأكسجين الذائب يعتمد وجود الأكسجين الذائب (DO) في المسطحات المائية على الصفات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية لهذه المسطحات. كما يعتبر الأكسجين الذائب أحد المعايير الرئيسية لتحديد مقدار التلوث وتحديد نوعية المياه وتحديد نوع المعالجة للمياه، وتعتبر الطريقة الأيودومترية هى الطريقة الأكثر دقة وموثوق بها لقياس مقدار الأكسجين الذائب فى الماء.

الكواشف:

١. محلول كبريتات المنجنيز Manganese Sulphate:

يذاب ٤٨٠ جم من ملح $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ أو ٤٠٠ جم من ملح $MnSO_4 \cdot 2H_2O$ ٣٦٤ أو ٣٦٤ جم من ملح $MnSO_4 \cdot H_2O$ في ١ لتر من الماء المقطر، يحفظ هذا المحلول فى زجاجة معتمة وبعيداً عن ضوء الشمس المباشر

٢. محلول قلوي يوديد - الأزيد Alkali-iodide-azide:

يذاب ٥٠٠ جرام من ملح هيدروكسيد الصوديوم Sodium hydroxide (NaOH) أو ٧٠٠ جرام من ملح هيدروكسيد البوتاسيوم Potassium hydroxide (KOH) مع ١٣٥ جرام من ملح يوديد الصوديوم Sodium iodide (KI) أو ١٥٠ جرام من ملح يوديد البوتاسيوم Potassium iodide (KI) فى الماء المقطر، ثم يضاف ١٠ جرام من ملح أزيد الصوديوم Sodium azide $NaNO_2$ ثم يكمل المحلول إلى اللتر، يحفظ هذا المحلول فى زجاجة معتمة وبعيداً عن ضوء الشمس المباشر.

٣. حامض الكبريتيك H_2SO_4 المركز.

٤. دليل النشا

يتم وزن ٥ جرام من النشا وتذاب فى كمية صغيرة جداً من الماء المقطر البارد ثم تضاف إلى ١ لتر من الماء المقطر الساخن مع التقليب المستمر حتى يتم المزج جيداً ويترك المحلول يغلى لمدة ٥ دقائق. يترك المحلول

لمدة حوالي ٢٤ ساعة ثم ينقل المحلول العلوي Supernatant الرائق إلى زجاجة بيضاء نظيفة لها غطاء محكم وتوضع في الثلاجة، هذا المحلول سريع التلوث وبالتالي إذا لم تتوافر محاليل الحفظ من التلوث لا داعي لتحضير كميات كبيرة منه ويكتفى بتحضير حوالي ١٠٠ مللى فقط فى كل مرة، ودائماً لابد من ملاحظة أى تغير فى لون المحلول ولابد من حفظه بصفة مستمرة فى الثلاجة.

٥. محلول ثيوسلفات الصوديوم القياسى (Sodium thiosulphate 0.025N):

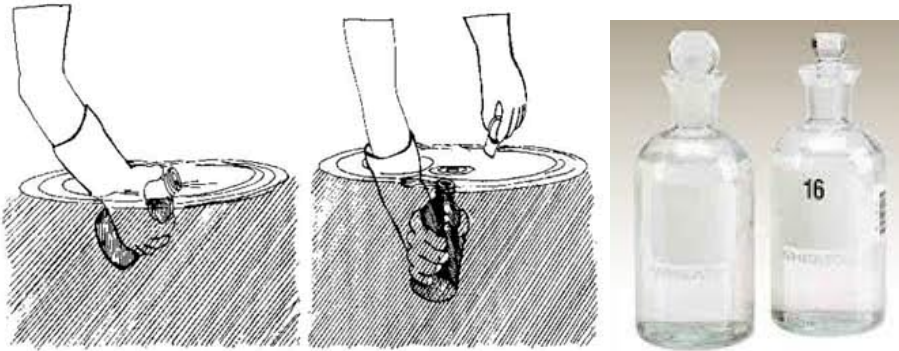
يذاب ٦,٢٥ جرام من ملح ثيوسلفات الصوديوم $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ فى الماء المقطر ثم يكمل المحلول إلى اللتر. هذا المحلول يصنف على إنه ثانوى العيارية Secondary standard ولذلك لابد من ضبط عياريته عن طريق استخدام محلول داي كرومات البوتاسيوم Primary standard وذلك بالخطوات التالية:

- محلول داي كرومات البوتاسيوم:
- يذاب ١,٢٢٥ جم من ملح داي كرومات البوتاسيوم فى ١ لتر من الماء المقطر.
- يوضع ٨٠ مللى ماء مقطر فى دورق مخروطى له غطاء محكم + ١ مللى حمض كبريتيك مركز + ١ جم يوديد البوتاسيوم + ١٠ مللى محلول داي كرومات البوتاسيوم.
- يوضع الدورق فى الظلام لمدة ٥ دقائق.
- يعاير مع محلول ثيوسلفات الصوديوم حتى اللون الأصفر الفاتح.
- يضاف ١ مللى من مؤشر النشا.
- تكمل المعايرة حتى يختفي اللون الأزرق تماماً.

الطريقة:

تتوقف دقة النتائج المتحصل عليها فى هذه الطريقة على التشديد على استخدام الزجاجات المخصصة لهذه الطريقة وكذلك الدقة فى ملء الزجاجات المخصصة لهذه الصفة التحليلية

١. يتم تجميع العينة في الزجاجات المخصصة لهذه الطريقة وسعتها تصل إلى ٣٠٠ مللى ثم يضاف ٢ مللى من محلول كبريتات المنجنيز $MnSO_4$ ثم يضاف ٢ مللى من محلول قلوي يوديد - الأزرق حيث يتكون راسب بنى.
٢. تغلق الزجاجات جيداً وتترك لمدة ساعتان من إضافة أملاح التثبيت. يضاف ٢ مللى من حامض الكبريتيك المركز وتغلق الزجاجات ثانية ثم ترج حتى يذوب الراسب.
٣. يتم التخلص من حوالى ٩٧ مللى من هذا المحلول ثم تجرى المعايرة مع محلول ثيوسلفات الصوديوم حتى تعطى اللون الأصفر القشوى Straw yellow، يضاف ١ مللى من كاشف النشا فيتحول اللون الأصفر إلى اللون الأزرق، نستمر فى المعايرة حتى يختفى اللون الأزرق تماماً. وتكون قيمة الأكسجين الذائب ممثلة بقيمة ما استهلك من محلول ثيوسلفات الصوديوم.



شكل رقم (٦ - ٩)
زجاجات الـ BOD سعة ٣٠٠ مللى

أساس الطريقة:

١٧. الكلور

يمكن تقدير الكلور بعدة طرق منها المعايرة الحجمية والمعايرة الأمبيرومترية والقياس اللونى باستخدام كاشف DPD (N,N-diethyl-p-phenyleneiamined) وقياس الإمتصاص عند ٥١٥ nm. وتعتمد طريقة المعايرة الحجمية على تفاعل الكلور مع يوديد البوتاسيوم وفينيل أكسيد الزرنيخ وتقدير الزيادة باستخدام اليود عند أس أيروجيني ٤ أو إضافة يوديد البوتاسيوم ومعايرة اليود المنطلق مباشرة مع فينيل أكسيد الزرنيخ.

الاحتياطات:

١. عند استخدام طرق المعايرة يضبط الأس الأيدروجيني عند ٤ قبل إضافة اليوديد لتقليل أثر المنجنيز والحديد والنيتريت إذا وجد.
٢. فى حالة غياب العناصر السابقة ووجود كمية عالية من المركبات العضوية يضبط الأس الأيدروجيني إلى ١ قبل إضافة يوديد البوتاسيوم.
٣. تستخدم طريقة الإضافة القياسية إذا كان العينات عكرة أو ملونة.
٤. لا يستخدم حمض الأيدروكلوريك فى التحميض ويستخدم حمض الخليك أو الكبريتيك.

طريقة الحساب:

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

حيث:

A = حجم فينيل أكسيد الزرنيخ (عيارية ٠,٠٠٥٦٤).

B = حجم اليود (عيارية ٠,٠٢٨٢).

C = حجم العينة (سم^٣).

وحدة القياس: (mg/L)

الكلور المستهلك:

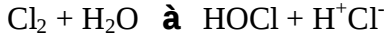
يعرف الكلور المستهلك بأنه الفرق بين كمية الكلور المضاف للماء وكمية الكلور الحر أو المتحد المتبقى فى الماء فى نهاية فترة تلامس محدودة.

الكلور المستهلك = الجرعة - الكلور المتبقى

ومن الضرورة إضافة جرعات كافية من الكلور لتعويض الكميات التى تستهلك منه بواسطة المواد العضوية الأخرى، الحديد، الهيدروجين، الكبريتيد، المنجنيز، النترات، والأمونيا. ولابد من تلبية كل الاحتياجات المطلوبة للاستهلاك من الكلور قبل الحصول على كلور حر متبقى.

الكلور الحر المتبقى:

الكلور غاز أخضر مصفر له خاصية سريعة للذوبان فى الماء ويتفاعل مباشرة مع الكثير من المواد العضوية والغير عضوية وتأثيرات الكلور ومشتقاته على أنسجة الحيوان والنبات يجعله مطهرا ومبيد مؤثر ويتحلل الكلور فى الماء حسب المعادلة الآتية:



ويتكون حامض الهيبوكلوروس (HOCl) أو مشتقاته الأيونية (Cl_2 & H)، ويتفاعل الكلور الحر القابل للتفاعل بسرعة مع المواد العضوية النيتروجينية لتكوين الكلورامينات التى لها أيضا تأثيرات سامة على الأسماك ولكنها اقل من سمية الكلور الحر نفسه وتعتمد سمية الكلور على المجموع الكلى للكلور الذائب والذى يتضمن الكلور الحر والكلورامينات.

أ. الطريقة الأيودية:

يتم تحرير الأيودين من محلول أيوديد البوتاسيوم (KI) عند إضافته إلى محلول يحتوى على كلور ويتم معايرة الأيودين الحر باستخدام محلول عيارى من الصوديوم ثيوسلفات باستخدام محلول النشا كدليل بإجراء التفاعل عند أس أيروجينى يتراوح ما بين ٣، ٤.

الكواشف

١. حمض الخليك الثلجى (Glacial acetic acid).
٢. يوديد البوتاسيوم Potassium iodide على هيئة حبيبات.
٣. محلول عيارى من ثيوسلفات الصوديوم ويتم تحضيره بإذابة ٦,٢٥ جم من مادة الصوديوم ثيوسلفات المائي (٥ جزيئات ماء) $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ فى واحد لتر من الماء المقطر ويتم معايرة باستخدام محلول ٠,٠٢٥ عيارى من البوتاسيوم ثنائى الكرومات $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ، وهو نفس المحلول المستخدم فى طريقة تقدير الأكسجين الذائب.

الطريقة:

- يضاف الى ١٠٠ مللى من العينة (أو تخفيفها) ٥ مل من حمض الخليك المركز أو أكثر وذلك لاختزال الأس الهيدروجيني ليصبح الوسط حامضى فى الحدود ٣-٤ ثم يضاف حوالى ١ جم من يوديد البوتاسيوم (KI) وترج العينة جيدا.
- يتم معايرة العينة باستخدام محلول عيارى ٠,٠٢٥ من الصوديوم ثيوسلفات حتى يصبح اللون أصفر قشى يضاف حوالى ١ مللى من الدليل (النشا)
- يصبح اللون أزرق ويتم إضافة محلول الثيوسلفات من السحاحة حتى يختفى اللون الأزرق، فى أغلب الأحوال تكون درجة اللون هى الأصفر الفاتح وبالتالي يتم إضافة النشا مباشرة.



لون أصفر داكن

لون أصفر فاتح بعد إضافة جزء من
الثيوسلفاتلون أزرق بعد إضافة ١ مللى
من محلول النشا

شكل رقم (٦ - ١٠)

الطريقة الأيودية لتقدير الكلور

حساب النتائج:مليجرام من الكلور محسوب على هيئة Cl_2 / لتر

$$= (أ \times ع \times ٣٥,٤٥) / \text{حجم العينة بالمليمتر} \times ١٠٠٠$$

حيث أن:

أ = مللى من محلول الثيوسلفات

ع = عيارية الثيوسلفات

ب. الطريقة اللونية باستخدام الـ DPD:

(N,N-Diethyl-p-phenylenediamine)

تعتمد هذه الطريقة على تفاعل الكلور الحر مع كاشف الـ DPD الذى يعطى لون أحمر مميز كما تفيد هذه الطريقة فى الكشف عن الكلور الحر المتبقى إذا كان موجوداً بتركيزات ضئيلة (حساسية هذه الطريقة تصل إلى ١٠ ميكروجرام Cl_2 / لتر).

الكواشف:

١. محلول ضابط الفوسفات Phosphate buffer:

يتم إذابة ٢٤ جم من ملح فوسفات ثنائى الصوديوم أحادى الهيدروجين Disodium monohydrogen phosphate اللامائى + ٤٦ جم من ملح فوسفات أحادى البوتاسيوم ثنائى الهيدروجين Monopotassium dihydrogen phosphate اللامائى فى حوالى ٨٠٠ مللى من الماء المقطر الذى يحتوى على ٨٠٠ ملليجرام من ملح الـ EDTA ثم يكمل المحلول إلى اللتر، يحفظ هذا المحلول فى زجاجة بيضاء اللون وفى الثلاجة بصفة مستمرة وذلك لسهولة نمو الكائنات الدقيقة فيه ولذلك من الأفضل تحضير كميات صغيرة منه (حوالى ٢٥٠ مللى فى كل مرة).

٢. محلول كاشف الـ DPD:

يذاب ١ جم من ملح الـ DPD-Oxalate أو ١,٥ جم من ملح الـ DPD- sulphate pentahydrate أو ١,١ جم من ملح الـ DPD اللامائى فى كمية من الماء المقطر الذى يحتوى ٨ مللى من ١-٣ حمض كبريتيك مركز ثم يذاب ٢٠٠ ملليجرام من ملح الـ EDTA ثم يكمل المحلول إلى اللتر، يجب أن يحفظ هذا المحلول فى زجاجة بنية معتمة وفى الثلاجة بصفة مستمرة

كما إنه يتميز بأن له لون وردى فإذا حدث وتغير عن هذا اللون يتم التخلص من المحلول.

الطريقة:

يستخدم دورق له غطاء محكم يوضع به ٥ مللى من ضابط الفوسفات + ٥ مللى من محلول الـ DPD ثم يضاف عليهم ١٠٠ مللى من العينة (أو تخفيفها) ترج العينة جيداً ثم تقاس مباشرة على جهاز الطيف اللونى عند طول موجى ٥١٥.



شكل رقم (٦-١١)
دورق له غطاء محكم

إعداد منحنى القياس:

نتيجة لصعوبة استخدام أحد محاليل الكلور (غاز الكلور المذاب فى الماء - هيبوكلوريت الصوديوم - هيبوكلوريت البوتاسيوم) وذلك نتيجة لسرعة تطاير الكلور يتم استخدام محلول برمنجنات البوتاسيوم يحضر منه تركيزات مختلفة للدلالة على التركيز المطلوب من الكلور.

يذاب ٨٩١ ملليجرام من ملح برمنجنات البوتاسيوم فى لتر من الماء المقطر، يؤخذ من هذا المحلول ١٠ مللى وتنقل إلى دورق عيارى سعته ١٠٠ مللى ثم يخفف بالماء المقطر، هذا المحلول يكافئ فى تركيزه ١ مللى = ١ ملليجرام

Cl_2 / لتر، يجهز تركيزات مختلفة من محلول برمنجنات البوتاسيوم في حدود من ٠,٥ - ٤ ملليجرام/ لتر. ثم يتم إجراء التركيزات المختلفة مثل العينة تماماً.

يتناسب حجم الكواشف المستخدمة (٥ مللى من محلول ١، ٢) مع حجم العينة بمعنى آخر إذا أخذنا من العينة حجم ٥٠ مللى نضيف ٢,٥ مللى من كل كاشف، وإذا أخذنا حجم ١٠ مللى من العينة نضيف ٠,٥ مللى من كل كاشف.

هنا سؤال:

ما هو الفرق بين الطريقة (أ، ب) حيث كلا من الطريقتين تقيس الكلور الحر المتبقى؟

الإجابة:

أن الطريقة الأولى الأيودية تستخدم عند إجراء تجربة تقدير جرعة الكلور المناسبة للمياه الخام (Break Point) حيث تكون العينة بها العكارة الطبيعية للماء وهوما يمثل عائق لصحة قراءة جهاز الطيف اللونى. وعلى ذلك يمكن أيضاً استخدام الطريقة العيارية باستخدام كبريتات الحديدوز الأمونية لإزالة لون الـ DPD. هذا فى حالة استخدام الـ DPD فى تحديد منحنى الكلور المطلوب للمياه.

تقدير جرعة الكلور المثلى معملياً (منحنى نقطة الانكسار):

كل المحاليل والكواشف المستخدمة فى هذه الطريقة هى نفس الكيماويات المستخدمة فى تقدير الأكسجين الذائب وفى قياس الكلور الحر المتبقى فى الطريقة الأيودية.

الكيماويات والزجاجيات المطلوبة: Chemicals and Glass ware

الزجاجيات:

١. دورق مخروطى له غطاء محكم Stoppard conical flask.

٢. ماصات مدرجة Graduated pipettes.

٣. Automatic burette .سحاحة
٤. Measuring flask .دورق عيارى ١ لتر، ٢٥٠ مللى

الكيمائيات: Chemicals:

١. حمض الكبريتيك Sulphuric acid .
٢. حمض الخليك الثلجى Glacial acetic acid .
٣. ملح يوديد البوتاسيوم Potassium iodide .
٤. ثيوسلفات الصوديوم Sodium thiosulphate .
٥. داي كرومات البوتاسيوم Potassium dichromate .
٦. نشا Starch .
٧. محلول غاز الكلور Chlorine water .

المحاليل: Reagent:

١. محلول دليل النشا Starch solution: سبق الشرح فى قياس الأكسجين الذائب.
٢. محلول الداى كرومات العيارى Potassium dichromate standard solution 0.025N: سبق الشرح فى قياس الأكسجين الذائب
٣. محلول ثيوسلفات الصوديوم العيارى Standard sodium thiosulphate 0.025N (0.025N): سبق الشرح فى قياس الأكسجين الذائب

تحديد جرعة الكلور المتلى:

ملحوظة هامة:

لحساب جرعة الكلور المتلى لابد أولاً من وجود مصدر للكلور موجود فى المعمل إما أن يكون عبارة عن محلول غاز الكلور أو محلول الهيبوكلوريت الصوديوم أو هيبوكلوريت الكالسيوم ويفضل محلول غاز الكلور بما أن غاز الكلور هو الذى يستخدم فى المحطة. ويحضر محلول غاز الكلور عن طريق إمرار كمية من غاز الكلور فى كمية من الماء المقطر الموضوع فى زجاجة بنية اللون وعادة توضع كمية من الماء المقطر حوالى ٤/١ حجم الزجاجة.

توضع هذه الزجاجاة بصفة مستمرة فى الثلاجة ولا تخرج منها إلا عند الاستخدام وترج الزجاجاة عند الاستخدام كل مرة لأن غاز الكلور يطفو على سطح الماء.

لحساب ورسم منحنى جرعة الكلور المثلى لابد أولاً من قياس قوة محلول غاز الكلور معملياً.

١. يتم استخدام دورق ٥٠٠ مللى أو ٢٥٠ مللى له غطاء محكم.
٢. يوضع فى هذا الدورق ١٠٠ مللى ماء مقطر + ١ مللى حمض الكبريتيك المركز + ١ جرام يوديد البوتاسيوم + ١ مللى من محلول الكلور (ممكن نأخذ كمية أقل أو أكثر على حسب قوة المحلول).
٣. يوضع هذا الدورق فى الظلام لمدة ٥ دقائق.
٤. إذا كان لون المحلول هو الأصفر الداكن يتم إضافة محلول ثيوسلفات الصوديوم حتى يتحول إلى اللون الأصفر الفاتح (الأصفر القشى) ثم يضاف ١ مللى نشا فيتحول اللون الأصفر إلى اللون الأزرق.
٥. نستمر فى اضافة محلول الثيوسلفات حتى يختفى اللون الأزرق.
٦. تؤخذ قراءة السحاحة ونحسب قوة المحلول من المعادلة التالية =

$$\text{قراءة السحاحة} \times ٠,٩ \times (\text{عيارية محلول الثيوسلفات} \times \text{الوزن الجزيئ للكلور } ٣٥,٥)$$

حجم العينة (الكمية المضافة من محلول غاز الكلور)

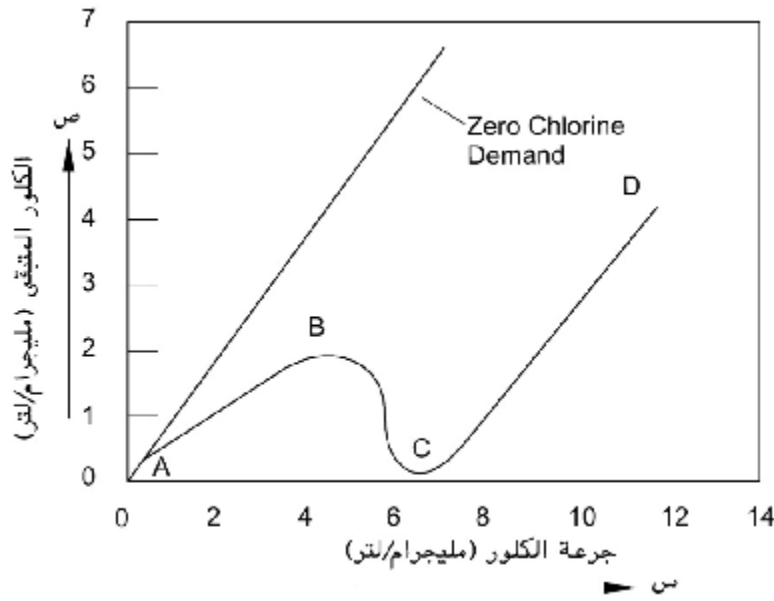
= س مليجرام كلور
٧. لحساب التركيزات التى يتم إضافتها من محلول غاز الكلور إلى الماء الخام.

- ١ مللى من محلول الكلور ————— س مليجرام كلور / لتر
- ؟ ————— ١ مليجرام كلور / لتر = ص١ مللى كلور / لتر
- ٢ مليجرام كلور / لتر = ص٢ مللى كلور / لتر
- ٣ مليجرام كلور / لتر = ص٣ مللى كلور / لتر
- ٤ مليجرام كلور / لتر = ص٤ مللى كلور / لتر
- ٥ مليجرام كلور / لتر = ص٥ مللى كلور / لتر
- ٦ مليجرام كلور / لتر = ص٦ مللى كلور / لتر

٨. يتم تجهيز عدد ٦ دورق سعة ٥٠٠ مللى أو ١ لتر من النوعية ذات الغطاء المحكم حيث يتم فى كل منها وضع ٢٥٠ مللى أو ٥٠٠ مللى من الماء الخام.
٩. يتم اضافة جرعات الكلور المطلوبة (التي سبق حسابها من المعادلة السابقة مع الأخذ فى الاعتبار أن الحسابات المذكورة للتر الماء الخام أما كمية الماء الخام المستخدمة فهي ٢٥٠ مللى أو ٥٠٠ مللى وبالتالى لا بد من حساب الجرعة منسوبة لكمية الماء الخام المستخدم)
١٠. يوضع الدورق بعد اضافة الكلور وغلقه بأحكام فى الظلام لمدة تتراوح من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة (فترة تلامس الكلور مع المواد العالقة فى الماء)
١١. بعد مرور الوقت المحدد يتم إيقاف التفاعل فوراً باضافة ١ مللى حمض الكبريتيك المركز (أو ٥ مللى حمض الخليك الثلجى) + ١ جرام يوديد البوتاسيوم ثم يعاد الدورق إلى الظلام لمدة خمس دقائق
١٢. يتم معايرة اللون الأصفر الناتج كما فى الخطوات السابقة
١٣. تؤخذ قراءة السحاحة ويتم حساب كمية الكلور المتبقى كما يلى:

$$\text{كمية الكلور المتبقى} = \frac{\text{قراءة السحاحة} \times ٠,٩ \times ١٠٠٠}{\text{كمية العينة (الماء الخام)}}$$

١٤. يتم رسم منحنى جرعة الكلور المثلى ما بين جرعة الكلور المستخدمة على المحور (س) والكلور المتبقى (بعد حسابه من المعادلة) على المحور (ص)



شكل رقم (٦-١٢)

منحنى جرعة الكلور المثلى

تحديد الجرعة المثلى من الشبّة (تجربة Jar Test) معملياً:

وهو يعد نموذج مصغر لعمل المروقات وهو جهاز يتكون من عدد من الكؤوس سعة لتر أو لترين، ويكون كل كأس مربع أو دائري الشكل ويزود الجهاز بقلابات مصنوعة من الاستانلس ستيل ذات سرعات تبدأ من (صفر - ٣٠٠ لفة/دقيقة) قابلة للتحكم، ومزود بعدد سرعة للقلابات وموقف زمني من (صفر - ٦٠ دقيقة).



شكل رقم (٦-١٣)

تحديد الجرعة المثلى من الشبّة (تجربة Jar Test)

الكيمواويات والزجاجيات المطلوبة: Chemicals and Glass wareالزجاجيات:

١. دورق عيارى ١٠٠ مللى Measuring flask 100ml.
٢. ماصة مدرجة Graduated pipette.

الكيمواويات Chemicals

من الممكن إجراء هذا الاختبار باستخدام ملح كبريتات الألمنيوم Aluminium sulphate أو الشبة الموجودة فى المحطة سواء الصلبة أو السائلة.

المحاليل Reagent

يتم تحضير محلول ١٪ أما من أملاح كبريتات الألمنيوم أو الشبة المستخدمة فى المحطة عن طريق إذابة ١ جم من أى من هذه الأملاح فى ١٠٠ مللى من الماء المقطر بحيث يكون قوة المحلول ١ مللى من المحلول = ١٠ ملليجرام/ لتر.

خطوات العمل Procedure:

١. يتم تجهيز الكؤوس الخاصة بجهاز Jar Test أو استخدام كؤوس سعة واحد لتر.
٢. يملأ كل كأس بواحد لتر من الماء الخام (Raw water).
٣. يضاف إلى الكؤوس جرعات متصاعدة من الشبة تمثل تركيزات مختلفة مثل ١٠، ٢٠، ٣٠، ٤٠، ٥٠، ٦٠ ملليجرام/ لتر.
٤. يتم تشغيل الجهاز لتقليب الكؤوس بسرعة كبيرة حوالى ٢٠٠ لفة/دقيقة لتكون مماثلة لعملية المزج السريع Flash mixing لفترة تتراوح من ٢٠-٦٠ ثانية.
٥. نقوم بتخفيض السرعة إلى حوالى ٣٠ لفة/ دقيقة لتكون مماثلة لعملية المزج البطئ Slow mixing لفترة من الزمن تتراوح ما بين ١٥-٢٠ دقيقة.
٦. نوقف التقليب تماماً ونترك الكؤوس لمدة ٣٠ دقيقة للتروسيب Sedimentation، ونلاحظ خلال تلك الفترة حجم الندف Flux وشكلها وسرعة ترسيبها.



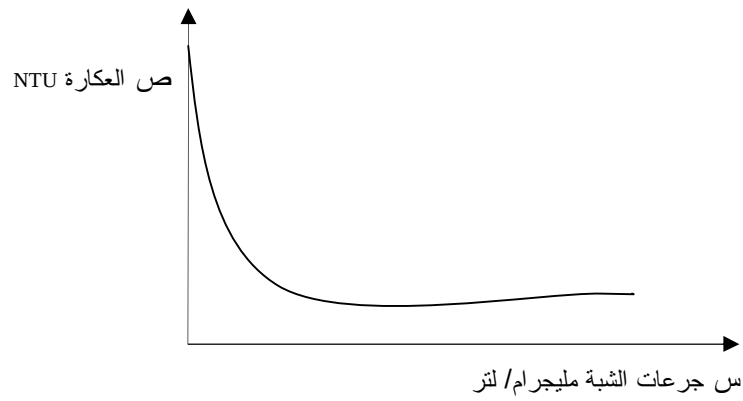
شكل رقم (٦-١٤)
حجم وشكل الندف المتكونة نتيجة اضافة الشبة

٧. يتم سحب كمية من الجزء العلوى من الماء supernatant الرائق باستخدام السيفون من الكؤوس المختلفة.
٨. يتم قياس عكارة المياه الناتجة بعد عملية المعالجة باستخدام جهاز Jar test.
٩. يتم رسم علاقة ما بين تركيزات الشبة المستخدمة على المحور (س) وعكارة المياه الناتجة بعد المعالجة على المحور (ص) ومنها يتم تحديد جرعة الشبة بأنها أقل تركيز يعطى أفضل إزالة لعكارة المياه الخام.

سيفون لسحب الجزء الرائق من الكأس



شكل رقم (٦-١٥)
كيفية سحب الماء من الجزء العلوى



شكل رقم (٦-١٦)

العلاقة بين تركيزات الشبة المستخدمة على المحور (س)
وعكارة المياه الناتجة بعد المعالجة (ص)

صفات تحليلية تستخدم للكشف عن التلوث

١. الإحتياج الأكسجيني البيولوجي (Biochemical Oxygen Demand (BOD):

يجرى اختبار الاحتياج للأكسجين البيوكيميائية (BOD) لقياس الأوكسجين المستهلك بواسطة البكتيريا الذى ينتج من تحلل المواد العضوية الملوثة للمسطح المائى، حيث يتم قياس التغير في تركيز DO على مدى فترة معينة من الوقت في عينات المياه عند درجة حرارة محددة، كما يستخدم هذا الاختبار بكفاءة عالية لقياس معدل إزالة الملوثات في محطات معالجة المخلفات.

الكواشف:

١. محلول متعادل الفوسفات Phosphate buffer:

يذاب في ١ لتر من الماء المقطر كل مما يأتي:

٨,٥ جم من ملح فوسفات البوتاسيوم ثنائى الهيدروجين

Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4)

+ ٢١,٧٥ جم فوسفات ثنائى البوتاسيوم أحادى الهيدروجين

Dipotassium monohydrogen phosphate (K_2HPO_4)

+ ٣٣,٤ جم من ملح فوسفات ثنائى الصوديوم أحادى الهيدروجين

Disodium monohydrogen phosphate (Na_2HPO_4)

+ ١,٧ جم من ملح كلوريد الأمونيا

Ammonium chloride (NH_4Cl)

٢. محلول كبريتات الماغنسيوم Magnesium sulphate:

يذاب ٢٢,٥ جم من ملح كبريتات الماغنسيوم $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ في ١ لتر

من الماء المقطر.

٣. محلول كلوريد الكالسيوم Calcium chloride:

يذاب ٢٧,٥ جم من ملح CaCl_2 في ١ لتر من الماء المقطر.

٤. محلول كلوريد الحديدك Ferric chloride:

يذاب ٠,٢٥ جم من ملح $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ في ١ لتر من الماء المقطر.

الطريقة:

- تستخدم نفس الزجاجات المستخدمة مع الـ DO.
- عادة لابد من ملء ثلاث زجاجات بحيث يكون هناك ثلاث مكررات من كل تركيز إضافة إلى العينة الضابطة (Control).
- ١. يتم تهوية كمية كافية من الماء المقطر بإمرار الهواء لمدة نصف ساعة في زجاجة تحتوى على كمية الماء المقطر المضاف إليه محاليل الكواشف السابقة (محاليل من ١ إلى ٤) بواقع ١ مللى لكل لتر من الماء المقطر.
- ٢. فى الزجاجات المحددة للعينة يتم إضافة الحجم المطلوب من العينة (يتراوح حجم العينة من ٥-٢٥ مللى على حسب تركيز الملوثات).
- ٣. يتم ملئ زجاجات العينة الضابطة أولاً (Blank).
- ٤. بعد ذلك يتم ملئ زجاجات العينة.
- ٥. تضاف أملاح التثبيت المذكورة مع الـ DO (٢ مللى من كبريتات المنجنيز ثم ٢ مللى من يوديد الأزبد) لزجاجة واحدة من الثلاث زجاجات لكل من عينة المياه والكنترول وهى تعبر عن كمية الأكسجين المذاب فى عملية التهوية حيث يتكون راسب بنى، يضاف ٢ مللى من حمض الكبريتيك المركز لكل زجاجة وترج الزجاجات حتى يذوب الراسب ثم تعابر مع محلول ثيوسلفات الصوديوم تماماً مثل الـ DO، لا يتم إذابة الراسب لإجراء المعايرة إلا بعد مرور أكثر من ساعتان من إضافة أملاح التثبيت.
- ٦. يتم وضع الزجاجات التى لم يتم تثبيتها فى حضانة عند درجة حرارة ٢٢°م لمدة خمسة أيام.
- ٧. تخرج الزجاجات من الحضانة ويضاف أملاح التثبيت إلى الزجاجات (٢ مللى من كبريتات المنجنيز ثم ٢ مللى من يوديد الأزبد) حيث يتكون راسب بنى.
- ٨. يضاف ٢ مللى من حمض الكبريتيك المركز لكل زجاجة وترج الزجاجات حتى يذوب الراسب ثم يتم معايرتهم مع محلول ثيوسلفات

الصوديوم تماماً مثل الـ DO، لا يتم إذابة الراسب لإجراء المعايرة إلا بعد مرور أكثر من ساعتان من إضافة أملاح التثبيت.

حساب النتائج:

كمية الاحتياج الأكسجيني الحيوى مليجرام O₂ / لتر =

$$\frac{(أ_1 - أ_2) - (ب_1 - ب_2) \times 300}{\text{حجم العينة}}$$

حجم العينة

حيث أن:

أ₁ قراءة العينة المثبتة فور الملء.

أ₂ قراءة العينة بعد أيام التحضين.

ب₁ قراءة الكنترول فور الملء.

ب₂ قراءة الكنترول بعد أيام التحضين.

٢. الاحتياج الأكسجيني الكيميائي (Chemical Oxygen Demand (COD):

يستخدم عادة الاحتياج للأكسجين الكيميائي كمقياس لتركيز الملوثات (عضوية أو غير عضوية) في جميع أنواع المخلفات (زراعية - صناعية - آدمية) أو في الكشف عن الملوثات في المسطحات المائية، ويعرف الطلب للأكسجين الكيميائي بأنه كمية الأكسجين المستخدمة في الأكسدة والتفاعل مع العينة تحت ظروف أكسدة وباستخدام مادة مؤكسدة قوية.

الطريقة اللونية للداي كرومات Closed Reflux:

الكواشف:

١. محلول الهضم من داي كرومات البوتاسيوم Digestion solution:

يذاب ١,٠٢٢ جم من داي كرومات البوتاسيوم Potassium Dichromate

K₂Cr₂O₇ (سبق تجفيفه عند ١٥٠°م لمدة ساعتان) في ٥٠٠ مللى من

الماء المقطر + ١٦٧ مللى من حمض الكبريتيك المركز + ٣٣,٣ جم من

ملح كبريتات الزئبق Mercuric sulphate HgSO₄، يترك المحلول حتى

يبرد تماماً ثم يكمل إلى اللتر.

٢. كاشف حمض الكبريتيك:

يضاف ملح كبريتات الفضة Silver sulphate Ag_2SO_4 إلى حمض الكبريتيك المركز Sulphuric acid Conc. H_2SO_4 بواقع ٥,٥ جم لكل كيلوجرام، يوضع هذا المحلول في زجاجة بنية معتمدة ويحفظ في الظلام لمدة يوم أو يومين قبل الاستخدام حيث أنه لا يذوب بسهولة وبالتالي لا يمكن تحضيره واستخدامه في نفس يوم التحضير، ولابد أن يكون ملح كبريتات الفضة على درجة عالية من النقاء.

الأجهزة:

١. أنابيب الهضم Digestion vessels: لابد من استخدام أنابيب مصنوعة من البوروسيليكات ذات غطاء محكم سعة ١٠ مللى. كما يلاحظ أنه يتناسب حجم المحلول في الأنابيب مع سعة الأنبوبة كما هو مبين في الجدول رقم (٤-٦):

جدول رقم (٤-٦)

تناسب حجم المحلول مع سعة الأنبوبة

الحجم الكلى النهائى	حجم كاشف حمض الكبريتيك	حجم محلول الهضم	حجم العينة	سعة أنبوبة الهضم
٧,٥ مللى	٣,٥ مللى	١,٥ مللى	٢,٥ مللى	١٦ × ١٠٠ مللى
١٥ مللى	٧ مللى	٣ مللى	٥ مللى	٢٠ × ١٥٠ مللى
٣٠ مللى	١٤ مللى	٦ مللى	١٠ مللى	٢٥ × ١٥٠ مللى
٧,٥ مللى	٣,٥ مللى	١,٥ مللى	٢,٥ مللى	أنابيب قياسية سعة ١٠ مللى

٢. سخان حرارى للهضم عند درجة حرارة ١٥٠م°: يتميز هذا السخان بوجود فتحات مناسبة للأنابيب، ويجب ملاحظة أنه لا يتم الهضم بوضع الأنابيب في الفرن للمخاطر التي ممكن أن تحدث.

٣. جهاز الطيف اللونى Spectrophotometer: للقياس عند طول موجى ٤٢٠ ومزود بمحول تناسب السعة المختلفة للأنابيب.

الطريقة:

١. يؤخذ حجم مناسب من العينة (أو التخفيف بالماء المقطر بحيث يصل الحجم النهائي إلى ٢,٥ مللى) بما يتناسب مع المعدل المذكور فى الجدول السابق بالنسبة لسعة الأنبوبة وبقية الكواشف المستخدمة.
٢. لابد من وجود عينة ضابطة Control حيث يستخدم الماء المقطر بنفس الحجم المستخدم من العينة K كذلك لابد من وجود عينة أخرى Standard حيث يستخدم محلول من مركب الـ Potassium hydrogen phthalate وذلك للتأكد من دقة منحنى القياس، وهذا فى كل مرة تقاس فيها عينة لتقدير الاحتياج للأكسجين الكيميائى.
٣. توضع الأنابيب فى سخان الهضم لمدة ساعتان.
٤. تترك الأنابيب حتى تبرد تماماً. ثم يقدر كمية الأكسجين المستهلك من قراءة العينات على جهاز الطيف اللونى عند طول موجى ٤٢٠، هذا الطول الموجى لكمية الأكسجين المستهلك عند تركيزات منخفضة (Low range).

محلول الـ (Potassium hydrogen phthalate ($\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$)) العيارى: تطحن كمية من ملح فيثالات البوتاسيوم الهيدروجينى ثم يجفف عند ١١٠م°، يذاب ٤٢٥ ملليجرام من هذا الملح فى ١ لتر من الماء المقطر، هذا المحلول يكافئ ١ مللى = ٥٠٠ ميكروجرام O_2 /مللى.

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 أنية مفتوحة تحت الضغط الجوى المعتاد أوحت ضغط أو باستخدام أفران الميكروويف أو الأشعة فوق البنفسجية أو فوق الصوتية.

الاحتياطات:

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

دلالة الاختبار:

- الكالسيوم والباريوم:
لا يسبب وجوده بتركيزات عالية أية مشاكل صحية، والحد الأقصى المسموح به ٢٠٠ مجم/ لتر. اما عنصر الباريوم فالحد الأقصى المسموح به ٠,٧ مجم/ لتر.
 - المغنسيوم:
في معظم المياه العسرة، يشكل المغنسيوم نسبة ضئيلة، إذا ما قورنت بالكالسيوم، والحد الأقصى المسموح به هو ١٥٠ مجم/ لتر.
 - الصوديوم:
يوجد الصوديوم في معظم المياه الطبيعية بمستويات تتراوح بين ١-٥٠٠ مجم/ لتر، وترتفع نسبة وجوده في المياه العسرة. وتعتبر النسبة بين تركيز الصوديوم إلى تركيز كل الكاتيونات مؤشراً لصلاحية المياه للرى، والحد الأقصى المسموح به في مياه الشرب ٢٠٠ مجم/ لتر.
 - العناصر الفلزية الثقيلة والسامة:
يتراوح تأثير العناصر الموجودة في 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 الكاديوم:

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 في المياه، والحد الأقصى المسموح به في مياه الشرب في التشريعات المصرية هو ٠,٠٠٣ مجم/ لتر.

- عنصر النحاس:

لا يسبب تسمماً بالتراكم، ويمكن تجنب التسمم به بالاعتماد على التنوع، حيث يمكن تمييزه عندما تصل تركيزاته إلى ١-٢ مجم/ لتر، ولا يحدث تسمم إلا بتركيزات أعلى من ذلك بكثير، ومصدر وجود النحاس بتركيزات عالية ناشئ عن التلوث الزراعي، والصرف الصحي، والحد الأقصى المسموح به في مياه الشرب في التشريعات المصرية هو 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 في الغسيل والأحواض. والحد الأقصى المسموح به في مياه الشرب في التشريعات المصرية هو ٠,٣ مجم/ لتر.

- عنصر المنجنيز:

وجود كميات ضئيلة منه يؤدي إلى مشاكل كثيرة، والكميات الكبيرة منه سامة، ومصدره غالباً التلوث الصناعي، والحد الأقصى المسموح به في مياه الشرب في التشريعات المصرية هو ٠,٤ مجم/ لتر.

- عنصر النيكل:

هو ما بين العناصر المنتشرة نظراً لإدمصاصه على أكاسيد العناصر الأخرى، وحببيات الطمي، والمواد العضوية، ومعظم أملاحه تذوب في الماء، ومصدره الرئيسي هو التلوث الصناعي.

- عنصر الرصاص:

هو عنصر سام بالتراكم، وتتسبب المياه المحتوية عليه في الإصابة بالإمساك، الاضطرابات المعوية، الأنيميا، الشلل التدريجي للعضلات، وهو يستخدم في الصناعة وأنياب الرصاص، والحد الأقصى المسموح به في مياه الشرب في التشريعات المصرية هو ٠,٠١ مجم/ لتر.

- عنصر الخارصين:

هو عنصر يؤدي وجوده إلى خلل في 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 في مياه الشرب في التشريعات المصرية هو ٣ مجم/ لتر.

- عناصر أخرى:

يمكن تواجد بعض العناصر الفلزية الأخرى السامة في مياه الشرب نتيجة التلوث الصناعي وحدودها القصوى مثل الزئبق (٠,٠٠١ ملجم/ لتر) والسيلينيوم (٠,٠١ ملجم/ لتر) والكروم (٠,٠٥ ملجم/ لتر) والزرنيخ (٠,٠١ ملجم/ لتر).

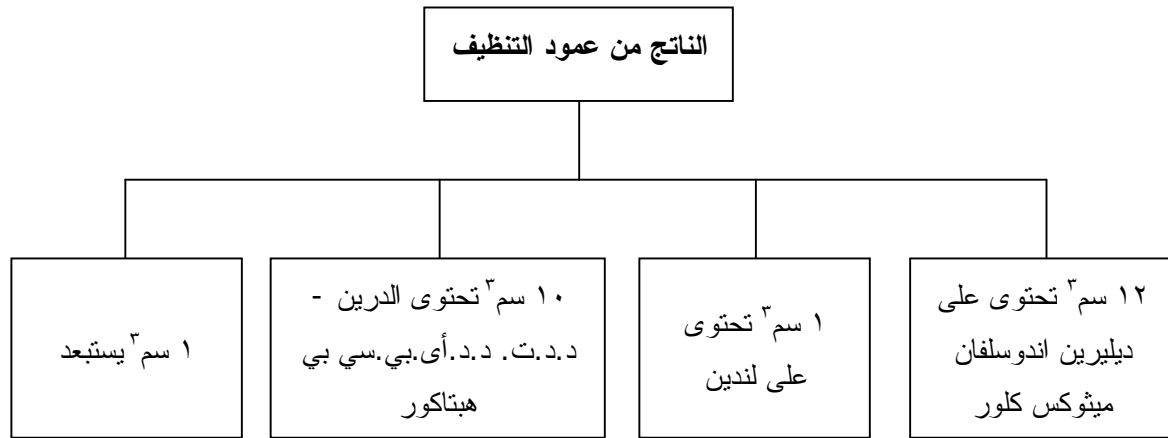
١٨. المبيدات

أساس الطريقة:

والمركبات العضوية

Pesticides and
Organic
Compounds

يؤخذ لتر من العينة ويضاف له ٢٠ سم^٣ من الهكسان العادي ويستخلص الجزء العضوي ويتم هذا مرتين، ويجفف المستخلص باستخدام كبريتات الصوديوم الجافة، ويجرى التحليل باستخدام كروماتوجرافيا الغاز، ويمكن تنظيف العينات بإمرارها في عمود زجاجي (طوله ١٠ سم ونصف قطره ٥ مم) محتوي على سليكا جيل منشطة بالتسخين عند درجة حرارة ١١٠°م ويغسل العمود بـ ١٥ سم^٣ من مخلوط أيزوأوكتان بنزين بنسبة (٩٥: ٥) و ١٠ سم^٣ من مخلوط أيزوأوكتان بنزين بنسبة (٧٠: ٣٠) ثم ١٠ سم^٣ من البنزين وجمع الناتج جزيئاً (شكل رقم ٦-١١). يقاس تركيز المكونات باستخدام جهاز كروماتوجرافيا الغاز أو السائل تحت ضغط مرتفع. وتتضمن المواصفة المصرية معايير لعشرات المركبات العضوية (مبيدات - هيدروكربونات - كلورو هيدروكربونات - مركبات أكسجينية - مركبات نيتروجينية).



شكل رقم (٦-١٧)

طريقة تحليل المبيدات

١٩. الفينول

أساس الطريقة:

تعتمد الطريقة على تقطير الفينول ثم تفاعله مع ٤ -أمينوأنتى بيرين عند أس أيدروجيني ٧,٩ فى وجود بوتاسيوم حديدي السيانييد، ويقاس اللون الناتج عند ٥١٠ نانومتر، وفى هذه الطريقة يضاف كبريتات النحاس للمحلول المحمض عند أس أيدروجيني ٤ باستخدام حمض فوسفوريك (١ + ٩) لإيقاف نمو البكتريا ثم تقطر العينة. يجمع المقطر ويضبط الأس الأيدروجيني عند ١٠ قبل إضافة ٤ - أنتى امينوبيارين، ثم بوتاسيوم حديدى سيانيد والانتظار ١٥ دقيقة قبل قياس كثافة اللون.

الاحتياطات:

١. تحلل العينة خلال ٢٤ ساعة من التجميع على أن تحفظ خلال تلك الفترة عند درجة حرارة ٤°م.
٢. تحمض العينة عن أس أيدروجيني أقل من ٤ بواسطة حمض الفوسفوريك فى حالة وجود مركبات الكبريت التى تتداخل.
٣. فى حالة وجود الكلور تضاف كبريتات الحديدوز الأمونيومية لمنع أكسدة الفينول.

طريقة الحساب:

$$\text{Phenol} = \frac{1000 \times \text{reading from graph mg}}{\text{vol. of sample taken (ml)}}$$

وحدة القياس: (mg/L) أو (µg/L)

الفصل السابع

التحليل البكتريولوجى لمياه الشرب باستخدام طريقة الأنابيب المتعددة

الفصل السابع

التحليل البكتريولوجى لمياه الشرب باستخدام طريقة الأنابيب المتعددة

أهداف التدريب (التعلم):

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

مقدمة

يسبب وجود بعض أنواع البكتيريا أمراضاً عديدة للإنسان، وتسمى البكتيريا المرضية (Pathogenic Bacteria)، كذلك فإن وجود بعض الكائنات الأخرى مثل الفيروسات، والديدان، والطفيليات في المياه يؤدي إلى ظهور بعض الأمراض.

ويعتبر اختبار الكشف عن القولونيات الكلية هاماً لتحديد الكائنات التي تسبب أمراضاً وفيه يتم الكشف عن بكتيريا القولون البرازية (Escherichia Coli) (E. Coli)، وكذلك يستخدم في تحديد معامل نوعية المياه (Water Quality Index (WQI)، وتوجد (E. Coli)، في البراز الذي يحتوى على نسبة عالية من كل أنواع البكتيريا، ويشير وجود هذه البكتيريا في المياه إلى حدوث تلوث من الصرف الصحي، والبقايا الآدمية، والحيوانية، ووجود الأنواع الأخرى من البكتيريا، ويجب ألا يحتوى ١٠٠ مليلتر من المياه على أكثر من اثنتين من الخلايا البكتيرية على ألا يتكرر ذلك في عينتان متتاليتان من نفس المصدر مع مراعاة أن تكون ٩٥ % من العينات التي يتم فحصها خلال العام خالية تماماً من بكتيريا القولون.

طرق التحاليل البكتريولوجية

يعتبر وجود البكتيريا القولونية في المياه وخصوصاً تلك المقاومة للحرارة مؤشراً لتعرض المياه لنشاط الكائنات ذات الدم الحار ومنها الإنسان.

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

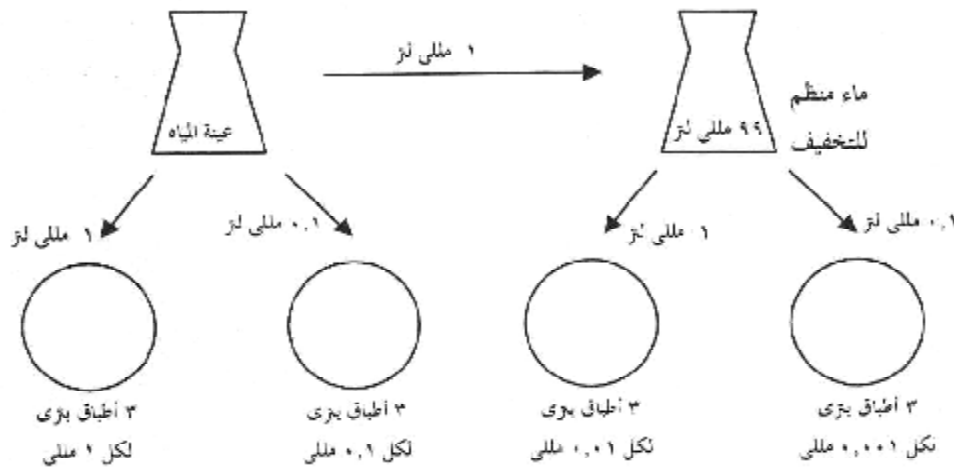
ويعتمد اختبار الكشف عن البكتيريا القولونية الغائطية على أثرها في تخمر اللاكتوز لينتج حامض وغاز عند درجة حرارة ٣٦ و ٤٤°م في أقل من ٢٤ ساعة. وأيضاً ينتج الأندول في ماء البيبتون. ويتم تحديد عدد البكتيريا القولونية بطريقتين قياسيتين:

١. اختبار الأنابيب المتعددة والتي تعطى دلالة على العدد الاحتمالي للبكتريا الموجودة (MPN).

٢. اختبار الترشيح الغشائي (MF) التي تعطى عدداً مباشراً للبكتريا.

كما حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) العدد الكلى للبكتريا المسموح به (عد الأطباق) في عينات المياه بما لا يزيد عن ٥٠٠ مستعمرة بكتيرية/ مللى لتر من العينة حيث أن العدد المثالي في 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 (٧-١) طريقة تخفيف العينات للفحص البكتريولوجى.



شكل رقم (٧-١)

طريقة تخفيف العينات للفحص البكتريولوجى

ويعتبر العدد الكلى للبكتريا الحية في 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 التي تعيش في 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 عد
الأطباق القياسى
(Standard Plate
Count Test)**

وهى طريقة لتعيين العدد الكلى للبكتريا الحية 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 للينة قد لا يفكك هذه التجمعات البكتيرية (Bacterial Cluster) مما يتعذر معه التفريق من 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 للينة باستخدام ماصة (معقمة فى فرن فى درجة حرارة ١٦٠ - ١٨٠ °م لمدة ساعة) وتوضع فى طبق بترى سعة ١٠٠ مم^٢ 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 البرازي

هناك طريقتان للفحص البكتريولوجي للمياه:

١. طريقة تخمر الأنابيب المتعددة (Multiple Tube Fermentation Method).

٢. طريقة الترشيح الغشائي (Membrane Filter Method).

١. التحليل البكتريولوجي باستخدام طريقة تخمر الأنابيب المتعددة

Multiple Tube Fermentation Method

الغرض من الطريقة:

تستخدم هذه الطريقة لتعيين وجود وعدد 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 الأولي.

٢- الاختبار التأكيدي.

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 وصلاحياتها للشرب من الوجهة البكتريولوجية. وتحت هذه المقاييس يمكن أن ينتهى الفحص بعد الاختبار التأكيدي، ولكن بعد أن يثبت أن الاختبار التأكيدي قد أعطى نتائج مكافئة للاختبار المكمل بسلسلة من الاختبارات المتوازنة.

• فى المعمل الروتينى توقف الاختبارات البكتريولوجية لمعظم مصادر المياه العامة عند نهاية الاختبارات التأكيذية. والاختبار التأكىذى له أهمية كبرى فى فحص عينات من مصادر إمداد المياه ومن الأجزاء المختلفة فى محطة معالجة المياه.

• طريقة الأنابيب المتعددة مبنية على قوانين الاحتمالية 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:

$$\text{العدد الاحتمالى} = \frac{\text{عدد العينات التى أعطت نتائج إيجابية } 100 \times}{\text{عدد الملليترات من العينات } \times \text{ عدد الملليترات من العينات التى أعطت نتائج سلبية فى كل الأنابيب}}$$

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 (٧-٢).

جدول رقم (٧-٢)
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	١، ٠,٠١، ٠,٠٠١ مللى لتر
٢٠٠٠ - ٥٤٢٠٠٠	١، ٠,٠٠١، ٠,٠٠٠١ مللى لتر

المبدأ الأساسي:

فى طريقة الأنابيب المتعددة، تلقح سلسلة من الأنابيب المحتوية على مستتب 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 الاختبار بالاختبار الظنى والاختبار المؤكد على التوالي.

فى حالة الاختبار المؤكد، يلحق مستتب أكثر انتقائية بجزء مأخوذ من الأنابيب الإيجابية. وبعد فترة مناسبة تفحص الأنابيب لمعرفة ما إذا كان قد تكون غاز. وعندها يمكن تقدير درجة تركيز 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 الغرض. وتعرف هذه الطريقة بطريقة العدد الأكثر احتمالاً (MPN).

التلقيح:

يمكن استخدام مقادير اختبارية مختلفة لتحضير سلسلة من التخفيفات العشرية وتتوقف التخفيفات على أعداد جراثيم القولونيات المتوقعة فى عينة الماء التى يجرى فحصها. وتعتمد مصداقية النتيجة (Reliability) التى يتم الحصول عليها على عدد الأنابيب الملقحة بكل مقدار اختباري. وفى حالات معينة يمكن خفض هذا العدد إلى ثلاثة أنابيب فى كل خطوة من خطوات التخفيف. ولكل مجموعة من الأنابيب الملقحة جدولها الخاص من قيم الأعداد الأكثر احتمالاً (MPN).

المياه غير الملوثة:

يمكن بصورة عامة افتراض وجود تلوث قليل، أو عدم وجود تلوث، فى المياه التى تدخل الشبكة أو المياه الموجودة فيها. وفى هذه الحالة يحتاج الأمر إلى تلقيح خمسة أحجام من ماء العينة، كل منها ١٠ مليلتر، فى خمسة أنابيب يحتوى كل منها على ١٠ مليلتر من مستنبت مزدوج القوة (Double-strength).

المياه الملوثة:

المياه التى يشتبه بأنها أكثر تلوثاً، مثل المياه غير المعالجة التى تجلب من مصادر معينة للماء الخام، تحتاج للفحص باستخدام أحجام تلقيح مختلفة فى تخفيفات عشرية. وفيما يلي التلقيحات التى تجرى فى العادة:

١. ١٠ مليلتر من العينة فى كل من خمسة أنابيب يحتوى كل منها على ١٠ مليلتر من مستنبت مزدوج القوة.
٢. ١,٠ مليلتر من العينة فى كل من خمسة أنابيب يحتوى كل منها على ١٠ مليلتر من مستنبت مفرد القوة.
٣. ١,٠ مليلتر من تخفيف ١ : ١٠ من العينة (أى ٠,١ مليلتر من العينة) فى كل من خمسة أنابيب يحتوى كل منها على ١٠ مليلتر من مستنبت مفرد القوة.

وإذا كان من المتوقع أن تكون العينة مفرطة التلوث، تلقح مقادير متساوية حجمها ١,٠ مليلتر من تخفيفات عشرية متسلسلة من كل خطوة تخفيف فى خمسة أنابيب على ١٠ مليلتر من مستنبت مفرد القوة.

وإذا كان عبء العمل ثقيلًا جدًا والوقت المتاح محدودًا، يمكن خفض عدد الأنابيب على ثلاثة فى كل سلسلة. ولكن تلقح خمسة أنابيب بكل حجم من العينة يعطى نتيجة بالعدد الأكثر احتمالاً (MPN) يوثق بها إحصائياً أكثر من النتيجة التى يحصل عليها بتلقيح ثلاث أنابيب فحسب.

التجهيزات:

من الضروري توفر التجهيزات المختبرية الأساسية التالية:

أ- فرن هواء ساخن:

يجب أن يتسع هذا الفرن بشكل كافٍ ليستوعب كافة الماصات (Pipettes)، وأنابيب الاختبار، وزجاجات العينات، والأدوات الزجاجية الأخرى والأجهزة التى تحتاج إلى تعقيم بواسطة التسخين الجاف، ومن الضروري دوران الهواء الساخن بحرية داخل الفرن لتأمين التعقيم الصحيح. ويجب أن تضبط درجة حرارة الفرن عند ١٧٠°م، كما يجب استعمال مقياس حرارة للتحقق من درجة الحرارة، ومدة التعقيم المطلوبة ساعة واحدة.

ب- جهاز التعقيم (الأوتوكلاف) (Autoclave):

يجب أن يكون الأوتوكلاف كبير الحجم بالقدر الكافي ليسمح بسرّيان طليق للبخار حول الحمولة العادية المراد تعقيمها، وأن يزود بمقياس للضغط ومقياس الحرارة، على أن يكون الجزء الأكبر من مقياس الحرارة فى مخرج الأوتوكلاف (مما يقلل من فرص تحطم مقياس الحرارة). ويجب أن يكفل ذلك أن يحل البخار محل الهواء الموجود فى غرفة الهواء برمته. على أن يتم التعقيم خلال مدة لا تزيد على ٣٠

دقيقة. ويوصى التقيد بحزم بدرجات الحرارة ومدد التعقيم المحددة
للأنواع المختلفة من المستنبتات.

ج - الحاضنة:

يجب أن تزود الحاضنة بضابط للحرارة قادر على الحفاظ على حرارة
منتظمة صحيحة إلى $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. ويجب أن يكون داخل الحاضنة فراغاً
واسعاً إلى حد يسمح بجريان طليق للهواء عندما تكون الزجاجات كبيرة
إلى حد يسمح بالحفاظ على هذه الأحجام بعد التعقيم لمدة ٢٠ دقيقة في
درجة حرارة 121°C .

د - ماصات:

هناك حاجة لاستخدام ماصات ذات أحجام مختلفة.

هـ - أجهزة تحضير البيئات:

هذه تتطلب حاويات من الزجاج أو الفولاذ غير القابل للصدأ. ويجب أن
تكون أجهزة التسخين وأدوات التحريك المستخدمة في تحضير
المستنبتات نظيفة وخالية من المواد السامة القابلة للذوبان.

و - موقد غازي:

يعتبر موقد بنزن (Bunsen) أو أى نوع مماثل وافياً بالغرض.

ز - أنابيب زرع تحتوى على باللات (Vials) مقلوبة (أنابيب دورهام) (Durham):

يجب أن تكون الأنابيب والباللات ذات أحجام تسمح بملء الباللة تماماً
بالمستنبت وتغطيسها في الأنبوب.

ح - رفوف أنابيب الاختبار:

يجب أن تكون كبيرة بحيث تتسع لأنابيب المستنبتات الأكبر قطراً.

ط - إبرة تلقیح (Loop) ومقبضها:

يجب استخدام قطع من السلك (٧,٥ - ١٠ سم). ويعتبر سلك النيكل
كروم (Ni-Chrome) مقبولاً ولكن يفضل عليه السلك المكون من

البلاتين والإيريديوم (Platinum – Iridium)، وتثبت قطع السلك (العروات) في مقابض معدنية أو زجاجية ذات قطر مماثل لقطر القلم. ولعمل عروة التلقيح يثنى السلك على شكل دائرة قطرها ٣ - ٤ ملليمتر.

ي - أجهزة مختبرية عامة:

هناك حاجة إلى قوارير (Flasks) مستديرة وقوارير أيرلنماير (Erlenmeyer) ودوارق (Beakers) والحوامل المعدنية (Stands)، إلخ.

البيئات وماء التخفيف تبسط الأوساط (Media) المجففة المتاحة في الأسواق عملية تحضير مرق الزرع، ولذلك يوصى باستعمالها في المختبر، وتنتج هذه الأوساط كمساحيق يمكن وزنها بسهولة وإذابتها في ماء مقطر ووضعها في أطباق وأنابيب الزرع تمهيداً لتعقيمها.

وهناك مستنباتات مختلفة متعددة متاحة للاختبار الظني، مثل:

- مرق لوريل تربتوز (LTB).
- مرق ماك كونكي (MacConkey).
- مرق لاكتوز (Lactose).

ويشيع استعمال هذه الأوساط الثلاثة في بلدان عديدة. وتعتمد انتقائية مرق ماك كونكي ومرق لوريل تربتوز على التوالي على وجود أملاح الصفراء (Bile salts) والعامل السطحي النشط (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 تأكيد (Confirmatory medium) لفحص إجمالي القولونيات. ولتأكيد وجود القولونيات الغائطية يستخدم إما مرق (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 في ماء مقطر للحصول على وسط ظني مزدوج أو مفرد القوة (في حالة التحليل التأكدي يستعمل الوسط المفرد القوة فحسب).
- ب- وزع الحجم المطلوب في أنابيب زرع تحتوى على أنبوب (Durham) مقلوب، وغط أنابيب الزرع.
- ج- عقم الأنابيب في جهاز التعقيم أو أنية طهى بالضغط (Pressure Cooker) في درجة حرارة ١١٤°م لمدة ١٠ دقائق (أو حسب توصيات الصانع). ومن المهم بصفة خاصة عدم وضع الأوساط التي تحتوى على مواد ثنائية السكريات (Disaccharides)، مثل اللاكتوز، في جهاز التعقيم، وفي درجة حرارة أكثر ارتفاعاً.
- د- يجب أن يخزن الوسط المعقم في درجة حرارة الغرفة (٢٥°م تقريباً)، للإبقاء على تعقيمه. وبالإضافة إلى ذلك يجب وقاية المحلول من التعرض للضوء لأن هناك صبغات متعددة حساسة للضوء.

ماء التخفيف:

يستعمل محلول منظم (Buffer) معقم خصيصاً لتحضير تخفيفات من عينات للتلقيح في المستنبتات. ويحضر الماء من محلول أصلي (Stock) مركز من محلول منظم فوسفاتي (Phosphate Buffer) و محلول كلوريد ماغنسيوم.

تحضير محلول منظم فوسفاتي (محلول ١):

لتحضير المحلول الأصلي، يذاب ٣٤,٠ جراماً من فوسفات ثنائي هيدروجين البوتاسيوم (KH_2PO_4) في 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 بالتر (٤,٠) جرام مذاب في ١٠٠ مليلتر من الماء المقطر). ثم يضاف قدرًا كافيًا من

الماء المقطر حتى يصبح الحجم لتراً واحداً. وعند عدم استعمال المحلول ينبغي حفظه واختزانه فى زجاجة محكمة الإغلاق فى درجة حرارة تتراوح من ٤-١٠°م، وذلك لتأخير النمو الجرثومي.

تحضير محلول كلوريد الماغنسيوم (٢):

يوزن ٨١,١ جم كلوريد الماغنسيوم ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) 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 مليلتر أو ٩٩ مليلتر فى كل أنبوبة وتعقم فى جهاز التعقيم لمدة ١٥ دقيقة.

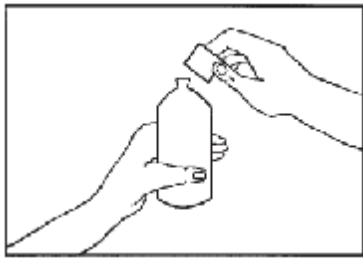
التطبيق على المياه غير الملوثة:

الطريقة:

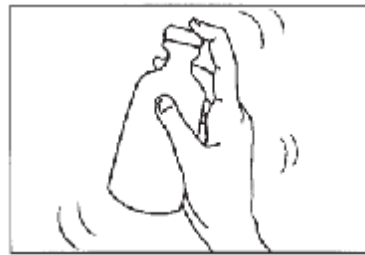
نوضح فيما يلى الطريقة التى تستعمل لفحص مياه غير ملوثة نسبياً، كالمياه المعالجة فى شبكات المياه.

أ. أنزع الورق الملفوف على زجاجة العينة.

ب. رج الزجاجة بقوة بينما السدادة فى موضعها وذلك حتى تتوزع الجراثيم توزيعاً متساوياً، وإذا كانت الزجاجة ممثلة فإنزع السدادة وأفرغ منها ٢٠-٣٠ مليلتر، وبعد ذلك ضع السدادة ورج الزجاجة حتى تمام المزج.

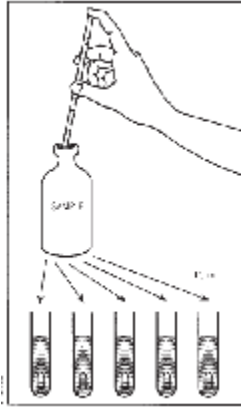


(أ)



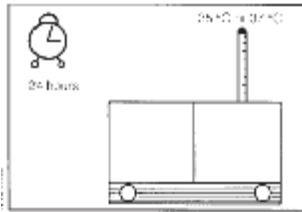
(ب)

ج. باستعمال ماصة معقمة سعة ١٠ مليلتر، ضع ١٠ مليلتر من العينة في كل أنبوبة من خمسة أنابيب تحتوى على ١٠ مليلتر من مرق الفحص الظني (مزدوج القوة). ومن المستحسن رج الأنابيب بهدوء حتى تتوزع العينة بالتساوي في المستتبب كله.



(ج)

د. أحضن الأنابيب في الحاضنة في درجة حرارة ٣٥°م أو ٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة.



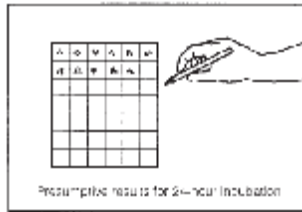
(د)

هـ. عند انتهاء ٢٤ ساعة من الحضنة، أفحص كل أنبوب بحثاً عن الغاز. فإذا كان هناك غاز فسوف يمكن رؤيته في أنبوبة (Durham)، أما إذا لم يوجد غاز فترج الأنبوبة بهدوء، فإذا شوهد فوران من الفقاعات الصغيرة، تعتبر الأنبوبة إيجابية.



(هـ)

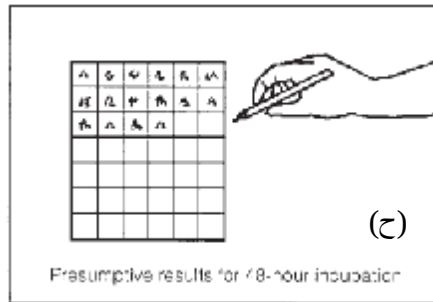
و. سجل عدد الأنابيب الإيجابية بعد ٢٤ ساعة، في جدول.



(و)

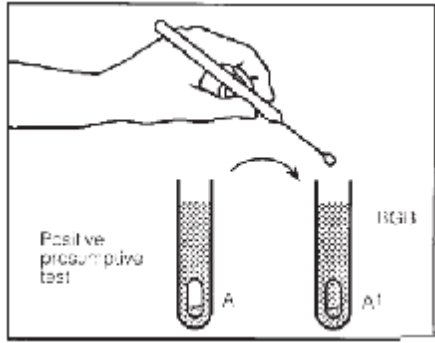
ز. أعد حضنة الأنابيب السلبية لمدة ٢٤ ساعة أخرى وبعد انتهاء هذه المدة افحص الأنابيب من جديد بحثاً عن الغاز كما في الخطوة هـ. ويعتبر الغاز المنتج في نهاية ٢٤ ساعة أو ٤٨ ساعة من الحضنة تأكيد لوجود قولونيات في العينة

ح. سجل عدد الأنابيب الإيجابية بعد ٤٨ ساعة على الجدول.



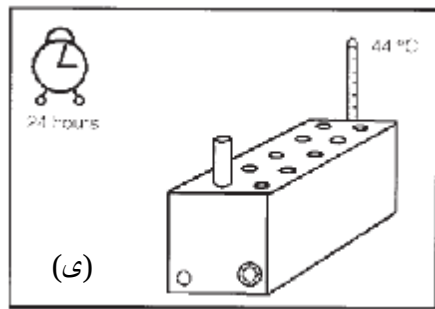
(ح)

(ط)



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 مليلتر 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 تأكيدى (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 كل منها ١٠ مليلتر، يمكن معرفة العدد الأكثر احتمالاً (MPN) من نتائج الاختبار بواسطة الجدول رقم (٧-٣).

جدول (٧-٣)

الأعداد الأكثر احتمالاً (MPN) لتوافيق مختلفة من نتائج إيجابية وسلبية
عند استعمال ٥ أجزاء من العينة كل منها ١٠ مليلتر

عدد الأنابيب ذات التفاعل الإيجابي من ٥ أنابيب سعة كل منها ١٠ مليلتر	العدد الأكثر احتمالاً (MPN)
صفر	صفر
١	٢
٢	٥
٣	٩
٤	١٦
٥	أكثر من ٢٣

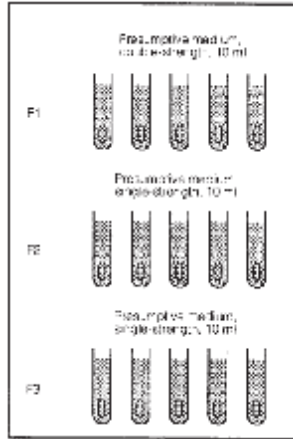
فإذا كانت هناك ثلاثة أنابيب إيجابية مؤكدة بالنسبة لمجموعة إجمالي القولونيات، فمن الجدول يمكن أن نرى أن القيمة المقابلة للعدد الأكثر احتمالاً (MPN) هي ٩ إجمالي القولونيات في كل ١٠٠ مليلتر من العينة. وفيما يختص بالقولونيات الغائطية، لم يكن هناك سوى أنبوبة إيجابية واحدة مؤكدة فحسب. وبالتالي فإن قيمة العدد الأكثر احتمالاً (MPN) هي ٩,٢ إجمالي قولونيات في كل ١٠٠ مليلتر من العينة. وفيما يختص بالقولونيات الغائطية، لم يكن هناك سوى أنبوبة إيجابية واحدة مؤكدة فحسب. وبالتالي فإن قيمة العدد الأكثر احتمالاً (MPN) هي ٢,١ في كل ١٠٠ مليلتر.

التطبيق على المياه الملوثة (بطريقة التخفيف):

الطريقة:

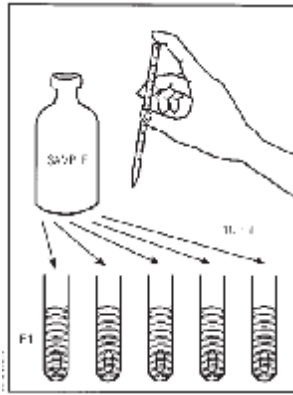
الطريقة التي تستعمل لفحص مياه يتوقع أن تكون ملوثة حتى ولو كان قد سبق معالجتها مبينة فيما يلي، وهي في جوهرها مماثلة للطريقة الموصوفة سالفاً، باستثناء استعمال تخفيفات متعددة في هذه الطريقة.

أ. رتب ثلاثة صفوف يتألف كل منها من خمس أنابيب في
رف أنابيب الاختبار. يحتوى كل من الأنابيب في الصف
الأول (ف١) على ١٠ مل من وسط ظني مزدوج القوة،
بينما تحتوى كل أنبوبة في الصفين الثاني والثالث (ف٢،
ف٣) على ١٠ مل من وسط ظني مفرد القوة.



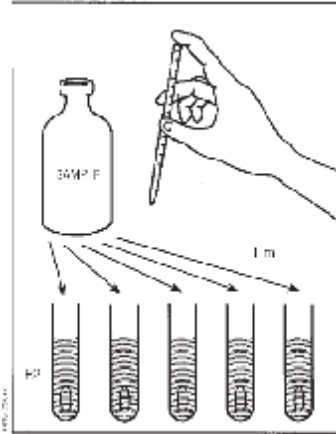
(أ)

ب. ضع ١٠ مل من العينة في كل من الأنابيب الخمسة في
الصف ف١ باستعمال ماصة معقمة.

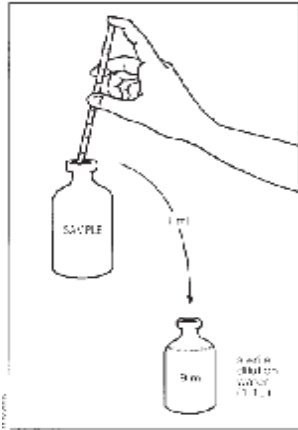


(ب)

ج. ضع ١ مل من العينة في كل من الأنابيب الخمسة في
الصف ف٢ باستعمال ماصة معقمة.

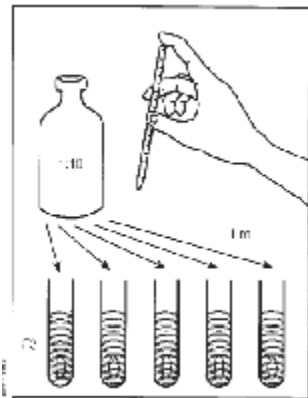


(ج)



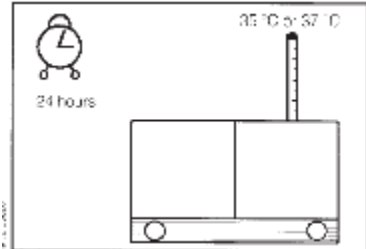
(د)

د. حضر محلول ١ : ١٠ من العينة بإضافة ٩ مل من الماء المخفف (استعمل ماصة معقمة سعة ١ مل). اغلق الزجاجاة المحتوية على العينة المخففة ورجها بقوة.



(هـ)

هـ. أضيف ١ مل من السائل المخفف ١ : ١٠ بواسطة ماصة معقمة أخرى إلى كل من الأنابيب الخمس في الصف ف٣.



(و)

و. بعد رج الأنابيب برفق لمزج الزرعة (Inoculum)، ضع الرف ومعه الخمس عشرة أنبوبة في درجة حرارة ٣٥°م أو ٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة في الحاضنة. وبعدها تابع الطريقة الخاصة بالماء غير الملوث.

تعيين العدد الأكثر احتمالاً:

يتم التوصل إلى العدد الأكثر احتمالاً بطريقة مماثلة للطريقة الموضحة في القسم (٧-٣)، ولكن بالنظر للعدد الكبير من الأنابيب، يتعين استخدام الجدول (٧-٤) الأكثر تعقيداً.

وبيين المثال التالي كيفية الحصول على النتائج:

لنفرض أنه تم الحصول على النتائج التالية بعد تأكيد وجود إجمالي القولونيات:

- ٥ أنابيب إيجابية في الصف ف ١ (حجم العينة الملقحة ١٠ مل).

- ٣ أنابيب إيجابية فى الصف ف٢ (حجم العينة الملقحة ١ مل).
- أنبوبة إيجابية واحدة فى الصف ف٣ (حجم العينة الملقحة ٠,١ مل).

وهكذا يمكن أن يرمز للنتائج بالأرقام ١-٣-٥، وهى تمثل الاختبار المؤكد للقولونيات. ويشير الجدول رقم (٧-٤) بأن النتيجة المشفرة ١-٣-٥ (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 على حوالى ١١٠ قولونيات فى كل ١٠٠ مل تقريباً.

ويجرى الاختبار المؤكد للقولونيات الغائطية بنقل ما تحمله إبرة التعقيم من كل أنبوبة اختبار إيجابية ظنياً إلى أوساط تأكيدية، ووضعها فى الحاضنة فى درجة $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ لمدة ٢٤ ساعة. ولنفرض أن هذا الاختبار يعطى قيمة مشفرة هى ٤ - ٣ - صفر. عندما يعطى الجدول رقم (٧-٤) قيمة العدد الأكثر احتمالاً وقدرها ٢٧ أى وجود قولونية غائطية فى كل ١٠٠ مليلتر من العينة، ثم لنأخذ مثلاً لماء شديد التلوث، فقد تعطى الطريقة الموضحة أعلاه نتيجة مشفرة قدرها ٥-٥-٥، ونتيجة كهذه لا تعطى قيمة محددة للعدد الأكثر احتمالاً. فعند الاشتباه بتلوث شديد كهذا تلقح عادة أكثر من ثلاث تخفيفات عشرية التركيز. ويجب عمل سلسلة التخفيفات العشرية (Tenfold) هذه بطريقة ما بحيث يحتمل حدوث نتيجة سلبية لأعلى تخفيف ملقح على الأقل. فإذا لقح فى البداية ٥ × ١,٠ مل، ٥ × ٠,١ مل، ٥ × ٠,٠١ مل 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 قيمة العدد الأكثر احتمالاً من الجدول رقم (٧-٥).

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 (٧-٤)، ففى المثال المذكور أعلاه تختار

النتيجة ٥-٤-١ التي تمثل الأحجام ٠,١، ٠,٠١، ٠,٠٠١ مل من العينة. وقيمة العدد الأكبر الذي يتم الحصول عليه من الجدول رقم (٧-٤) يجب أن تضرب في ١٠٠ للحصول على العدد الأكثر احتمالاً لهذه العينة بالذات (أنظر أدناه)، وتكون النتيجة في هذه الحالة هي ١٧٠٠٠ لكل ١٠٠ مل.

وأحياناً قد يجد عامل المختبر صعوبة في تعيين معامل الضرب لاستخدامه في الحصول على العدد الأكثر احتمالاً (MPN) المناسب لعينة جرى فحصها. فالطريقة البسيطة لتعيين العدد الأكثر احتمالاً هي تقسيم قيمته التي يتم الحصول عليها من الجدول رقم (٧-٤) على حجم العينة ممثلاً بالعدد الأوسط في 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 (٧-٤). فالعدد الأكثر احتمالاً للرمز ٥-٢-٢ صفر من الجدول رقم (٧-٤) هو ٤٩. لهذا تكون قيمة العدد الأكثر احتمالاً للعينة المفحوصة
$$= 9 / 0,1 = 49 \times 100 = 4900.$$

ويبين الجدول (٧-٥) أمثلة للعوامل التي تستخدم لضرب قيمة العدد الأكثر احتمالاً المستخرج من الجدول (٧-٤) للحصول على العدد الأكثر احتمالاً الملائم للتخفيفات المختلفة.

جدول رقم (٧ - ٤)

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

العدد الأكثر احتمالاً	عدد الأنابيب التي تعطي تفاعلاً سلبياً من أصل			العدد الأكثر احتمالاً	عدد الأنابيب التي تعطي تفاعلاً إيجابياً من أصل		
	٥ كل منها ١ مل	٥ كل منها ٠,١ مل	٥ كل منها ١٠ مل		٥ كل منها ١ مل	٥ كل منها ٠,١ مل	٥ كل منها ١٠ مل
25	3	0	4	<1.8	0	0	0
17	0	1	4	1.8	1	0	0
21	1	1	4	1.8	0	1	0
26	2	1	4	3.6	1	1	0
31	3	1	4	3.7	0	2	0
22	0	2	4	5.5	1	2	0
26	1	2	4	5.6	0	3	0
32	2	2	4	2	0	0	1
38	3	2	4	4	1	0	1
27	0	3	4	6	2	0	1
33	1	3	4	4	0	1	1
39	2	3	4	6.1	1	1	1
34	0	4	4	8.1	2	1	1
40	1	4	4	6.1	0	2	1
47	2	4	4	8.2	1	2	1
41	0	5	4	8.3	0	3	1
48	1	5	4	10	1	3	1
23	0	0	5	10	0	4	1
31	1	0	5	4.5	0	0	2
43	2	0	5	6.8	1	0	2
58	3	0	5	9.1	2	0	2
33	0	1	5	6.8	0	1	2
46	1	1	5	9.2	1	1	2
63	2	1	5	12	2	1	2
84	3	1	5	9.3	0	2	2
49	0	2	5	12	1	2	2
70	1	2	5	14	2	2	2
94	2	2	5	12	0	3	2
120	3	2	5	14	1	3	2
150	4	2	5	15	0	4	2
79	0	3	5	7.8	0	0	3
110	1	3	5	11	1	0	3
140	2	3	5	13	2	0	3
170	3	3	5	11	0	1	3
210	4	3	5	14	1	1	3
130	0	4	5	17	2	1	3

العدد الأكثر احتمالاً	عدد الأنايبب التي تعطي تفاعلاً سلبياً من أصل			العدد الأكثر احتمالاً	عدد الأنايبب التي تعطي تفاعلاً إيجابياً من أصل		
	٥ كل منها ١ مل	٥ كل منها ٠,١ مل	٥ كل منها ١٠ مل		٥ كل منها ١ مل	٥ كل منها ٠,١ مل	٥ كل منها ١٠ مل
170	1	4	5	14	0	2	3
220	2	4	5	17	1	2	3
280	3	4	5	20	2	2	3
350	4	4	5	17	0	3	3
430	5	4	5	21	1	3	3
240	0	5	5	24	2	3	3
350	1	5	5	21	0	4	3
540	2	5	5	24	1	4	3
920	3	5	5	25	0	5	3
1600	4	5	5	13	0	0	4
>1600	5	5	5	17	1	0	4
				21	2	0	4

جدول رقم (٧-٥)

أمثلة لعوامل الضرب لتعيين العدد الأكثر احتمالاً للتخفيفات المختلفة للعينة

عامل الضرب للعدد الأكثر احتمالاً	النتيجة المشفرة المختارة	عدد الأنايبب التي تعطي تفاعلاً إيجابياً من أصل					المثال
		٥ كل منها ٠,٠٠٠١ مل	٥ كل منها ٠,٠٠١ مل	٥ كل منها ٠,٠١ مل	٥ كل منها ٠,١ مل	٥ كل منها ١ مل	
١٠٠	٥-٢-٠	صفر	صفر	٢	٥	٥	١
١٠٠	٥-٤-١	صفر	١	٤	٥	٥	٢
١٠	٥-٣-٠	صفر	صفر	صفر	٣	٥	٣
١٠٠٠	٥-٣-١	١	٣	٣	٥	٥	٤
١٠	صفر-١-صفر	صفر	صفر	صفر	١	صفر	٥

التطبيق على المياه الملوثة (الطريقة "المختصرة"):

إن إجراءات الطريقة المختصرة هي في 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 عن الجدول رقم (٧-٦) لتعيين العدد الأكثر احتمالاً.

انتقاء الأنابيب للاختبار المؤكد:

يجب أن يتضمن كل تحليل جرثومي، الاختبار المؤكد Confirmed Test فإذا اقتصر الفحص على خمس أنابيب فقط من حجم ١٠ مليلتر، يتعين إجراء الاختبار المؤكد الخاص بالقولونيات والقولونيات الغائطية في جميع الأنابيب التي يتكون فيها الغاز. ولكن إذا تضمن التلقيح خمسة أنابيب أو ثلاثة لكل من أحجام العينات التي تزيد عن ثلاثة (مثلاً ١,٠، ١,٠، ٠,١، ٠,٠١، ٠,٠٠١ مل) عندها لا يكون من الضروري إجراء الاختبارات التأكيدية على كل الأنابيب الإيجابية.

ويعرض الجدول رقم (٦-٧) الأعداد الأكثر احتمالاً لتوافق مختلف من النتائج الإيجابية والسلبية عند استعمال ثلاثة مقادير كل منها ١٠ مل، وثلاثة مقادير كل منها ١ مل، وثلاثة مقادير كل منها ٠,١ مل (الطريقة "المختصرة").

جدول رقم (٦-٧)**الأعداد الأكثر احتمالاً**

عدد الأنابيب التي تعطي تفاعلاً إيجابياً من أصل			
٣ كل منها ١٠ مل	٣ كل من ١ مل	٣ كل منها ٠,١ مل	العدد الأكثر احتمالاً
صفر	صفر	صفر	$3 >$
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

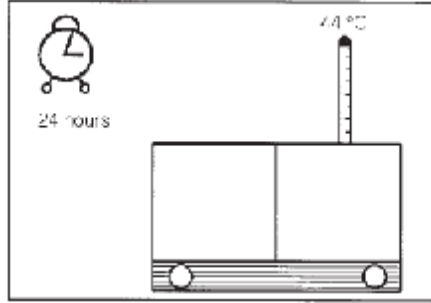
إذا كانت الأنابيب الخمسة (الثلاثة) كلها إيجابية في تخفيفين متتاليين أو أكثر. عندها يتعين انتقاء مجموعة الأنابيب التي تمثل الأصغر بين أحجام العينة التي تكون فيها الأنابيب جميعها إيجابية. ويجب إجراء الاختبار المؤكد على جميع هذه الأنابيب وجميع الأنابيب الإيجابية المتطابقة مع الأحجام التالية الأدنى. وفيما يلي مثال يوضح هذه الطريقة:

بعد وضع الأنابيب في الحاضنة لمدة ٢٤ ساعة كانت النتائج الإيجابية في خمسة أنابيب سعة كل 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 التي لقحت في البداية بمقادير من العينة مقدارها ٠,١ مل و ٠,٠١ مل و ٠,٠٠١ مل.

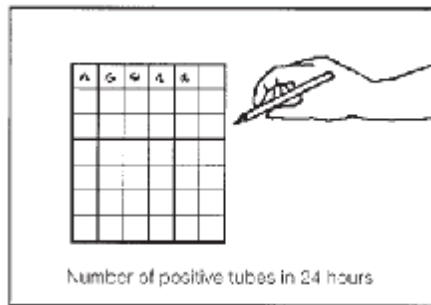
الطريقة المباشرة لفحص القولونيات الغائطية:

في حالة فحص ماء غير مكلور من مرفق مياه مجتمعي صغير، ويكون فيه الاهتمام منصبا على القولونيات الغائطية فحسب، يمكن استخدام طريقة الأنابيب المتعددة مباشرة لفحص القولونيات الغائطية. ويمكن أن تستخدم هذه الطريقة في البلدان النامية أو أثناء الاستقصاءات الميدانية إذا كان المكان والقوى العاملة وتسهيلات الحضانة محدودة. وتقوم هذه الطريقة على طريقة العدد الأكثر احتمالاً العادية التي يستخدم فيها مرق لاكتوز كوسط للفحص الظني، ولكن تتم حضانة الأنابيب في حمام مائي في درجة $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ م بدون فحص مسبق لإجمالي القولونيات في درجة 35°C م أو 37°C م لمدة ٢٤ ساعة.

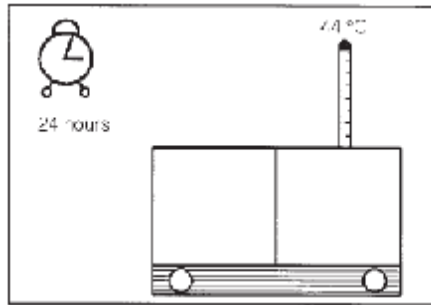
وهذه الطريقة مماثلة لتلك المذكورة فيما يتعلق بفحص الماء الملوث، ولكن يستخدم فيها مرق لاكتوز أو مرق ماك كونكي كوسط ظني. ولإجراء ذلك حضر ١٥ أنبوبة من كل من العينة والوسط كما هو موضح سابقاً.



بعد رج الأنبيب برفق لخلط المحتويات ضع الخمس عشرة أنبوبة في درجة $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$ في الحاضنة لمدة ٢٤ ساعة.

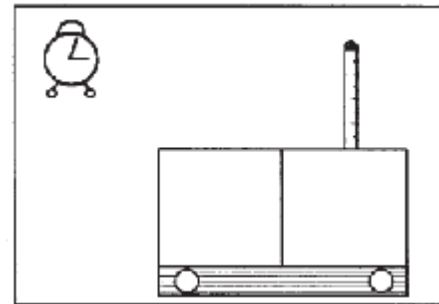
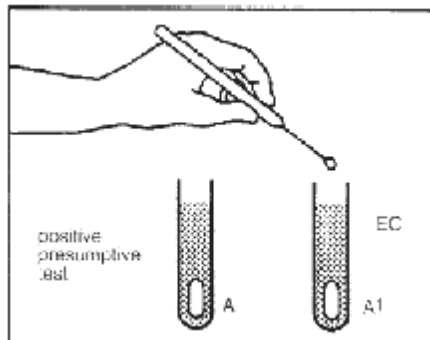


أفحص كل أنبوبة لاكتشاف وجود غاز فيها ثم سجل عدد الأنبيب الإيجابية بعد ٢٤ ساعة في الجدول المناسب.



يجب أن توضع الأنبيب السلبية في 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 في الحاضنة في درجة $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$ لمدة ٢٤ ساعة.



يتأكد وجود القولونيات الغائطية إذا تكون غاز باستخدام المرق التأكيدي بعد ٢٤ ساعة في درجة حرارة $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$. عين العدد الأكثر احتمالاً MPN

استمارات التسجيل

يعطى التحليل الذي يجرى لعينة معينة نتائج متعددة، وينبغي أن تكون الاستمارة التى تعد لتسجيل هذه النتائج كاملة، وليس بالضرورة أن تكون معقدة، وينبغي أن يتضمن النموذج معطيات وتعريف مفصل عن العينات (Sampling) تساعد أيضاً فى التعرف على العينات، ومعطيات مسجلة على استمارة إرسال العينة، وأخرى عن التحليل الجرثومي نفسه، ويبين الشكل رقم (٧-٢) استمارة شاملة مقترحة.

برنامج مراقبة جودة المياه

تحليل المياه الجرثومي

(شركة مياه الشرب والصرف الصحي ب.....)

رقم العينة:

المنطقة:

الموقع الذي جمعت منه العينة:

المكان:

المصدر:

المرسل:

تاريخ أخذ العينة: _____ / _____ / _____ الوقت:

تاريخ التحليل: _____ / _____ / _____ الوقت:

ملليجرام / لتر

الكلور الحر المتبقي

النتائج

إجمالي القولونيات

/ ١٠٠ مل

القولونيات الغائطية (باسيل القولوني النموذجي)

/ ١٠٠ مل

المياه من الناحية الجرثومية

.....

فني المختبر

جيدة / غير مقبولة

.....

(توقيع)

مدير المعمل

شكل رقم (٧-٢)

نموذج للبروتوكول المستخدم

فحص البكتريا السبحية المعوية:

ويجرى الاختبار بطريقة العد الاحتمالي (Most probable number) باستخدام بيئة الأزيد دكستروز بروت (Azide dextrose broth)، وفي حالة استخدام ١٠ مل من العينة للفحص تستخدم بيئة مضاعفة التركيز وتركيبها كالاتي:

٩ جم	خلاصة لحم
٣٠ جم	تربتون
١٥ جم	جلوكوز
١٥ جم	ملح طعام
٠,٤ جم	صوديوم أزيد
٢ مل بروموكريزول قرمزي (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 كالاتي:

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 إلى درجة ٤٢°م ثم يضاف إليها زجاجة واحدة من كاناميسين لكل ٥٠٠ جم من البيئة 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 إبرة زرع، ويحضان الطبق عند درجة ٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة، وتفحص الأطباق للمستعمرات سوداء اللون ويجرى لها اختبار فوق أكسيد الهيدروجين (Catalase test) باستعمال محلول فوق أكسيد الهيدروجين تركيز ٣% بوضع نقط قليلة منه على شريحة زجاجية وإذابة المستعمرة فيها على الشريحة وملاحظة تكون فوران وحدوث فقاعات غازية من عدمه، وتكون العينة سالبة إذا لم يحدث فقاعات وفوران باستخدام فوق أكسيد الهيدروجين (Catalase negative)، كما تحضر أفلام من المستعمرات التى لونها أسود على أطباق كاناميسين أسكولين أزيد أجار وتصبغ بصبغة "الجرام" وتفحص تحت الميكروسكوب لوجود المكورات السبحية الإيجابية لجرام.

وتعتبر العينة إيجابية للبكتريا السبحية البرازية إذا :

- أ. فى الاختبار التمهيدي أعطت عكارة على مستنبت أزيد دكستروز بروت.
- ب. ثم أعطت مستعمرات سوداء اللون على أطباق كاناميسين أزيد أجار فى الاختبار التأكيدي.
- ج. إذا كانت المستعمرات سوداء اللون فى الاختبار التأكيدي سلبية الاختبار (Catalase).
- د. الفحص المجهرى للمستعمرات سوداء اللون سلبية الاختبار (Catalase). والمصبوغة بصبغة الجرام إيجابية تكون تلك المستعمرات على شكل مكورات ثنائية أو رباعية أو سلاسل قصيرة (Short chain)، بعد ذلك تقرأ النتائج للأنابيب فى الاختبار التمهيدي.
- هـ. وكانت كل الاختبارات التأكيدي السابقة إيجابية، ويعرض الجدول رقم (٧-٧) العدد الاحتمالي للبكتريا السبحية المعوية بالنسبة لعدد الأنابيب الإيجابية فى الاختبار التمهيدي والاختبارات التأكيدي.

جدول رقم (٧-٧)**العدد الاحتمالي**

عدد الأنابيب الإيجابية فى الاختبار التمهيدي والاختبارات التأكيدي	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 ثم تبرد وترشح عند درجة ١٠٠°م وتضاف إليها ١٥ جم أجار فى فصل الشتاء ومن ٢٠-٢٥ جم فى فصل الصيف وبعد إذابة الأجار يضبط الرقم 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 الاستعمال يوضع فى حمام مائي عند درجة ٤٥°م.

فحص بكتريا سودوموناس ايروجنوزا:

لإجراء عملية الفحص لهذه البكتريا (*Pseudomonas aeruginosa*) سودوموناس ايروجنوزا تستخدم طريقة العد الاحتمالي (MPN) باستعمال بيئة الاسبارجين.

وتركيبتها كالاتي:

ملحوظة:

فى حالة فحص عينة من الماء ١٠ سم^٣ فأكثر تحضر البيئة مضاعفة التركيز أى تضاعف الكميات الآتي بيانها:

اسبارجين	٣ جم
كبريتات ماغنسيوم	٠,٥ جم
كبريتات بوتاسيوم	١٠ جم
ثنائي فوسفات أحادي	
هيدروجين البوتاسيوم	١ جم
ماء مقطر	١٠٠٠ جم

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 التركيز + 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 التأكيدى:

يجري عليها الاختبار التأكيدى التالى باستخدام بيئة الاسيتاميد آجار

(Acetamid agar) تركيبها كالاتى :

استياميد	١٠ جم
آجار	١٥ جم
أحادي هيدروجين ثنائى بوتاسيوم	١,٤ جم
ثنائى هيدروجين أحادي بوتاسيوم	٠,٧ جم
ملح طعام	٥ جم
كبريتات ماغنسيوم	٠,٥ جم
دليل أحمر فينول	٠,٠١٢ جم
ماء مقطر	١٠٠٠ مل

تحضير البيئة:

تخلط المقادير السابقة وتعقم في الأتوكلاف مع ضبط الرقم الهيدروجيني عند ٦,٩ - ٧,٢ . تصب في أنابيب ٨ مل في كل أنبوبة وتترك للتصلب مائلة بحث تعطى سطح مائل من البيئة.

طريقة إجراء الاختبار التأكدي:

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 في 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 (*Staphylococcus aureus*) تستخدم طريقة العد الاحتمالي (MPN) على بيئة (*M. Staphylococcus broth*) ستافيلوكوكس مانيتول بروت.

ملحوظة:

في حالة فحص عينة من الماء ١٠ سم^٣ فأكثر تحضر البيئة مضاعفة التركيز أي تضاعف الكميات الآتي ببيانها:

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 التأكدي:

١. تزرع الأطباق من العينات الإيجابية فى الاختبار الأول التى أعطت عكارة بواسطة إبرة 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 (Staphylococci).

الفصل الثامن

التحليل البكتريولوجى باستخدام طريقة الترشيح الغشائى

الفصل الثامن

التحليل البكتريولوجي باستخدام طريقة الترشيح الغشائي

أهداف التدريب (التعلم):

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

- يبين الاختلاف بين طريقة الترشيح الغشائي عن طريق الأنابيب المتعددة.
- يحدد العوامل التي تؤثر على حجم عينة الماء المعدة للترشيح.
- يذكر المواد والتجهيزات اللازمة لإجراء طريقة الترشيح الغشائي.
- يشرح الإجراءات الخاصة بتحضير كميات صغيرة من الأوساط لأنواع المرق.
- يشرح بالتفصيل خطوات وإجراءات تعيين إجمالي القولونيات.
- يذكر طريقة تعيين عدد القولونيات الغائطية.
- يحدد مصادر الخطأ في التحاليل البكتريولوجية.
- يذكر الاحتياطات الواجب مراعاتها عند جمع العينة.
- يحدد احتياطات وإجراءات مراقبة الجودة التي يجب اتخاذها في المعمل.

المبدأ الأساسي

بعكس طريقة الأنابيب المتعددة، تعطى طريقة الترشيح الغشائي (MF) عدداً مباشراً لإجمالي القولونيات وللقولونيات الغائطية الموجودة في عينة معينة 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 الذي يحتوي على الجراثيم في مستنبت تفريقي انتقائي في حاوية معقمة تحفظ في حاضنة درجة حرارتها مناسبة، تنمو مستعمرات مميزة من القولونيات والقولونيات الغائطية يمكن عدها مباشرة.

حجم عينة الماء
المعدة للترشيح

حيث أن مساحة الترشيح صغيرة نسبياً، فهي تعزز نمو عدد محدود من المستعمرات. والعدد الأمثل هو بين ٢٠ . ٨٠ مستعمرة، قد يصل الحد أقصى إلى ٢٠٠ مستعمرة. وفي حالة تخطى هذا الرقم، قد تنشأ مستعمرات غير نمطية أو مترابطة (Superimposed) صغيرة جداً، أو قد يحدث تثبيط (Inhibition) للنمو بسبب التكاثر الجرثومي المفرط. ويعتمد اختيار حجم العينة التي يراد ترشيحها على نوع الماء، ويوضح الجدول رقم (٨-١) الحجم المقترحة من العينة للمرشح الغشائي.

جدول رقم (٨-١)

الأحجام المقترحة من العينة للمرشح الغشائي للكوليفورم الكلي

مصدر المياه	الحجم × المرشح سم ^٣						
	١٠٠	٥٠	١٠	١	٠,١	٠,٠١	٠,٠٠١
مصدر شرب	×						
حمامات سباحة	×						
آبار، عيون	×	×	×				
بحيرات، وخزانات	×	×	×				
مآخذ مياه			×	×	×		
خليج للسباحة			×	×	×		
مياه أنهار				×	×	×	×
ماء صرف مكثور				×	×	×	
ماء صرف خام					×	×	×

وإذا لم يكن مصدر العينة 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 في القمع قبل الترشيح.

التجهيزات

بالإضافة إلى التجهيزات والأواني الزجاجية الأساسية المستخدمة في طريقة الأنابيب المتعددة (MT) التي سبق ذكرها في الفصل السابع، 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 إيرلنماير (ذات فتحة جانبية) سعة لتر واحد وأنبوبة مطاطية متصلة بها ذات جدار سميك لمنع انطواء الأنبوبة عند إحداث التفريغ.
٣. دعامة للمرشح مكونة من قاعدة أو دعامة مسامية (Porous) يوضع عليها المرشح ويمكن تثبيتها بقارورة إيرلنماير بواسطة سدادة مطاطية، بالإضافة إلى حاوية علوية يمكن تثبيتها بالدعامة المسامية. ويجب لف قطعتي دعامة المرشح بالورق كل على حدها وتعقيمهما في الحاضنة لمدة ١٥ دقيقة على الأقل في 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 هي المغلفة على انفراد والمعقمة سلفاً. ويمكن أيضاً استعمال مرشحات غشائية غير معقمة ولكن يجب لفها في رزم صغيرة وبأعداد ملائمة (حسب عدد العينات المراد فحصها)، و تعقيمها دفعة واحدة في الحاضنة وتجفيفها بالسحب السريع للبخر.

٦. رقائق ماصة مغذية (Nutrient pads) تتكون من أقراص من ورق الترشيح سمكها ١ ملليمتر، وقطرها مطابق لقطر المرشحات الغشائية.
٧. ملقط.
٨. عدسة مكبرة، قدرتها على التكبير ٤ أو ٥ أضعاف، لفحص وعد المستعمرات على المرشحات الغشائية.

المستتبات

(الأوساط) وماء

التخفيف

يمكن استخدام أوساط متعددة لفحص الجراثيم القولونية بطريقة الترشيح الغشائي. منها غراء لاکتوز تيرغيتول، ولاکتوز (TTC)، وغراء تيرغيتول، ومرق لاکتوز سلفات اللوريل، التي يمكن استخدامها في فحص الجراثيم القولونية في درجة حرارة ٣٥°م أو ٣٧°م، وفي فحص جراثيم القولونيات الغائطية في درجة ٤٤°م. ويجب استعمال أوساط من النوع (Endo-type) في عد القولونيات في درجة ٣٥°م أو ٣٧°م ومرق (MFC) في درجة ٤٤°م لعد القولونيات الغائطية، ومع أن كافة هذه الأوساط تعتمد على اختبار اللاکتوز لاكتشاف الجراثيم القولونية الظنية، يختلف التفاعل المميز باختلاف المستتبت. ويعتمد اللعان المعدني المميز للمستعمرات في الأوساط التي من النوع (Endo-type) على تكون الألدهيد.

وعلى الرغم من 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 رقائق ماصة مغذية (Nutrient)، أو كصفائح غراء جامدة ويمكن تجميد المرق بإضافة ١,٢-١,٥% من الغراء قبل الغلي. فعلى سبيل المثال، 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 مستتبت مجفف في ٥٠ مل من الماء المقطر وأضف ١ مل من الكحول الإيثيلي ٩٥%.

٢. عقم بالتسخين برفق إلى مجرد نقطة الغليان. ويمكن تخزين الوسط لمدة ٤ أيام في الثلاجة، ويكفى نحو ٥٠ مل من الوسط لإجراء ٢٥ اختباراً تقريباً.

ب. مرق MFC:

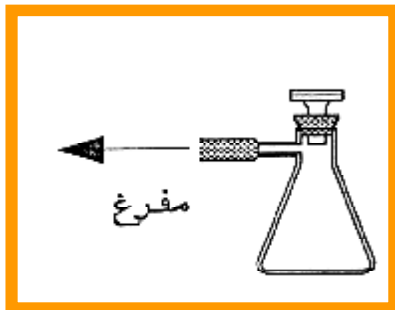
١. أذب ١,٩ جراماً من الوسط المجفف في ٥٠ مل من ماء مقطر يحتوي على ١,٠% من حمض الروزوليك في ٠,٢ مول/لتر من محلول هيدروكسيد الصوديوم.
٢. سخن الوسط إلى نقطة الغليان.
٣. أبعد عن الحرارة بسرعة وبرده إلى ما دون ٤٥°م.

هذا ويمكن تخزينه لمدة ٤ أيام في الثلاجة. ويتعين تحضير ماء التخفيف كما هو موضح في الفصل السابع.

الطريقة:

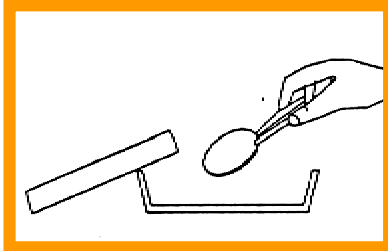
فيما يلي سرداً للطرق العامة، ولكن توجد هناك أنواع مختلفة من وحدات الترشيح والأجهزة الأخرى.

تعيين إجمالي القولونيات

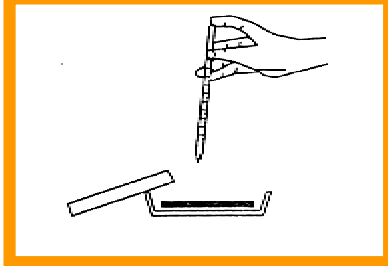


أ. أوصل قارورة إيرلنماير جانبية المقبض Side-arm إلى مصدر التفريغ وضع الدعامة المسامية Porous في مكانها. وفي حالة استخدام مضخة كهربائية، يستحسن وضع قارورة ثانية بين قارورة إيرلنماير ومصدر التفريغ، وتقوم القارورة الثانية مقام مصيدة للماء لتحمي المضخة الكهربائية.

ب. افتح طبق بترى وضع فيه رقيقة.



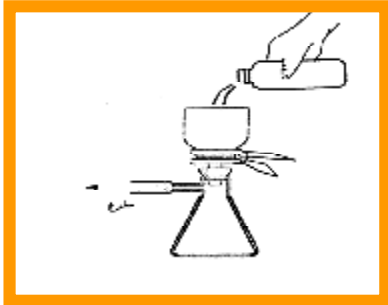
ج. أضف ٢ مل من وسط انتقائي مرقى بواسطة ماصة معقمة لإشباع الرفاعة



د. ركب وحدة الترشيح بوضع مرشح غشائي معقم فوق الداعمة المسامية مستخدماً ملقطاً معقماً بالنار.

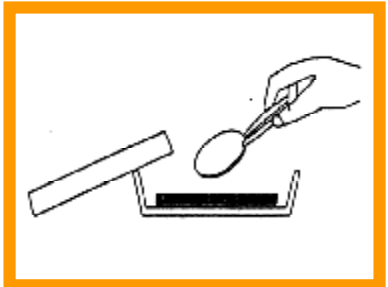


هـ. ضع الحاوية العلوية في مكانها وثبتها بواسطة المشابك الخاصة (يتوقف نوع المشبك المستخدم على نوع الأجهزة).



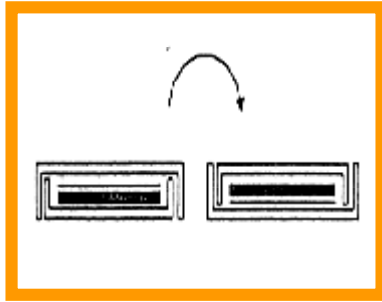
و. صب كمية العينة التي يتم اختيارها على أنها مثالية وفقاً لنوع الماء، في الحاوية العلوية. وإذا كان حجم عينة الاختبار أقل من ١٠ مل، يضاف ٢٠ مل على الأقل من ماء التخفيف المعقم إلى الحاوية العلوية قبل الترشيح. شغل مفرغة الهواء.

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.

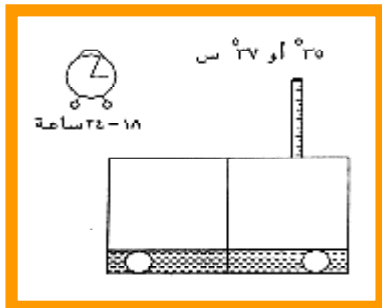


ح. فك وحدة الترشيح باستعمال الملقط، وضع المرشح الغشائي في طبق بترى على الرفاعة على أن يكون الجانب الشبكي إلى أعلى وتأكد من عدم احتجاز فقاعات هوائية بين الرفاعة والمرشح.

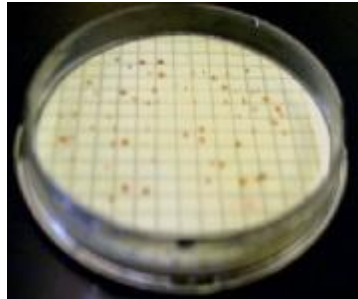
ط. اقلب طبق بترى تمهيداً لوضعه فى الحاضنة.



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 مبللة فى الحاضنة). وفى حالة استعمال أطباق بلاستيك ذات أغطية محكمة، لا توجد حاجة للترطيب.



يكون لون مستعمرات الجراثيم القولونية متوسط الحمرة أو داكن الحمرة، ولها لمعان سطحي ذهبي ضارب للخضرة أو معدني. وقد يغطي هذا اللمعان المستعمرة برمتها، أو يظهر فقط فى 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:

$$\text{إجمالي القولونيات فى كل ١٠٠ مل} = \frac{\text{عدد المستعمرات القولونية التى يتم عدها}}{\text{عدد الملليترات من العينة المرشحة}} \times ١٠٠$$

تعيين عدد القولونيات الطريقة المتبعة فى تعيين عدد القولونيات الغائطية مماثلة للطريقة المتبعة فى تعيين عدد إجمالي القولونيات. رشح العينة كما هو موضح، وضع المرشح الغشائي على الرفادة المشبعة، على سبيل المثال، بوسط (MFC).

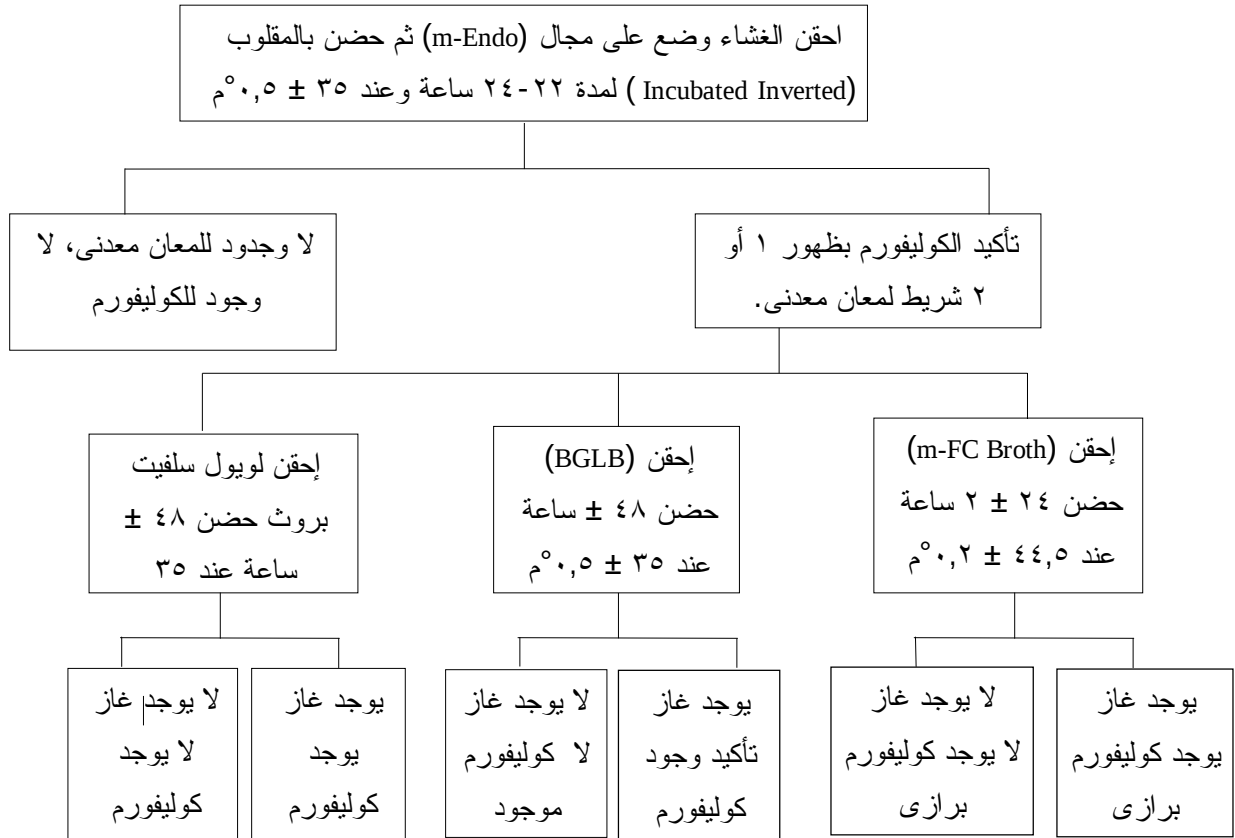
أ. ضع الأطباق في حاضنة في درجة حرارة $44 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ لمدة ٢٤ ساعة في درجة الرطوبة ١٠٠% وكبدل لذلك، يمكن وضع أطباق بترى محكمة الإغلاق في أكياس بلاستيك غير منفذة للماء تمهيداً لوضعها في الحاضنة.

ب. غطس الأكياس في حمام مائي يحتفظ به في درجة حرارة $44 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ لمدة ٢٤ ساعة ويجب أن تبقى الأكياس تحت سطح الماء طوال فترة الحضانة ويمكن إبقاؤها مغمورة في الماء بواسطة ثقل مناسب مثل رف معدني.

يكون لون مستعمرات جراثيم القولونيات الغائطية أزرق في 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:

$$\text{عدد القولونيات الغائطية في كل ١٠٠ مليلتر} = \frac{\text{عدد المستعمرات القولونية التي يتم عدها}}{\text{عدد المليلترات من العينة المرشحة}} \times 100$$

وبوضح الشكل رقم (٨-١) الخطوات التوضيحية للكوليفورم الكلي باستخدام المرشح الغشائي.



شكل رقم (٨ - ١)

الخطوات التوضيحية للكوليفورم الكلي باستخدام المرشح الغشائي

١. مصادر الخطأ في
٢. التحاليل البكتريولوجية
٣. أن يقوم بتجميع العينات عامل وليس فني.
٤. الحصول على عينات من أماكن غير مناسبة.
٥. عدم نقل العينات فوراً للمعمل.
٦. وضع عينات المياه بجوار عينات صرف.
٧. عدم استخدام ثلاجة لنقل العينات.
٨. استخدام مياه تخفيف أو بيئات وزجائيات غير معقمة.
٩. استخدام بيئات انتهت فترة صلاحيتها.
١٠. استخدام أجهزة غير معايرة.
١١. 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**

يجب أن يكون المعمل نظيفاً وذا درجة حرارة ورطوبة مسيطر عليها، حيث أن 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 ٥-٦ قدم من مسطح منضدة التحاليل تكون فراغاً احتياطياً لكل قائم بالتحليل، كما يلزم توفير ماء، غاز، مخارج كهربية، وأجهزة تفريغ.

١. تحضر عينات ضبط معقمة و تختبر كل عشر عينات فى المرشح العشائى وفى حالة ظهور تلوث على عينة الضبط، تعتبر كل البيانات لهذا اليوم غير مطابقة مما يتطلب إعادة أخذ العينات.

٢. تستخدم مياه مقطرة فى تحضير المحاليل والتخفيف ويلزم تحليل هذه المياه شهرياً بمراقبة درجة التوصيل الكهربى، الرقم الهيدروجينى، الكلور المتبقى، وفى حالة وجود أى نتائج تزيد عن القيم القياسية، يلزم البحث عن ماء آخر، كما يلزم مراجعة آثار المعادن مثل الرصاص، الكاديوم، الكروم، النحاس، النيكل، الزنك.

٣. يقوم المعمل بتحليل عينة غير معروفة لإثبات الكفاءة (Performance Sample) سنوياً.

٤. لمراقبة جودة مياه التخفيف/ الشطف (Free Dilution or Rinse)
(Water) يضاف ٢٠ سم^٣ من المياه إلى ٢٠ سم^٣ من مرق المغذيات (Nutrient Broth) ويوضع في حضانة عند درجة حرارة 35 ± 0.5 °م لمدة ٢٤ ساعة. في حالة وجود ترسيب أو عكارة، يكون ماء التخفيف/ الشطف ملوثاً ويجب عدم استخدامه.
٥. تراجع زجاجة عينة لكل كمية معقمة ٢٥ سم^٣ من مرق المغذيات بأن توضع في حضانة عند درجة حرارة 35 ± 0.5 °م لمدة ٢٤ ساعة وتراجع الزجاجة لملاحظة التعقيم أو النمو. في حالة الإيجابية يلزم إعادة غسل وتعقيم كل الزجاجات مرة ثانية.
٦. 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 التي تم فتحها في مجفف (Desiccators) لإطالة فترة التخزين إلى ١٢ شهر. وإلا يتم التخلص من هذه المواد بعد ستة أشهر.
٧. يلزم تسجيل كل بيانات ظروف العمل في ملف خاص يحوى اسم القائم بالتحضير، التاريخ، اسم ورقم العينة، الوزن، الحجم الذي تم تحضيره، وقت التعقيم والحرارة، الرقم الهيدروجيني، المراجعات الموجبة والسالبة.
٨. عند تسجيل بيانات ظروف العمل الإيجابية والسلبية للبكتريا لهذا المجال يتم تحليلها للنمو قبل الاستخدام.
٩. في حالة تواجد أكثر من كيميائي، يقوم كل منهم بعد القرص من ٣٠ - ٣٠٠ كوليفورم كلي على الأقل مرة في الشهر من المزارع اللاحقة. وعدد المستعمرات يجب أن يكون في حدود ١٠%.

١٠. يراجع تعقيم أغشية المرشح بالتشرب باستخدام ٥٠ سم^٣ من مرق المغذيات ويوضع فى حضانة عند درجة حرارة 35 ± 0.5 م° و يراقب النمو على المرق بعد ٢٤ ساعة، وفى حالة وجود نمو إيجابى لا تستخدم هذه المرشحات.

١١. عند استخدام (MPN)، تراجع ظروف التعقيم بأخذ أنبوبة من العينات المعدة وتوضع فى حضانة عند درجة حرارة 35 ± 0.5 م° لمدة ٢٤ - ٤٨ ساعة. وفى حالة وجود عتامة أو غازات، لا تستخدم الكمية كلها (Batch) ويتم التخلص منها.

١٢. تسجل بيانات التعقيم (Autoclave Sheet) لبيان التاريخ، ووقت الدخول ووقت الخروج و درجة الحرارة ومحتويات جهاز التعقيم (Autoclave).

١٣. يلزم مراجعة درجة الحرارة لجهاز التعقيم، ودائرة التوقيت وتسجيلها كل ٤ شهور.

١٤. يلزم تسجيل درجة حرارة الثلاجة أو حمام الماء والحضانات يومياً للتأكد من أنها فى حدود مجال درجة الحرارة المطلوبة.

١٥. يلزم تسجيل رقم عينة الغشاء وتاريخ الاستلام.

١٦. يلزم استخدام لاصقات لا تتأثر بالحرارة أو المياه.

١٧. يلزم وضع ملصقات (Labeled) على كل عبوات الكيماويات والمحاليل تبين نوع وتركيز المحتويات وطريقة الحفظ و تاريخ التحضير وانتهاء الصلاحية، ومن قام بالتحضير.

الفصل التاسع

التحليل البيولوجية (الميكروسكوبية) لمياه الشرب

الفصل التاسع

التحاليل البيولوجية (الميكروسكوبية)

لمياه الشرب

أهداف التدريب (التعلم):

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

- يذكر الغرض من إجراء التحاليل البيولوجية.
- يشرح أهم المشاكل التى تنتج عن وجود الطحالب فى مصادر المياه.
- يحدد شروط الرقابة 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.

الهائمات النباتية**(الطحالب)****Phytoplankton****(Algae)**

تتنتمي الطحالب إلى المملكة النباتية حيث تحتوى على كلوروفيل "أ" الذى يقوم بعملية التمثيل الضوئى وبالتالي تستطيع تكوين وحدتها الغذائية.

تعيش الطحالب على سطح الماء وفى أعماقه، حيث توجد فى كل مصادر المياه التى تتعرض لأشعة الشمس. حيث كلما قلت نفاذية الضوء فى عمود الماء كلما قلت أعداد وتغيرت الأجناس (السلالات) الموجودة فى هذا العمق. كذلك توجد كميات قليلة من الطحالب فى التربة وعلى الأسطح المعرضة للهواء.

تنتشر الكائنات المجهرية الطافية فى الماء فرادى أو فى مستعمرات ويطلق عليها مجتمعة بلانكتون (Plankton) وتشكل الطحالب المجهرية الطافية نسبة كبيرة من النباتات المجهرية الطافية (Phytoplankton) وهى تختلف عن الحيوانات المجهرية الطافية (Zooplankton).

للفصائل المختلفة للطحالب درجات حرارة صغرى ومثلّى وعظمى تنمو فيها، كذلك يؤثر الرقم الهيدروجينى للمياه تأثيراً كبيراً على تنوع أعداد وأجناس الطحالب.

تتفاوت أجناس الطحالب فى حجمها وشكلها تفاوتاً كبيراً ما بين أجناس دقيقة الحجم لا ترى بالعين المجردة وأجناس أخرى يصل أمتداد خلاياها إلى عدة أمتار.

نظراً لأهمية وجود الصبغات فى خلايا الطحالب وخاصة الكلوروفيل بأنواعه (Chlorophyll a. b. &c)، يتم تقسيم الطحالب إلى مجاميع اعتماداً على نوع الصبغات أو الصبغات المساعدة (Pigments and Pigment accessories) المميزة لكل مجموعة. هذا بالإضافة إلى التقسيم المبدئى من حيث احتواء خلاياها على نواة حقيقية وبذلك تسمى (Eukaryotic cells) أو عدم احتوائها على نواة حقيقية حيث تنتشر المادة الوراثية لها فى سيتوبلازم الخلية وتسمى

هذه المجموعة (Prokaryotic cells) (والتي تضم أجناس مجموعة الطحالب الخضراء المزرققة فقط).

وتمثل الطحالب الحلقة الأولى فى السلسلة الغذائية المائية حيث تتغذى جميع الكائنات المائية بداية من الهائمات الحيوانية (Zooplankton) وحتى الأسماك بجميع أحجامها على الطحالب. كما أن الطحالب لها القدرة على التعايش فى بيئات مختلفة وتحت ظروف بيئية مختلفة ولكنها تسود فى البيئة المائية سواء البحرية أو المياه العذبة.

لقد زادت فى الآونة الأخيرة أهمية دراسة الطحالب وخاصة تلك التى تنتج المواد السامة والتى تؤدى إلى موت أعداد من الحيوانات. كما أن هناك دراسات تؤكد أن بعض أنواع الطحالب تؤدى إلى تسمم الإنسان وتسبب اضطرابات معدية - معوية لبعض الناس الذين يستعملون المياه الخام من الأنهار وغيرها من المصادر بشكل مباشر، وهذه المشاكل التى تسببها الطحالب أ استدعت العاملين فى معالجة المياه إلى دراسة هذه الكائنات بصورة كثيفة لمعرفة البيئات التى تعيش فيها ودورات حياتها وطرق نموها وتغذيتها. كما تؤثر الطحالب بشكل مباشر على كفاءة خطوات المعالجة داخل محطات مياه الشرب.

تؤثر طبيعة النهر على الطحالب التى تعيش فيه بعدة طرق تختلف عن تأثير البحيرات عليها حيث يؤدى جريان الماء فى النهر إلى إعادة تجهيز المناطق التى يمر بها بجميع العناصر الضرورية. والاضطرابات التى تحدث فى النهر تمنع تكوين ترسبات ذات طبقات متعددة مثل تلك التى نجدها فى البحيرات وهذه تعتبر من أهم الاختلافات بين النهر والبحيرة وتنطبق هذه الحالة على الأنهار العميقة.

تحتوى الأنهار على عناصر مغذية طبيعية وعلى نسبة ضئيلة من ثانى أكسيد الكربون وهو من العوامل المؤثرة فى نمو الطحالب.

من العوامل المهمة التي تؤثر على الطحالب التي تعيش في مياه الأنهار، سرعة التيار، طبيعة ترسيبات قاع النهر، والتغيرات الموقعية البسيطة كالإختلاف في سرعة التيار بين ضفاف ووسط النهر وتعتبر الأكثر أهمية في التأثير على معظم الأحياء المائية.

تتأثر الطحالب بالتلوث بعدة طرق حيث يؤدي التلوث إلى عرقلة نموها كنتيجة لحرمانها من ضوء الشمس، أو قد تكون المواد الملوثة سامة أو قد تؤدي الملوثات إلى تغيير العوامل أو الظروف الفيزيائية والكيميائية بشكل كاف لتعيق النمو والتكاثر. وقد تحفز المواد الملوثة طحالب معينة على النمو فيزداد نموها وتتضاعف، وربما أيضاً تتغير أنواع خاصة أو مجموعات من الكائنات السائدة فتؤدي إلى زيادة أو نقصان المجاميع الكلية للطحالب. وعلى ذلك يعتبر تغير مجاميع الطحالب تحت ظروف مختلفة من التلوث واحداً من أهم الدلائل التي يمكن استخدامها لتحديد درجة التلوث ونوع الملوثات ولقياس درجة تخلص النهر من هذه الملوثات.

تقسيم وتعريف الطحالب (Algal Taxonomy and Algal Identification)

وتضم مجموعة واحدة هي مجموعة الطحالب الخضراء المزرققة (Blue-green Algae - Cyanobacteria - Cyanophyta) ويرجع تسميتها بهذا الاسم نتيجة وجود صبغات ثانوية تسمى (Phycocyanin) وهي التي تعطيها اللون الأخضر المزرق المميز لهذه المجموعة. وتندرج تحت هذه المجموعة العديد من الأجناس والتي تختلف في الشكل الخارجي وفي بعض الصفات الفسيولوجية فيما بينها تفاوتاً كبيراً. مثال ذلك تضم هذه المجموعة مجموعة من الأجناس تتميز بقدرتها على تثبيت النيتروجين الجوى وذلك عن طريق خلية بين خلاياها (ولكنها تختلف في شكلها عن بقية الخلايا الأخرى) تسمى (Heterocystis cell).

أولاً: طحالب كاذبة
النواة
(Prokaryotic
Algae)

ثانياً: طحالب حقيقية
النواة (Eukaryotic Algae)
تتدرج تحت هذه المجموعة بقية مجاميع الطحالب الأخرى والتي يتم تقسيمها تبعاً لنوع الصبغات الموجودة بها مثل:

- أ. مجموعة الطحالب الخضراء (Green Algae Chlorophyta).
- ب. مجموعة الطحالب البنية (Diatoms Bacillariophyta).
- ج. مجموعة الطحالب البنية ثنائية الأهداب.
(Din flagellates Pyrrophyta)
- د. مجموعة الطحالب البنية المذهبة (Golden-brown Algae Chrysophyta).
- هـ. مجموعة الطحالب الخضراء وحيدة الأهداب.
(Cryptomonads Cryptophyta).
- و. مجموعة الطحالب الخضراء السوطية (Euglenoids Euglenophyta).
- ز. مجموعة الطحالب الحمراء (Red Algae Rhodophyta).

العوامل المؤثرة على نمو الطحالب (Factors Affecting Algal Growth)

أولاً: الضوء
(Light)
يعتبر الضوء من العوامل الهامة المؤثرة على نمو الطحالب فى مياه الأنهار والبحيرات ولكن الضوء فى الأنهار قد يقل غالباً بسبب العكارة التى تصاحب مياه الأنهار والتى تؤدى إلى حجب ضوء الشمس عدا طبقة رقيقة سطحية من الماء.

ثانياً: العناصر المغذية
الكبرى الغير عضوية
(Macronutrient)
مثل:
أ. الفوسفات
ب. النترات

تعتبر العناصر المغذية الكبرى من العوامل الرئيسية التى تحدد أعداد وأنواع الطحالب خصوصاً النترات والفوسفات ويضاف إلى ذلك عنصر السيليكا بالنسبة للدياتومات.

ثالثاً: درجة الحرارة

للفصائل المختلفة للطحالب درجات حرارة صغرى ومثلى وعظمى تنمو فيها، فمثلاً درجات الحرارة المثلى لنمو الدياتومات (Diatoms) تتراوح ما بين ١٨ - ٣٠ م° أما الطحالب الخضراء فتتنمو عند درجات حرارة تتراوح ما بين ٣٠ - ٣٥ م° والطحالب المزرقّة فتتنمو عند درجات حرارة تتراوح ما بين ٣٥ - ٤٠ م°.

رابعاً: العناصر**المغذية الصغرى (Micronutrient)**

تنمو معظم الطحالب بشكل أفضل عندما يكون تركيز عنصر الحديد فى الماء يتراوح ما بين ٠,٢ إلى ٢ ملجم/لتر بينما لوحظت سمية الحديد عندما يزيد تركيزه عن ٥ ملجم/لتر.

خامساً: العوامل**البيولوجية****(Biological Factors)**

مثل:

أ. التنافس بين الكائنات المائية على العناصر الغذائية.

ب. معدل تغذية الكائنات الأخرى على الطحالب.

الطحالب كدلائل**لنوعية المياه****Algae as Indicator for Water Quality**

تؤثر التغيرات فى أعداد وأنواع الكائنات النباتية والحيوانية على نوعية وجودة مياه المسطح المائى الذى تعيش فيه، وهذا التأثير يمكن أن يستغل لتكوين دلائل بيولوجية لنوعية المياه، ومن تلك التغيرات، التغير فى تركيز الأكسجين الذائب أو التغير فى تركيز العناصر المغذية أو أن تؤدي إلى تواجد بعض الأجناس وإختفاء بعض الأجناس الأخرى.

لدراسة وملاحظة أى نوع من أنواع المياه يستعمل الأخصائيون البيولوجيون أنواعاً محددة من القياسات مثل دلائل أو تعريفات بيولوجية للحصول على معلومات حول ظروف المياه، وفى الماضى اعتبرت الدلائل (أو المؤشرات) الكيميائية والفيزيائية والبكتريولوجية أسهل من حيث التقييم والاستعمال من الدلائل البيولوجية.

وتستعمل القياسات الكيميائية والفيزيائية فقط لقياس التغير فى نوعية المياه، بينما تتعامل الاختبارات البيولوجية بشكل رئيسى مع تأثيرات التغير. وعلى ذلك فقد تم تطوير طرق بسيطة وسريعة ومقبولة لتقييم درجة نقاوة أو تلوث المياه، بحيث يمكن اعتبار بعضاً منها طرقاً قياسية وتستخدم عبر مجال واسع.

ومما سبق فقد تم وضع نوعين من الاختبارات البيولوجية وهما:

أولاً: الطرق المباشرة

وفيهما يتم تعريف جميع الكائنات الموجودة فى العينات وكذلك تكرارها النسبى، وتكون هذه الاختبارات بيئية وتستطيع التعامل مع جميع الأحياء الموجودة أو المحددة بمجموعات قليلة أو مجموعة واحدة أو نوع واحد أو أنواع قليلة من الكائنات.

ثانياً: الطرق الغير مباشرة

وتسمى أيضاً بالطرق الفسيولوجية وتستخدم لحساب النشاط الحيوى للكائنات الحية حيث تعتبر بعض التفاعلات المختارة كدليل أو مؤشر لنوعية المياه.

تستعمل مجموعات معينة من الطحالب للدلالة على نوعية المياه فمثلاً يتواجد العديد من أنواع الديزميدات بشكل متكرر فى المياه النظيفة وأعداد قليلة منها تعيش فى المياه الغنية بالعناصر المغذية، بينما تنشأ الطحالب الخضراء المزرققة فى المياه الفقيرة بالمواد المغذية، أو بقية الطحالب الأخرى فتكون مقاومة للتلوث العضوى العالى.

من خلال أعداد وأنواع الدياتومات يمكن تقييم نوعية المياه وملوثاتها حيث أن وجود سلالات من الجومفونيما (Gomphonema) تدل على وجود الملوثات الصناعية وملوثات الصرف الصحى، كما أن وجود طحلب نفيكيولا أكومودا (Navicula accomoda) دليلاً أو مؤشراً على التلوث بمياه الصرف الصحى.

تم اختيار خمسة أجناس من الطحالب كمؤشر لكمية التلوث في مياه الأنهار وهي طحلب ستيجوكلونيوم تينو (*Stigeoclonium tenue*) حيث يكون موجوداً على حافة نهاية النهر في الجزء الملوّث منه، بينما يظهر كل من طحلب نيتشيا باليا (*Nitzschia palea*) وجومفونيما بارفولوم (*Gomphonema purvulum*) سائداً في منطقة التلوث المعتدل، أما طحلب كوككونيس شاميسيفون (*Cocconeis chamaesiphon*) فيكون دائماً موجوداً في الأنهار غير الملوثة أو في المناطق التي أستخدمت نظافتها، كما يعتقد أن أنواعاً محددة من الطحالب تدل على تلوث مياه مصبات الأنهار، فعندما يكون التلوث عالياً فإنه يرتبط بوجود طحلب بيريدنيوم تريكوتم (*Peridinium triquetum*) في هذه المياه الملوثة.

الطحالب كدليل

لمصدر الماء

يمكن التعرف على مصدر الماء المحتمل من عينة مياه سطحية، من خلال تحديد أعداد وأنواع الطحالب والكائنات المرتبطة به الموجودة في هذه العينة، ويكون هذا ممكناً وذلك لأن أعداد وأنواع الكائنات المجهرية التي تتشأ تكون مرتبطة بنوعية مصادر المياه التي تعيش فيها. مثال ذلك تكون الطحالب الخضراء هي السائدة في البحيرات المفتوحة ذات المياه العذبة بينما تتواجد الطحالب الخضراء المزرققة في البحيرات المغلقة.

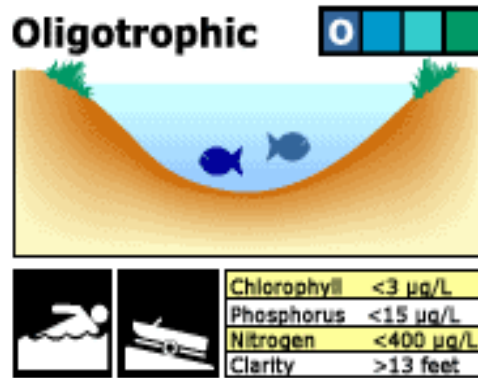
الأضرار الناتجة

عن الطحالب

Problems Created by Algae

تؤدي الزيادة المفرطة في معدل نمو الطحالب إلى حدوث تغيرات في الصفات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية في المسطحات المائية. حيث تؤدي هذه الزيادة إلى حدوث ظاهرة الـ (*Eutrophication*) والتي تتميز بوجود تركيزات عالية من عنصرى الفوسفات والنترات والتي تؤدي بدورها إلى حدوث زيادة كبيرة في معدل نمو بعض أجناس الطحالب وسيادتها على بعض الأجناس الأخرى وعادة ما تسود الأجناس الغير مرغوب في تواجدها في المسطحات المائية لما لها من تأثير ضار على بقية الكائنات التي تتعايش معها وعلى نوعية المياه. ويتم تقسيم نوعية مياه المسطح المائي تبعاً لوفرة العناصر الغذائية وتبعاً لمعدل نمو الطحالب كما يلي:

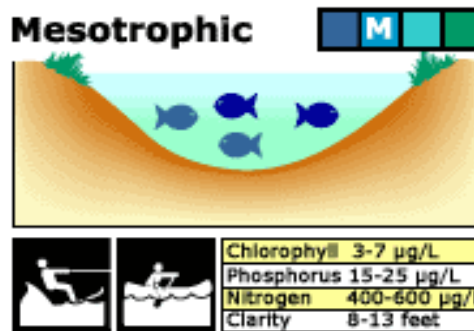
أولاً: شحيحة التغذية (Oligotrophic) وهى المياه التى تتميز بأن تركيز المغذيات الكبرى تكون شحيحة بحيث لا تؤدي إلى زيادة فى أعداد وأنواع الطحالب. وتتميز هذه المنطقة بأن الماء فيها نقى وشفاف وقاع النهر نسبياً خالى من الترسبات، أما المواد الغير عضوية مثل الكالسيوم والماغنسيوم والحديد والكبريت والكربونات نصف المذابة فتوجد بكميات قليلة، ويوضح الشكل رقم (٩ - ١) مثلاً لمسطح مائى شحيح التغذية.



شكل رقم (٩ - ١)

مثال لمسطح مائى شحيح التغذية

ثانياً: متوسطة التغذية (Mesotrophic) وهى المياه التى تحتوى على تركيزات متوسطة من المغذيات الكبرى والتى تسمح بزيادة معدل نمو الطحالب بصورة طفيفة، ويوضح الشكل رقم (٩ - ٢) مثلاً لمسطح مائى متوسط التغذية.

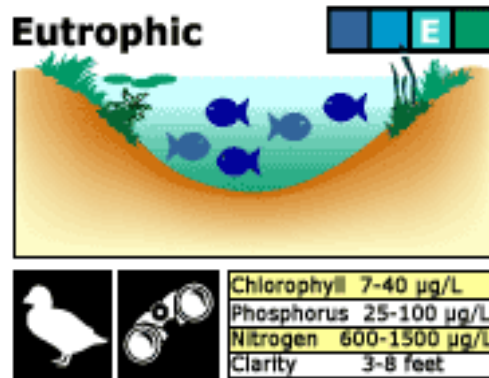


شكل رقم (٩ - ٢)

مثال لمسطح مائى متوسط التغذية

ثالثاً: عالية التغذية (Euotrophic)

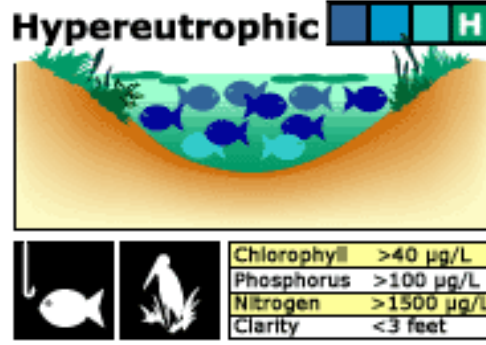
وهى المياه التى تتميز بارتفاع تركيز العناصر المغذية الكبرى مما يؤدى إلى زيادة معدل نمو الطحالب بصورة كبيرة والتى تؤدى بدورها إلى حدوث ظاهرة الـ (Euotrophication) والتى عادة ما يصاحبها حدوث ظاهرة وجود نموات طحلبية كثيفة (Algal Bloom) والتى تتميز بسيادة (Dominancy) بعض الأنواع الضارة من الطحالب وخاصة تلك التى تفرز السموم الطحلبية (Phycotoxins) أو التى تفرز بعض المواد الكيميائية التى تحدث تغير فى طعم ورائحة المياه مثل مركبات (Geosmin & 2-methylisoborneol) حيث تعتبر بعض أجناس من الدياتومات وبعض أجناس من الطحالب الخضراء المزرقية وبعض أجناس من الطحالب السوطية من أهم الأنواع المفترزة للمواد التى تؤدى إلى التغير فى طعم ورائحة المياه وجعلها غير مستساغة وغير صالحة للاستخدام الأدمى، ويوضح الشكل رقم (٩-٣) مثلاً لمسطح مائى عالى التغذية.



شكل رقم (٩-٣)

مثال لمسطح مائى عالى التغذية

رابعاً: وفيرة التغذية
(Hypereutrophic) وهى المياه التى تتميز بوفرة شديدة فى العناصر المغذية الكبرى والتى تؤدى بدورها إلى حدوث النمو المفاجئ والزيادة الكبيرة فى أعداد وأنواع الطحالب، ويوضح الشكل رقم (٩-٤) مثلاً لمسطح مائى وفير التغذية.



شكل رقم (٩ - ٤)

مثال لمسطح مائى وفير التغذية

ومن المشاكل الأخرى التى تحدثها الطحالب داخل محطات مياه الشرب أو فى شبكات التوزيع، ما يلى:

١. الانسداد المبكر للمرشحات الرملية

Filter and Screen Clogging Problem

معظم الكائنات المجهرية الموجودة فى الماء، التى يتم ترشيحها من خلال المرشحات الرملية حيث تمسك فى قمة السنتيمتر الأول من طبقة الرمل، خصوصاً حينما تكون الكائنات سائدة فى الماء والقليل منها سوف ينفذ إلى أرضية المرشح، بينما الكائنات الأخرى تتحطم بسرعة عند ملامستها للرمل، وكلما طالت مدة عمل المرشح فإن نسبة مئوية أكبر من الكائنات سوف تنفذ من قمة السنتيمتر الأول لطبقة رمل الترشيح. كما لوحظ أن وجود بعض أجناس من الطحالب وخاصة مجموعة الدياتومات تؤدي إلى الانسداد المبكر للمرشحات الرملية حيث يعمل جدار السليكا المكون لخلاياها كطبقة سميكة عازلة على سطح المرشح.

وتعتمد سهولة نفاذ الطحالب، على عدة عوامل منها سرعة التيار وحجم الرمل والحصى المستخدم ونوعية الطحالب الموجودة فى المياه الداخلة إلى خطوات المعالجة، كما تنفذ الطحالب الصغيرة جداً والسوطيات بسهولة أكبر من الأنواع الأخرى، ولذلك فإن الغسيل المتكرر وحتى عندما يكون المرشح

غير مغلق يؤدي إلى إزالة الطحالب وتقليل أعدادها التي توجد فى المياه الخارجة من المرشح الرملى.

٢. تكون طبقة هلامية Slime Layer

تتميز بعض أجناس الطحالب بوجود جدار جيلاتينى (Mucilaginous Sheath) ووجود مثل هذه الأجناس فى خزانات أو شبكات التوزيع يؤدي إلى تكون طبقة هلامية على جدار الخزانات مما يساعد على حدوث هذه الظاهرة والتي تؤدي بدورها إلى حدوث الروائح العطنة للمياه. ومن الطحالب التي تنتج المادة اللزجة، الطحالب الخضراء المزرقة كذلك تنتج العديد من السدياتومات والطحالب الخضراء والحمراء وبعض السوطيات مثل هذه المادة اللزجة.

٣. التآكل Corrosion

يشكل تآكل الخرسانة (الكونكريت) والمعادن فى الأنابيب والسخانات مشكلة دائمة، حيث تساهم الطحالب فى بعض الأحيان فى عملية التآكل بشكل مباشر فى مناطق موضعية محددة، حينما تكون فى حالة نمو أو خلال التغيرات الفيزيائية والكيميائية التي تحدث فى المياه التي تحتوى على الطحالب.

حيث يؤدي نمو الطحالب الخضراء والخضراء المزرقة على سطح الخرسانة المغطاة بالماء إلى تآكلها بحيث تصبح الخرسانة محفورة وهشة. فقد لوحظ نمو طحلب أوسيلاتوريا (Oscillatoria) بكثافة فى مياه الأحواض الفولاذية وهو يسبب حفراً خطيرة فى معدن هذه الأحواض وتؤثر الطحالب بشكل غير مباشر على سرعة التآكل وبعده طرق منها:

- أ. زيادة ترسبات المواد العضوية فى الأنابيب.
- ب. زيادة الأكسجين المذاب فى الماء خلال عملية التمثيل الضوئي لها.
- ج. تغيير الرقم الهيدروجيني للمادة الموجودة فى الأحواض أو الأنابيب.
- د. تغيير الطحالب أيضاً كمية ثاني أكسيد الكربون وكمية كربونات الكالسيوم فى الماء.

يمكن لهذه التغيرات مجتمعة أو بالتناوب أن تكون لها علاقة مباشرة بالتآكل أو الصدأ وقد تكون ذات أهمية خاصة على السطوح الخارجية لأنابيب المياه المدفونة.

المشاكل التى تسببها الطحالب فى المياه المعالجة
Problems Created by Algae in Treated Water

معظم الطحالب لا تستطيع النمو والتضاعف بدون وجود الضوء، لذلك فإن الطحالب الوحيدة التى نجدها فى مواسير شبكات التوزيع هى:

أ. الطحالب التى لم تتم إزالتها فى عملية التصفية.

ب. عدد قليل من الطحالب التى لها قابلية غير اعتيادية على النمو فى الظلام.

ج. الطحالب التى نشأت فى الخزانات المكشوفة التى تحتوى على مياه بعد المعالجة.

وتشمل الطحالب القادرة على النمو فى الظلام أنواعاً عديدة ومنها (Scenedesmus. Euglena. Microcystis and Coelastrum).

على الرغم من أن المياه المنتجة من محطات التنقية فى معظم شبكات التوزيع يوجد بها بقايا من الكلور الحر فإن بعض الطحالب التى تتحمل أو تقاوم الكلور من المحتمل أن تبقى فى مواسير شبكة التوزيع، وقد يكون لهذه الطحالب قابلية للعيش فى مختلف الظروف، أو أنها تكون محمية من التأثير القاتل للكلور لكونها راقدة فى الأغشية الهلامية المحيطة بخلاياها. ومن الطحالب التى تقاوم تأثير الكلور والموجودة فى شبكات التوزيع مثل (Ulothrix. Gomphospherium. Coelastrum and Cosmarium) كما أن الطحالب التى تبقى فى شبكات توزيع المياه قادرة على زيادة حجم المواد العضوية فى الماء، وكمية المادة العضوية هذه كافية لاستنفاد الكلور المتبقى فى الماء، إضافة إلى أن وجود المادة العضوية فى المياه المنقاة ربما يغذى البكتريا والديدان الخيطية وعدداً آخر من الأحياء غير المرغوب فيها.

دور الطحالب فى**مشكلات تنقية المياه**

يمكن أن تعرقل الطحالب المعالجة الكيميائية للماء بسبب:

- أ. التغيرات التى تسببها الطحالب فى الرقم الهيدروجينى والقلوية والعسر الكلى وكمية الأكسجين المطلوب فى المياه الخام.
- ب. أو نتيجة لزيادة كميات المواد العضوية التى تضيفها الطحالب إلى المياه.

قد يكون من الضروري تغيير جرعات الكلور المضافة للتصفية بنسب مباشرة تتناسب وكميات الطحالب الموجودة فى الماء بغرض الحصول على كمية ثابتة من بقايا الكلور فى الماء. كما أن استعمال مرسب مساعد بالإضافة إلى المرسب الأساسى ربما يكون ضرورياً فى معالجة المياه الخام التى تحتوى على كائنات مجهرية طافية قليلة.

رصد التغير فى أعداد**وأنواع الطحالب****Monitoring of
Phytoplankton
Species
Successions**

من أهم الأهداف التى تتحقق نتيجة المتابعة المستمرة للمسطحات المائية وخاصة تلك التى تستخدم كمصدر لمياه الشرب والاستخدامات الآدمية الأخرى، ما يلى:

أ. رصد التغير فى أعداد وأنواع الطحالب حيث يعتبر هذا التغير أحد المؤشرات المبكرة لطبيعة المشاكل التى يمكن أن يتعرض لها هذا المسطح.

ب. رصد العوامل (الطبيعية والكيميائية) التى تؤثر فى معدل نمو الطحالب مما يتيح إيجاد علاقة بين الوضع الحالى للمسطح المائى والوضع المستقبلى الذى يمكن أن يتعرض له هذا المسطح المائى.

ج. يعتبر الرصد المستمر لنوعية المياه مؤشراً مبكراً للتنبؤ بحدوث التراكومات الطحلبية (Bloom Formation).

د. يعتبر رصد التغير فى تركيزات كل من الفوسفات والنترات من أهم المؤشرات التى تؤدى إلى التحذير المبكر من ظاهرة ارتفاع معدل المغذيات وحدوث ظاهرة الـ (Eutrophication) فى الأنهار.

العوامل المؤثرة في

تكوين التجمعات

الطحلبية

Factors Affecting Algal Bloom

- أ. ارتفاع درجات الحرارة.
- ب. زيادة تركيزات العناصر المغذية (خاصة الفوسفات والنترات).
- ج. انخفاض معدل ثاني أكسيد الكربون الذائب وانخفاض شفافية المياه (Transparency).
- د. عدم وجود العناصر المغذية الصغرى.
- هـ. زيادة معدل تغذية بعض الكائنات المائية على الطحالب مما يؤدي إلى اختفاء بعض أجناس وسيادة بعض أجناس طحلبية أخرى.
- و. انخفاض سرعة جريان المياه والطبيعة الطبوغرافية و الجيولوجيه للمسطح المائي.

١. خطة مواجهة المخاطر مستوى الخطر الأول Alert Level 1

Developing Contingency Plans

- وفيها يحدث ما يلي:
- أ. يتراوح العد الطحلبى لخلايا الطحالب الخضراء المزرقمة ما بين ٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ خلية/ مللى.
- ب. ظهور رائحة كريهة للمياه فى المسطح المائى وذلك أثناء الرصد الدورى لمياه (تجميع عينة كل شهر على الأقل) المسطح المائى.

٢. مستوى الخطر الثانى Alert Level 2

- أ. يتراوح العد الطحلبى لخلايا الطحالب الخضراء المزرقمة ما بين ٢٠٠٠ إلى ١٥٠٠٠ خلية/ مللى.
- ب. وجود أى من الأجناس الطحلبية والتي تنتمى لمجموعة الطحالب الخضراء المزرقمة والتي تم تحديد والتعرف على قدرتها على إفراز السموم الطحلبية مثل (Microcystis aeruginosa. Anabaena circinalis. Nodularia spumigena. Cylindrospermopsis raciborskii)
- ج. استمرار وزيادة الرائحة الكريهة فى المسطح المائى.
- د. بداية ظهور بعض التجمعات الطحلبية فى صورة خطوط طولية على سطح المسطح المائى.

٣. مستوى الخطر الثالث Alert Level 3

- أ. وجود أعداد هائلة من خلايا الطحالب الخضراء المزرققة لا يمكن عدها وذلك عند تجميع ثلاث عينات متتالية.
- ب. إجراء اختبار السمية على فئران التجارب المعملية (أو أى من الكائنات الأخرى) وظهور مؤشرات السمية على الفئران.
- ج. زيادة كثافة واستمرار ظهور التجمعات الطحلبية.

سمية الطحالب
Algal Toxins.
Phycotoxins

تعزى بعض أمراض الإنسان والحيوان إلى كل من طحالب المياه العذبة والمالحة، فمثلاً ينتج الطحلب السوطى (Gonyaulax) مواد سامة تعادل فى سميتها عشر أضعاف سموم أخرى. هذا ويساهم العديد من الطحالب البحرية الأخرى فى تسمم الأسماك، وعند فحص الغالبية العظمى من الأسماك المتسممة، وجد الطحلب الأخضر المزرقق لينيبيا (Lyngbya) فى الجهاز الهضمى لهذه الأسماك. كما أن ملامسة بعض الطحالب الخضراء تسبب أمراضاً جلدية وأعراض حساسية، ومن الطحالب المسجلة التى تسبب أنواعاً من الإصابة الجلدية طحلب (Anabaena) بينما طحالب (lyngbya contora) و (Microcystis) تسبب الحساسية للإنسان ويسبب الطحلب الأخضر (Chlorella) إلى جانب الفطريات خدوش أو جروحاً فى الأغشية المخاطية للإنسان ولكن أهميتها لم يتم تحديدها .

يعتقد أن الانتشار الواسع وغير المتوقع للآلام المعدية، التى تشمل ألوف الناس، له علاقة بمصادر المياه المستعملة، وقد تم تسجيل هذه الظاهرة فى المناطق التى يوجد فيها نمو كثيف وواسع للطحالب، ومع ذلك، فإن العلاقة المباشرة بين النمو الكثيف للطحالب والاضطرابات المعوية للإنسان لم يتم تأكيدها.

وهناك رأى يقول بأن احتمال تحطم كميات كبيرة من الطحالب الخضراء المزرققة على مرشحات الحصى فى منشآت تصفية الماء ومرور المنتجات

السامة الى شبكات التوزيع الرئيسية ربما هو السبب فى الاضطرابات المعوية/ المعوية.

تم تسجيل حالات تسمم حادة وغالبا مميتة للمواشى والدجاج بعد أن تشرب من برك تحتوى على كمية كبيرة من الطحالب. ومن ضمن الحيوانات المتأثرة الأغنام والأبقار والكلاب والأرانب والدجاج، وفى كل الحالات كانت الطحالب الخضراء المزرققة أكثر مساهمة فى تسمم الحيوانات المذكورة وخاصة الطحلب (Microcystis) ويعتبر الطحلب (Nodularia spumigena) من الطحالب السامة المعروفة.

لوحظ نمو غزير للطحالب فى المناطق التى سجلت فيها حالات تسمم الحيوانات فى عدد كبير من الدول ومنها كلورادو واشنطن فى أمريكا ونيوزيلاندا وأفريقيا الجنوبية والمغرب.

تحدث حالات التسمم المسجلة عادة، خلال شهور الصيف فقط. حينما تنمو الطحالب فى هذه الفترة بكثافة. والأعراض المسجلة والمرتبطة بحالات التسمم التى تسببها الطحالب الخضراء المزرققة هى عموما إنهاك وتشنجات متبوعة بالوفاة. وهناك أدلة تفيد بأن الطحالب الخضراء المزرققة السامة يمكن أن تؤثر على الإنسان كما هو الحال فى الحيوان حيث تسبب له صداعا حادا وحصى عالية وغثيانا مع تقىء واضطرابات معوية معدية وآلاما فى العضلات والمفاصل وإنهاكا شديدا.

ظهر أن التسمم مرتبط بعدد من العوامل منها التركيز العالى لخلايا الطحالب المتواجدة فى المياه ودرجة حرارة الماء (حوالى ١٦م°) والرقم الهيدروجينى العالى وطول مدة تعرض المياه لأشعة الشمس. ومن ناحية أخرى، فإن سقوط كميات ضوء اعتيادية على طبقة سميكة جدا من الطحالب يمكن أن تسبب موت الأسماك حيث أن هذه الطبقة السميكة ستمنع مرور الضوء الى الطحالب الموجودة تحت سطح الماء وبالتالي ستقوم الطحالب تحت سطح

الماء باستخدام الأكسجين الموجود في الماء أكثر مما تنتجه مما يؤدي إلى نفاذ الأكسجين حيث سيؤثر على الأسماك بشكل مباشر. ولهذا يجب أن يوجد توازن بين كميات الطحالب وضوء الشمس وبين احتياجات الأسماك والأحياء المائية الأخرى للأكسجين الكلي.

الحد من انتشار الطحالب في المياه

تتضمن السيطرة على الطحالب في تجهيزات المياه، استخدام المضادات الطحلبية والتنظيف الميكانيكي للأحواض بصفة مستمرة. وقنوات سحب المياه وحافات الخزانات وكذلك الترشيح. وتشمل أيضا تطوير طرق الترويب والترشيح والمعالجة الكيماوية واختيار مواقع مصادر المياه الخام. كما تتضمن تطوير طرق تخزين المياه لتخفيض فرص النمو الكثيف والسيطرة على الطعم والرائحة ومنتجات طحلبية أخرى، بالإضافة إلى استخدام المنشطات مثل الفحم المنشط وإزالة الترسبات العضوية من الأحواض وخطوط التوزيع. وتعتمد السيطرة الفعالة على الطحالب، على معرفة الطرق الكاملة لاكتشاف وجودها وتفسير أهمية أي تغيير في أعدادها وأنواعها.

التحليل البيولوجية للمياه

الغرض من هذه التحاليل هو معرفة عدد الكائنات النباتية الحية الدقيقة التي لا ترى بالعين المجردة. ومن أهم الفحوص الميكروسكوبية للمياه (كما تنص عليه المواصفات المصرية) ما يلي:

١. البحث عن الطحالب الخضراء المزرققة (Blue green algae) وعدّها.
٢. البحث عن الطحالب الخضراء (Green Algae) وعدّها.
٣. البحث عن الدياتومات (Diatoms) وعدّها.

وتبدو أهمية هذه الفحوص لما تسببه الطحالب من روائح كريهة وطعم غير مستساغ في المياه وما تسببه من زيادة في الرقم الهيدروجيني في بعض الأحيان في حالات السيول عندما تجرف الدياتومات إلى المياه. ومن أخطر ما تسببه الطحالب هو السموم الطحلبية التي 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 تعيش فى المياه الملوثة ووجودها بكثرة يدل على تلوث المياه بالمواد العضوية.

اختبار السمية Toxicity Bioassay

- أولاً: يتم إجراء اختبار السمية باستخدام أى من المؤشرات البيولوجية الآتية:
- أ. فئران التجارب المعملية.
 - ب. حيوان الدافنيا (أو أحد سلالات القشريات التى تسمى Prime Shrimp).
 - ج. بعض سلالات البكتريا وهو ما يعرف بالـ (Ames Test).
 - د. بيض السمك.

ثانياً: لإجراء اختبار السمية لمستخلصات الطحالب باستخدام فئران التجارب المعملية تتبع الخطوات التالية:

- أ. يتم تجميع التجمعات الطحلبية من المسطح المائى.
- ب. يتم تركيز العينات وفصل المواد العالقة عن التجمعات الطحلبية.
- ج. يتم تكسير خلايا التجمعات الطحلبية لاستخلاص المحتويات الداخلية للخلايا وذلك إما بعملية (Lypholization) أو بعملية (Freeze/ Thawing)
- د. تؤخذ وزنات مختلفة من هذه التجمعات الطحلبية بحيث تمثل تركيزات مختلفة من المستخلص الطحلبى.
- هـ. يتم استخلاص محتوى الخلايا الطحلبية إما بطحن الخلايا الطحلبية فى المياه المقطرة أو باستخدام محلول ملهى ٠,٩٪
- و. تفصل الخلايا الطحلبية عن المستخلص باستخدام جهاز الطرد المركزى (Centrifuge).
- ز. تحقق فئران التجارب المعملية بهذا المستخلص فى الغشاء البلورى (Intrapretioneally) ثم يلاحظ الأعراض التى تظهر على الفئران والتى منها يمكن بصورة مبدئية الحكم على سمية التجمعات الطحلبية أو عدم سميتها كما هو موضح فى الجدول رقم (٩ - ١).

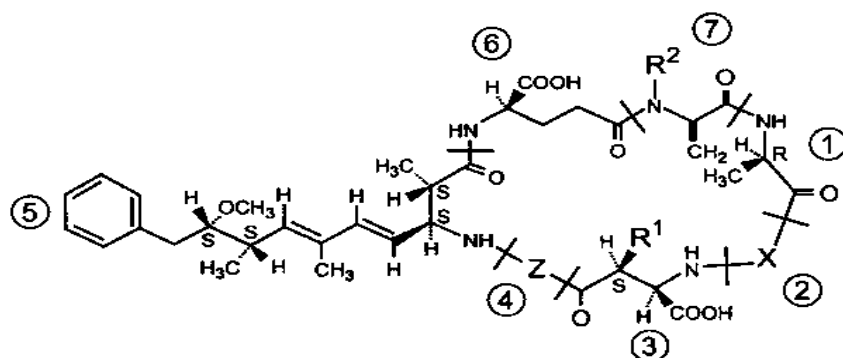
جدول رقم (٩ - ١)

نتائج اختبارات السمية باستخدام فئران التجارب

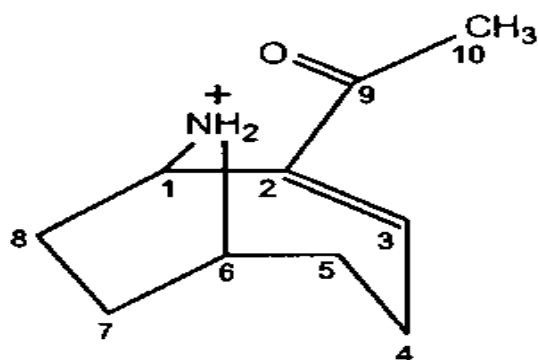
Neurotoxic	Hepatotoxic
Mice will die by respiratory arrest within 2-20 minutes	Mice will die due to hemorrhagic shock within 40 minutes to 3 hr.
Signs: muscular tremors convulsions gasping respiration Salivation tearing	Signs : animal will appear pale as the blood hemorrhages into the liver. upon autopsy the liver swollen and dark red & increased in weight

التركيب الكيميائي للسموم الطحلبية:

يوضح الشكل رقم (٩ - ٥) التركيب الكيميائي لمثالين هما ميكروسيستين (مثال للسموم الكبدية)، أناتوكسين (مثال للسموم العصبية).



ميكروسيستين (مثال للسموم الكبدية)



أناتوكسين (مثال للسموم العصبية)

شكل رقم (٩ - ٥)

مثال للسموم الطحلبية الكبدية والعصبية

مجموعة الطحالب الخضراء المزرقه Blue-green Algae- Cyanobacteria- Cyanophyta

هى من أقدم مجموعات الكائنات الحية سواء النباتية أو الحيوانية (٣,٥ بليون سنة)، تعتبر المصدر الرئيسى للأكسجين الجوى.

من أهم مميزات هذه المجموعة قدرتها على التأقلم مع جميع الظروف البيئية وذلك يرجع إلى وجود نظامين للتمثيل الضوئى وهما (Photosystem I & II) بحيث تستطيع فى غياب الضوء أن تعيش مثل البكتريا وفى وجود الضوء تعيش مثل الطحالب ولذلك اعتبرها علماء التقسيم (Limnologists) أنها تمثل حلقة الربط (فى سلم التطور) بين البكتريا والطحالب.

تتميز الأجناس التى تنتمى لهذه المجموعة بالتنوع الشديد فى الشكل الخارجى وفى بعض الخصائص الفسيولوجية حيث تنفرد بعض من الأجناس التى تنتمى لهذه المجموعة بأن لها القدرة على تثبيت النيتروجين الجوى.

تتميز أجناس هذه المجموعة بقدرتها على إفراز بعض المركبات العضوية والتى لها نشاط حيوى فى مجالات عديدة إلى جانب أن بعض من هذه المركبات له تأثير سام وهو ما يعرف بالسموم الطحلبية (Phycotoxins - Cyanobacterial Toxins)

يتم تعريف وتقسيم السموم الطحلبية تبعاً للجزء الذى تحدث به الضرر على سبيل المثال:

- أ. سموم كبدية (Hepatotoxins) حيث تؤثر على الكبد مثل سموم مجموعة الميكروسيستين (Microcystins).
- ب. سموم عصبية (Neurotoxins) حيث تؤثر مباشرة على الجهاز العصبى مثل سموم الأناطوكسين (Antoxins).
- ج. سموم من مركبات (Alkaloids) حيث تسبب بعض المشاكل فى الجهاز الهضمى والكلية.
- د. سموم لها تركيب كيميائى عديد السكريات (Lipopolysaccharides).

- من أهم الحقائق التي يجب الاهتمام بها هي أنه ليس كل الأجناس التي تنتمي لمجموعة الطحالب الخضراء المزرققة لها القدرة على إفراز مثل هذه السموم. بالإضافة إلى أن معدل إفراز أو عدم إفراز مثل هذه السموم يتأثر تأثراً شديداً بالعوامل البيئية المختلفة.
- كما أنه ليس كل التجمعات الطحلبية تكون أجناسها مفرزه للسموم ولكن يمكن أن تكون من الأنواع التي تحدث تغير في طعم و رائحة المياه. ولذلك لا بد عند حدوث أى تجمع طحلبى أن يتم فحص و تعريف سلالات الطحالب المكونه لهذه التجمعات ثم إجراء اختبار السمية حتى نستطيع الحكم على قدرتها على أفرار أو عدم إفراز السموم .

تجميع عينات الهائمات النباتية (Phytoplankton) وطرق حساب المحتوى الحيوى للطحالب

أولاً: تجميع العينات

- أ. تحديد مواقع لتجميع العينات
- ب. تجهز زجاجات مناسبة لكل صفة تحليلية (لا بد أن تكون زجاجات العد الطحلبى بنية اللون ومعتمة) بكتابة بيانات تفصيلية للعينة المراد تجميعها من حيث تاريخ التجميع، مكان التجميع ونوعه والعمق، نوع العينة، الصفة التحليلية.
- ج. إضافة مواد التثبيت المناسبة لكل صفة تحليلية
- د. تؤخذ عينة ممثلة للمكان المحدد لتجميع العينات ثم يتم توزيعها على الزجاجات الخاصة بكل صفة تحليلية بما يوازى الحجم المناسب لكل صفة تحليلية

ثانياً: تركيز العينات

- عادة ما يتم إجراء تركيز للكائنات الموجودة وخاصة الطحالب فى عينات المياه بأحدى الطرق التالية:
- أ. الترسيب.

ب. جهاز الطرد المركزي (Centrifuge).

ج. الترشيح باستخدام أغشية الترشيح (Membrane Filter).

د. باستخدام شبك الترشيح (Phytoplankton Net).

قياس المحتوى

الحيوى للطحالب

Algal Biomass Determination

من الضروري معرفة الهدف من القيام بأية بحوث لدراسة الطحالب قبل أن يتم اختيار تحليل معين. فقد يكون الهدف فى بعض الأحيان تسمية مجاميع محددة فقط أو أجناس أو أنواع معينة من الطحالب، فعلى سبيل المثال معرفة التغيرات الحاصلة فى الأحواض المؤكسدة أو لدراسة رائحة وطعم بعض الطحالب فى المياه العذبة، لذا يجب تحديد الغاية من التحليل وطريقة العمل، بينما نحتاج فى حالات أخرى إلى معرفة الأعداد الموجودة فى المياه ومجاميع الطحالب الرئيسية، وقد يكون من الأفضل تحديد الوقت الأكثر فعالية لمعالجة الخزان بمضادات الطحالب، وكذلك تحديد المساحة الكلية والحجمية وخصوصا للدياتومات، حيث أنه من المفيد ضبط العلاقة بين الكائنات المجهرية الطافية وطول عمر المرشح.

لذا يجب إجراء مراقبة دورية لشبكات التوزيع فى منشآت تصفية المياه التى تستخدم المياه السطحية لملاحظة نمو الكائنات الملتصقة التى تكون الإزهارات فى هذه المنشآت. بالإضافة إلى وجوب القيام بفحوصات مختبرية وتسجيل الكائنات السائدة الموجودة فى طبقات الطحالب النامية، مع تحليل للكائنات الطافية فى عينات من الماء، على أن يتم عمل هذه الفحوصات على فترات منتظمة لنفس المناطق التى تم فحصها سابقاً.

وعندما تؤخذ معلومات من هذا النوع عبر فترة زمنية وتكون مدعومة بقراءات للصفات الفيزيائية والكيميائية لعينات الماء، فإنها ستكون ذات أهمية كبيرة فى تحديد نوع وزمن تطبيق الإجراءات الضرورية لمنع المشاكل التى تسببها الطحالب وللسيطرة عليها. ويمكن تسجيل هذه المعلومات واعتبارها مؤشرات لتحديد مواقع ودرجة نمو الطحالب فى المناطق المختلفة، مع مراقبة أى تغيير فى مواقع وكميات نمو الطحالب وتدوين جميع البيانات

المتعلقة بذلك. ويتم تشخيص الطحالب فى الماء بمساعدة المجهر واستخدام دليل التشخيص.

الطريقة العامة لتسجيل الطحالب الطافية، تبدأ بجمع عينات الماء من موقع وعمق معين، فإذا لم يتم أخذ العينة إلى المختبر مباشرة للتحليل، يجب حفظها بإضافة مادة الفورمالدهايد (Formaldehyde) ويتم تركيز الكائنات الطافية فى العينة بواسطة قوة الطرد المركزى.

يستخدم ١ ملم من العينة المركزة ويوضع فى شريحة تعداد الخلايا المسماه (Sedgwick – Rafter)، حيث يتم إحصاء الكائنات بمساعدة مجهر مركب مثبت عليه ميكرومتر ويبل (Whipple ocular micrometer) وهى وحدة قياس لتعداد الكائنات المجهرية الطافية وتثبت عادة فى العدسة العينية للمجهر المركب.

يجب العناية الخاصة بهدف الحصول على تسجيلات دقيقة لبعض الطحالب السوطية التى تنتج الطعم والرائحة أو التى ربما تكون دلائل للمياه النظيفة، لأنها عندما تحفظ فى الفورمالين فإن أشكالها تتغير إلى درجة بحيث يصعب تشخيصها، من أمثلة ذلك تشوه أشكالها وتغير ألوانها وفقدانها للأسواط، لذلك يجب استخدام عينات غير محفوظة.

إن تسجيل الكائنات المجهرية الطافية للسنوات السابقة، ربما تعطى حلاً جيدة فى أوقات معينة فى كل فصل، حينما نتوقع نشوء أعداد كبيرة وأنواع معينة من الكائنات التى تعرقل التصفية أو المعالجة.

كما أن مجاميع الطحالب التى لا تشكل نمواً غزيراً ولا يصل تعدادها الى أقصى حد سوف تظهر تغيرات معينة فى شكلها، وعندما يمكن تمييز هذه التغيرات، فإنها تقدم دلائل مفيدة لنهاية فترة نمو الطحالب، فمثلاً إذا سقطت

أسواط الطحالب أو أصبحت ألوانها شاحبة فهذا يعنى أن فترة النمو الغزير للطحالب قد انتهت وأنها فى طريقها إلى الاختفاء.

يرتبط تعداد الكائنات المجهرية الطافية فى المياه الخام فى بعض المناطق ببداية ظهور الرائحة، لأنها تدل على وجود أعداد كبيرة من الطحالب فى المياه والتي يجب معالجتها للتخلص منها، واعتبرت أعدادها الكبيرة والقليلة التى تتواجد فى إحدى محطات التصفية طريقة للتنبؤ بأعداد الكائنات المحتملة فى المياه المصفاة عقب عمليات الترويب والترشيح الرملى السريع، لأن وجود أعداد كبيرة منها سيزيد من نسبة تسربها إلى المياه المصفاة عبر رمل الترشيح والعكس بالعكس.

يستخدم عدد الكائنات وعدد الوحدات القياسية لمساحة الكائنات الموجودة لتحديد كمية المشاكل المتوقعة والزمن الذى يجب أن تبدأ به التصفية أو المعالجة.

العد الطحلبى

باستخدام خلية العد الطحلبى Sedgwick Rafter Cell

بعد تركيز العينات سواء باستخدام الترسيب أو باستخدام جهاز الطرد المركزى يتم ملأ خلية العد الطحلبى وتترك لمدة خمسة دقائق ثم توضع للفحص والعد الطحلبى باستخدام الميكروسكوب. ويجرى عد حوالى ٥٠ حقل (Field) من خلية العد الطحلبى الموضحة فى الشكل رقم (٩-٦).

No. of Phytoplankton =

$$\frac{\text{No. of fields in cell} \times \text{ml of concentrated sample}}{\text{No. of fields counted} \times \text{ml of original sample}}$$

Where No. of fields in cell =

$$\frac{\text{Area of Sedgwick Rafter cell (50mm X20mm)}}{\text{Area of Small Square in Sedgwick cell}}$$

يتم إضافة أى من محاليل التثبيت التالية للعينات المراد إجراء العد الطحلبى لها وذلك عند تجميع العينات فى الموقع:

أ. محلول اليود (Lugol's Iodine Solution)

يتم تحضير محلول الليجولس كما يلى: يذاب ٢٠ جم من يوديد البوتاسيوم مع ١٠ جم من اليود الكريستال فى ٢٠٠ مللى من الماء المقطر المضاف إليه ٢٠ مللى من حمض الخليك الثلجى. يضاف ٣ مللى لكل لتر من الطحالب.

ب. محلول الفورمالين

• تقدير المحتوى الكلوروفيللى للطحالب Chlorophyll "a" Content

وذلك باستخدام جهاز قياس شدة الألوان (Spectrophotometer) وقياس الطول الموجى لصبغات الكلوروفيل "أ" بعد استخلاصها باستخدام أحد المذيبات العضوية.

$$\text{Chl. "a"} = 11.85(\text{OD}664) - 1.54(\text{OD}647) - 0.08(\text{OD}630)$$

• تقدير الحجم الحيوى للطحالب Algal Biovolume

وذلك بتحويل الشكل الخارجى للطحالب لأقرب شكل هندسى (دائرة - مربع - مستطيل) ثم حساب مساحة الشكل الهندسى.

• مساحة سطح الخلية (Surface area)

• قياس تركيز الأدينوزين ثلاثى الفوسفات

Adenosine triphosphate ATP

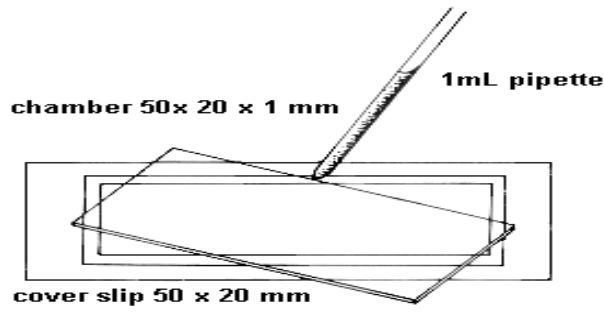
• قياس النشاط الحيوى للطحالب

وذلك باستخدام الطرق التالية:

أ. تثبيت النيتروجين (Nitrogen fixation).

ب. إنتاج الأكسجين (Oxygen production).

ج. التمثيل الضوئى فى وجود (C14).

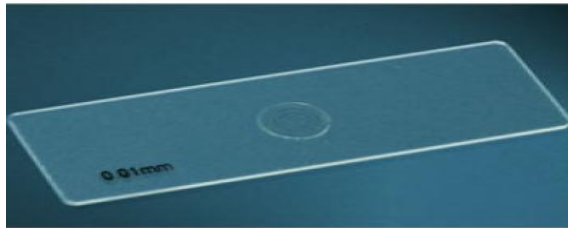


How to fill Sedgwick Rafter cell with sample?

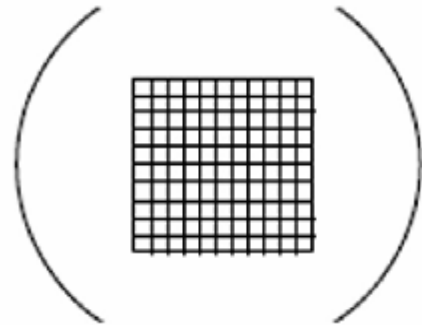
طريقة ملء خلية عد الطحالب



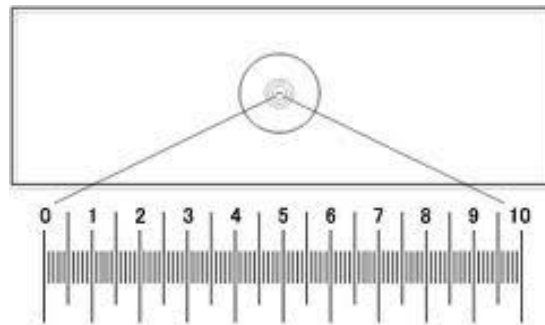
Sedgwick Rafter Cell



Slide containing stage micrometer



Eye piece micrometer



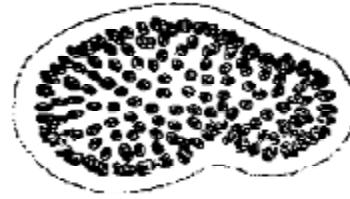
Stage micrometer

شكل رقم (٩ - ٦)

عد الطحالب باستخدام خلية العد الطحلبى Sedgwick Rafter Cell



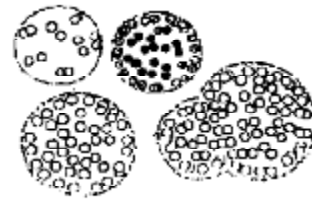
Synechocystis



Gomphosphaeria



Microcystis



Coelosphaerium

Synechococcus



Cylindrospermopsis

Pseudanabaena



Oscillatoria

Trichodesmium



شكل رقم (٧-٩)

بعض سلالات الطحالب المفرزة للسموم



Schizothrix

Lyugbya

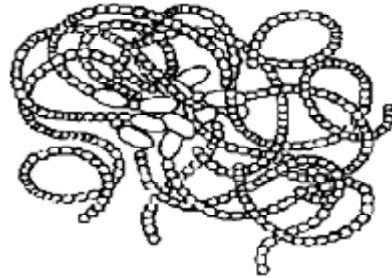


Phormidium



Aphanizomenon

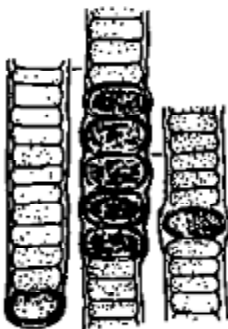
Anabaena



Gloeotrichia

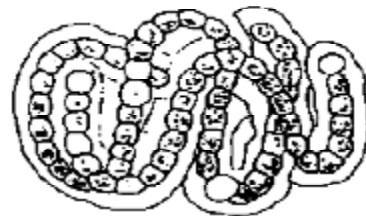


Nodularia



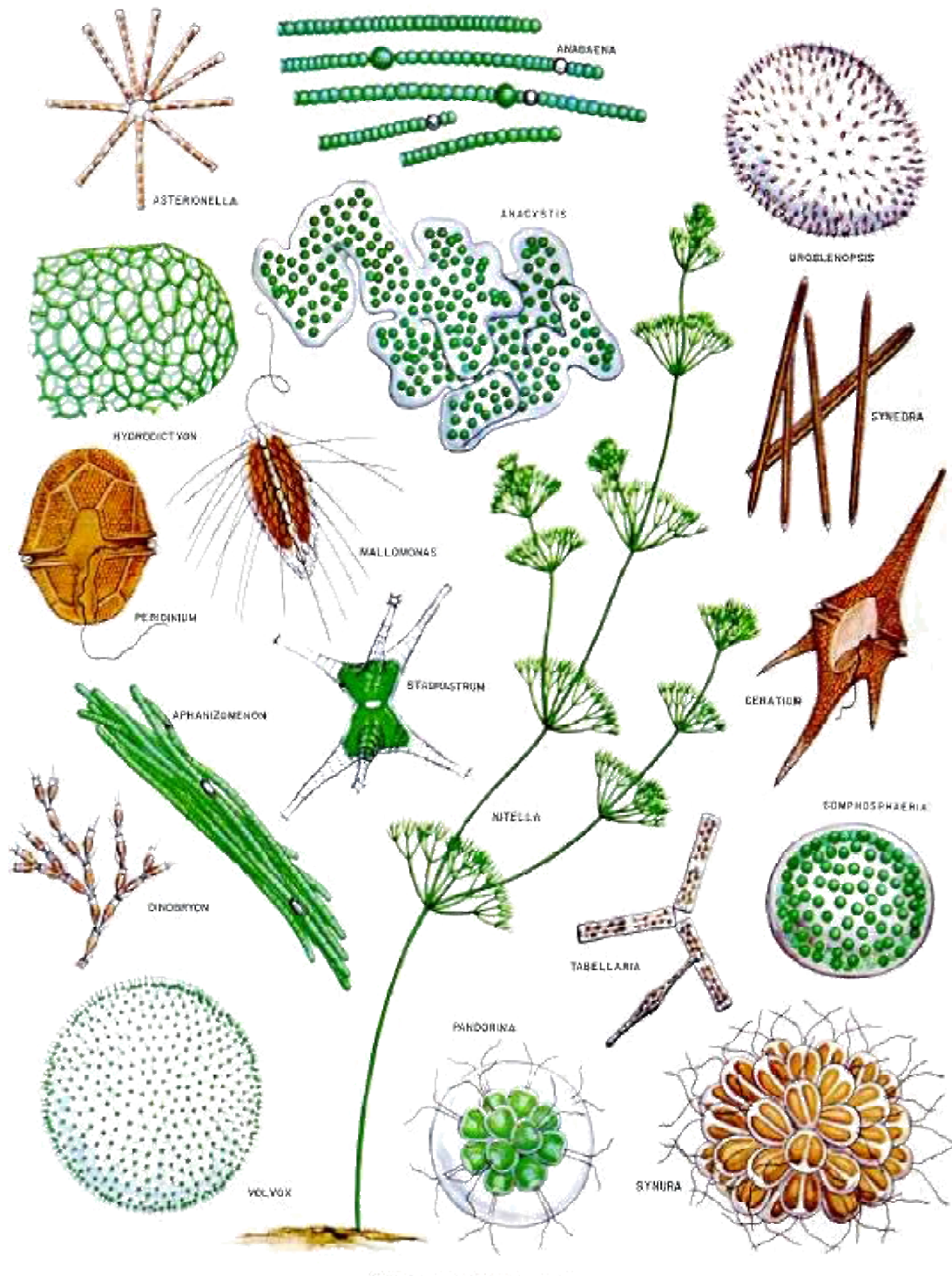
Hormothamnion

Nostoc



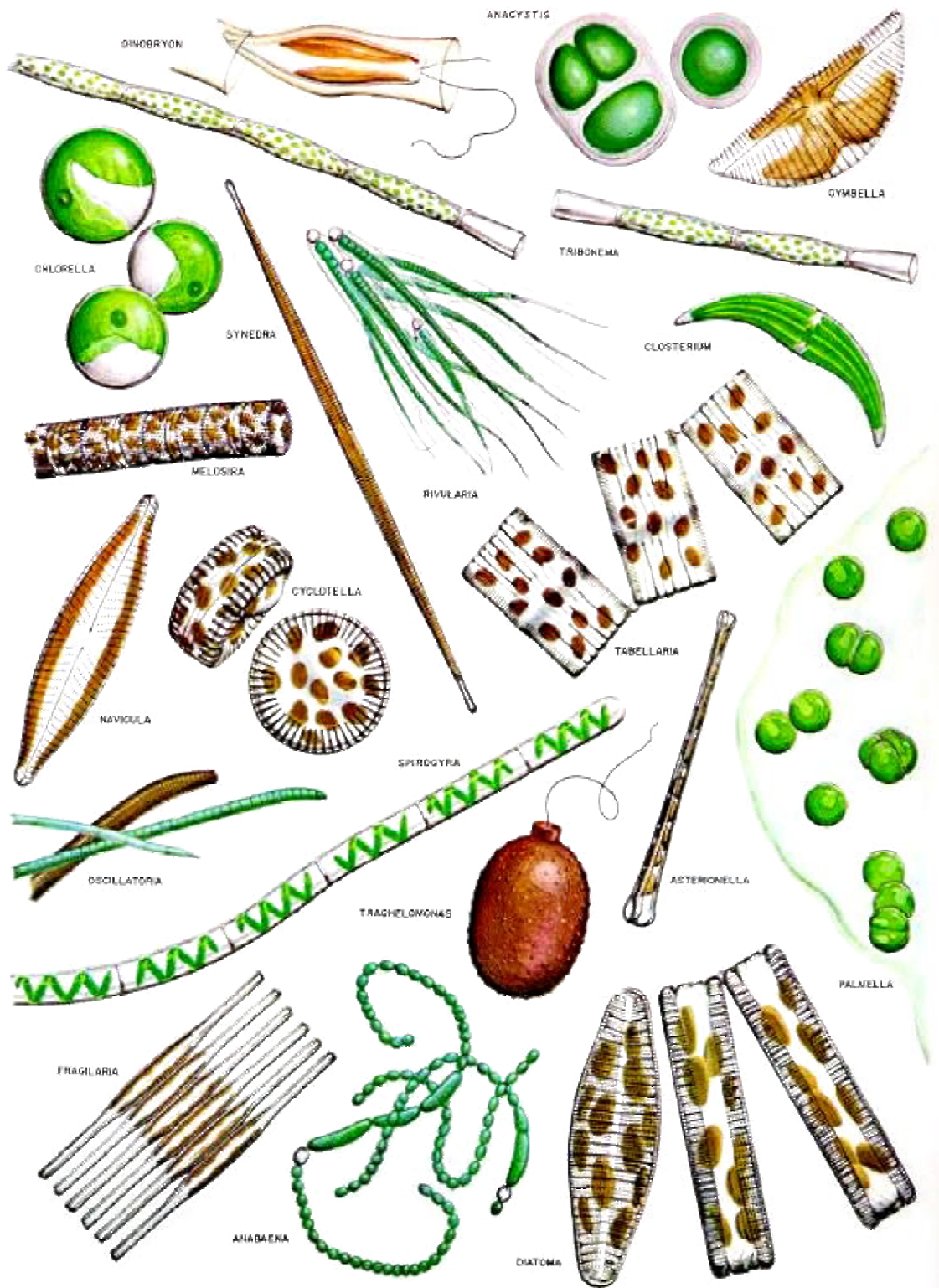
"تابع" شكل رقم (٩ - ٧)

بعض سلالات الطحالب المفرزة للسموم



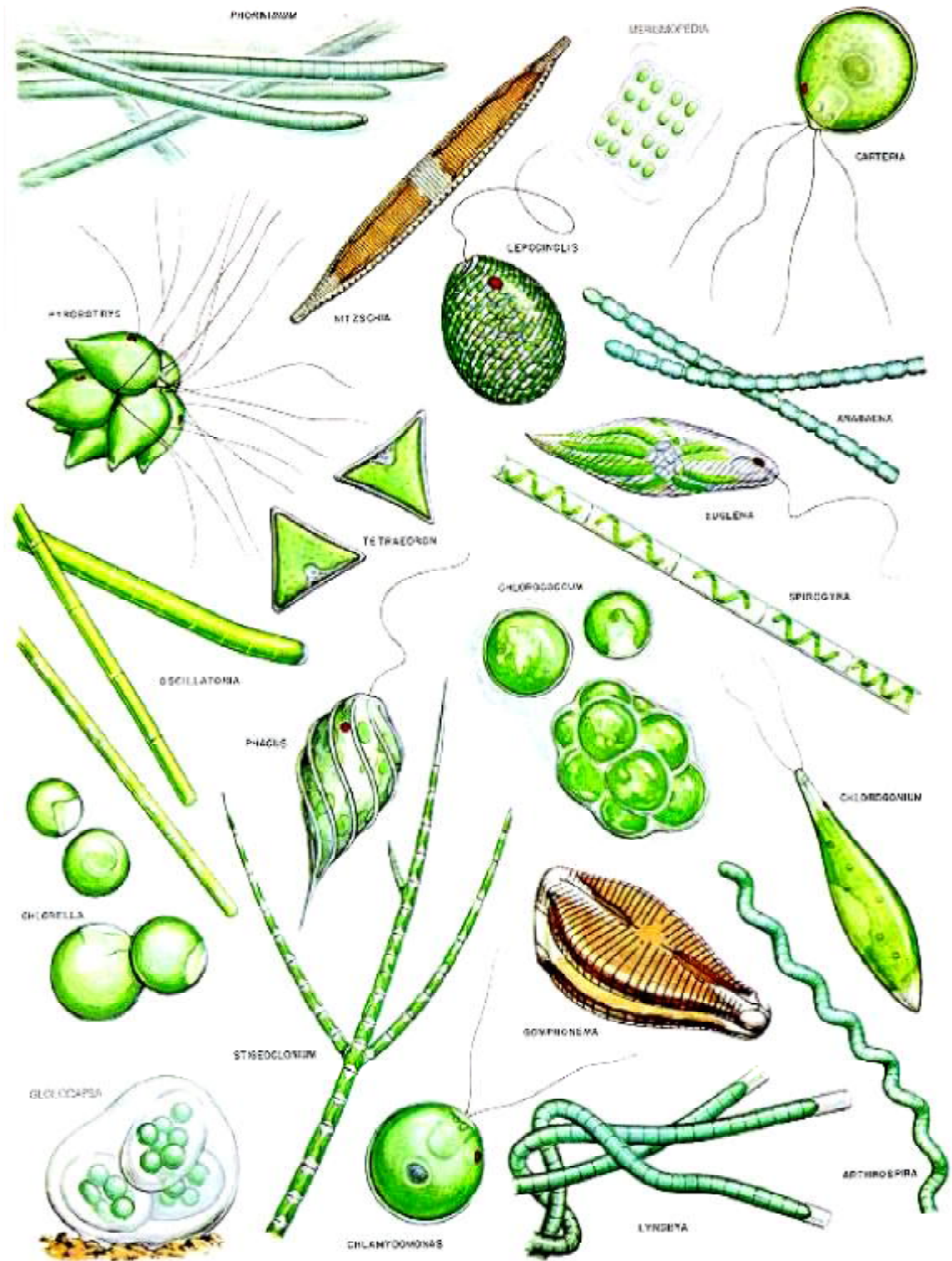
شكل رقم (٩-٨)

الطحالب التي تسبب انسداد الفلاتر

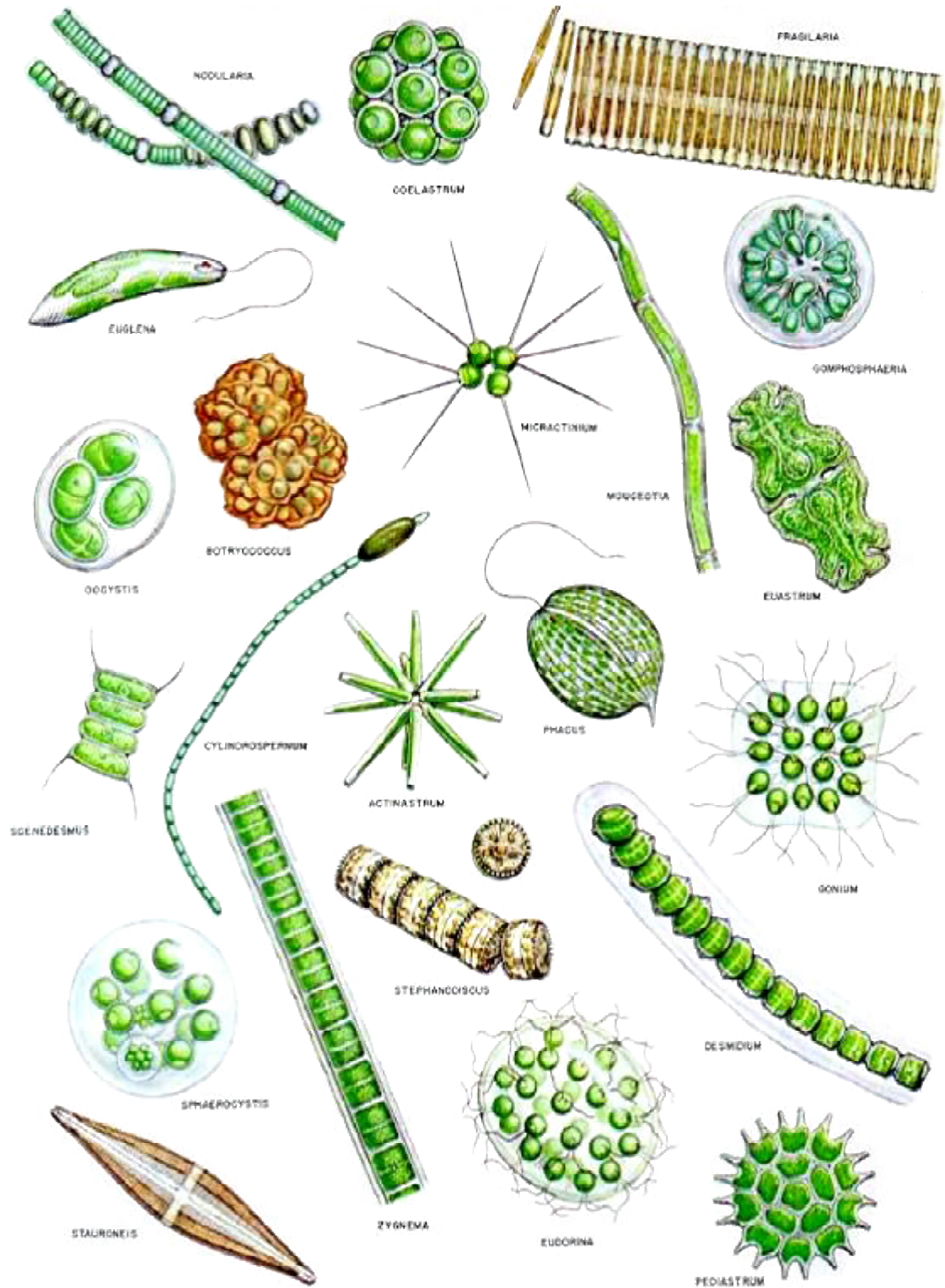


"تابع" شكل رقم (٩ - ٨)

الطحالب التي تسبب انسداد الفلاتر



شكل رقم (٩ - ٩)
طحالب المياه الملوثة



شكل رقم (٩-١٠)

أحياء دقيقة وأنواع أخرى من طحالب المياه السطحية



شكل رقم (٩ - ١١)

بعض الطحالب التي تظهر في المياه غير الملوثة (النظيفة)

الفصل العاشر

ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

:()

:

•

•

•

•

•

•

R

X

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

:

	.(Blank)	.	Quality Control
	.(Replicate)	.	
	.(Blind)	.	
.(Spike)		.	
.(Control Charts)		.	
.(Reference Materials)		.	

.

.

.

.

.

%

%

.

.

.

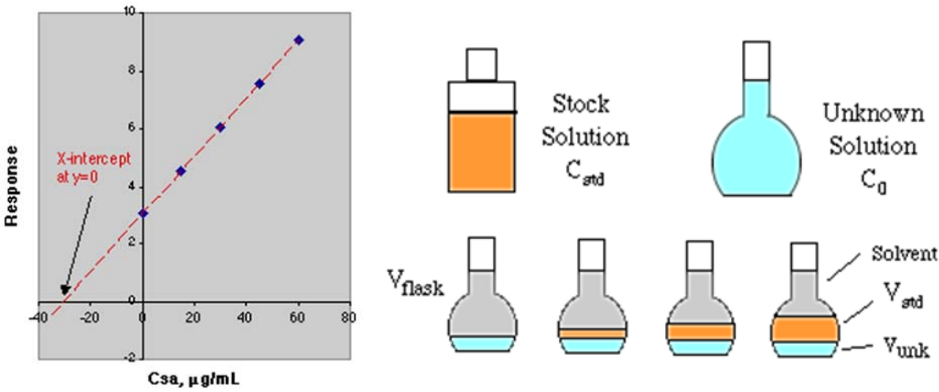
-

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

Known Addition,) (-) (Spiking

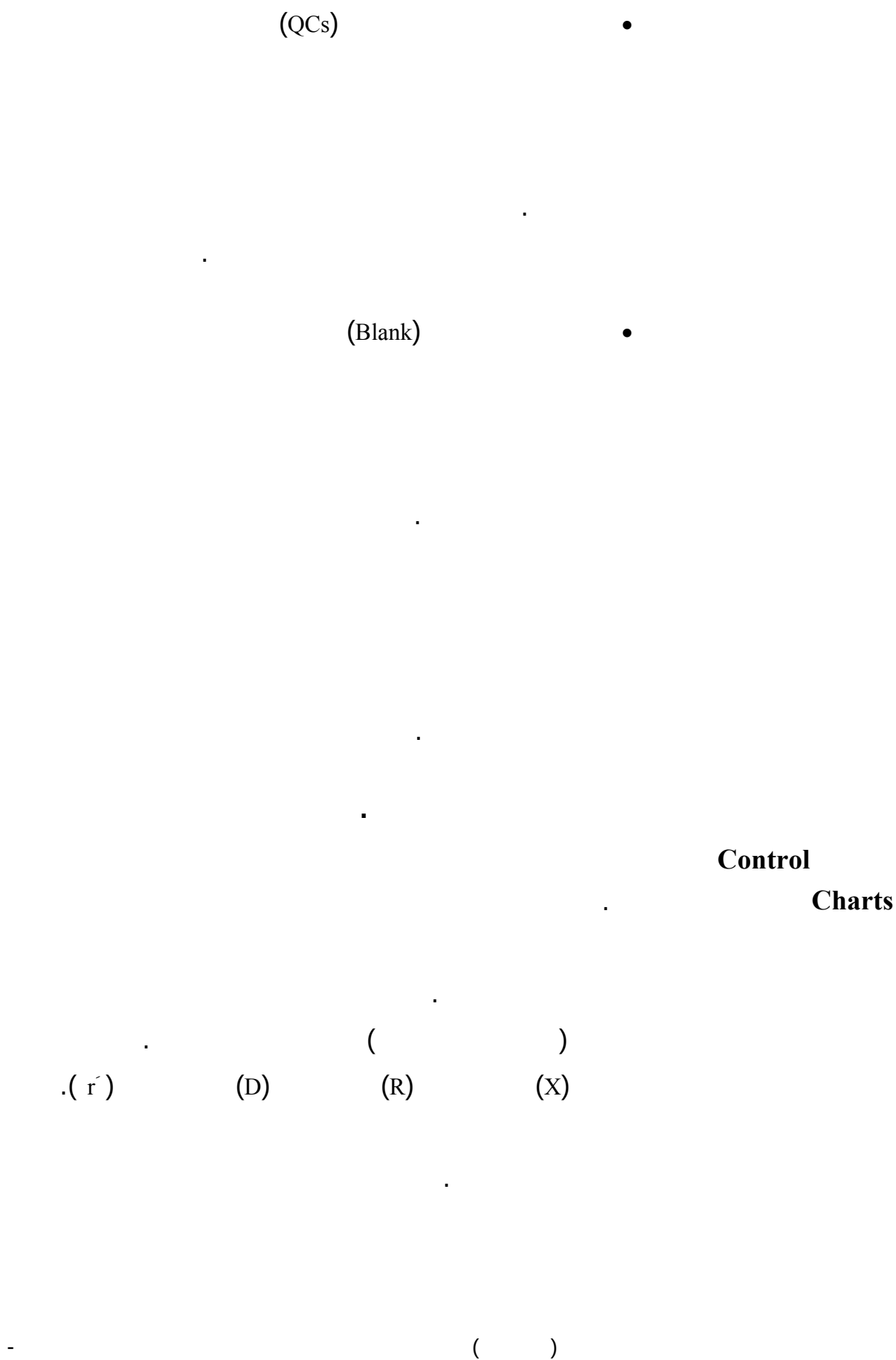
%



(-)

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب



: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

Control Value

Response Value

Control Line

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

:Warning Limit

(lower) (upper)

$\pm$ %

.(standard deviation)

:(Control Limit)

(Action Limit)

$\pm$ % .

.

:

($\bar{X}$ - chart) .

.(R-chart) .

.(D-chart) .

.(r-chart) .

: ($\bar{X}$ – chart)

(-)

(CL) ()

$CL \pm 2 S_x =$ (WL) ()

$CL \pm 3 S_x =$ (AL) ()

X ()

: ()

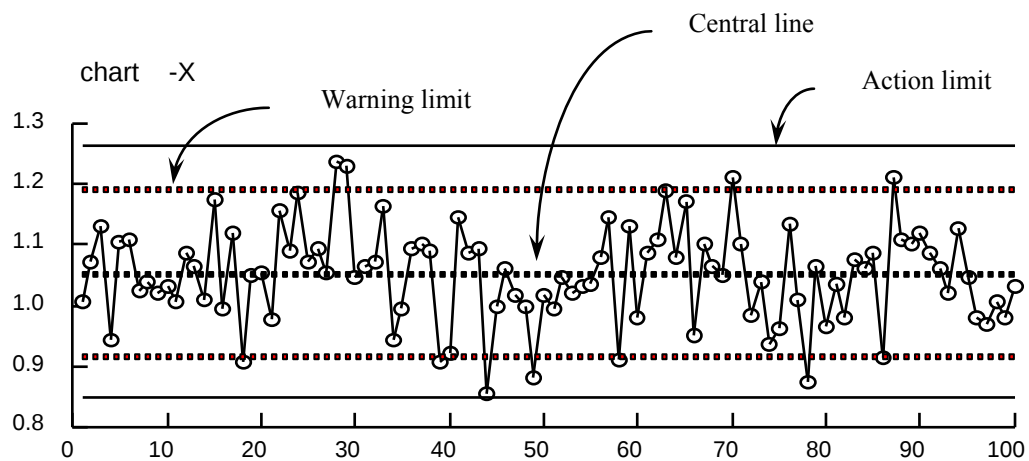
_____ (AL)

_____ (WL)

----- (CL)

_____ (WL)

_____ (AL)



(-)

: (R-chart)

: (-)

(CL) ()

$$R = d_2 S_w$$

$D_4 * R$ UAL ()

$D_3 = \text{zero}$ LAL ()

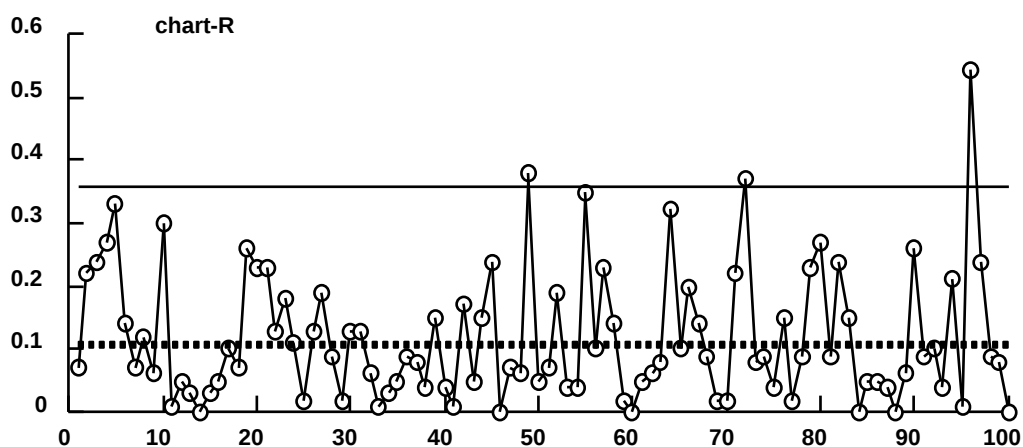
R ()

: ()

_____ UAL

_____ (CL)

----- (LAL)



(-)

: (D-chart)

(CL) ()

(spiked)

$CL \pm 2S_x$ (WL) ()

$CL \pm 3S_x$ (AL) ()

()

: (r-chart)

(r)

:

$$r = \frac{R \times 100}{\bar{X}}$$

$D_4 * \bar{r}$.

$D_3 = 0$.

r .

(-)

D, d

D ₄	D ₃	d ₂	
.		.	
.		.	
.		.	
.		.	

-

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

(COD)

R-)

(X-chart)

```
.(chart
```

(-)

$$\overline{R}$$
$$\overline{\overline{X}}$$

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

:

: (S_x)

$$S_x^2 = \sum (X - \bar{X})^2 / (n - 1)$$

$$S_x^2 = 43.4$$

$$S_x = 6.59 \text{ mgO}_2/\text{L}$$

$$\bar{X} = 497.5 \text{ mgO}_2/\text{L}$$

($\bar{X}$ chart)- ()

$$\bar{X} + 2S_x =$$

$$/ \quad . = (. \times) + . =$$

$$\bar{X} - 2S_x =$$

$$/ \quad . = (. \times) - . =$$

$$\bar{X} + 3S_x =$$

$$/ \quad . = (. \times) + . =$$

$$\bar{X} - 3S_x =$$

$$/ \quad . = (. \times) - . =$$

: ()

$$. \bar{R} =$$

$$. =$$

$$. = . \times . D4 \times \bar{R} = =$$

$$= D3 =$$

$$/ \quad .$$

$$. \quad .$$

- ()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

(-)

$\overline{D}$		(X)	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	

$$\begin{aligned} & . = \overline{\overline{D}} \\ & \overline{\overline{D}} + S_x = \\ & \overline{\overline{D}} - 2S_x = \end{aligned}$$

:(r-chart)

:

. (-)

(-)

r,%	$\overline{X}$	R	X ₂	X ₁	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	

$r, \% = \frac{R}{\overline{X}} \times 100$

. $\overline{r}$ = (CL)

D4 x $\overline{r}$ =

. = . × . =

= D3 =

:

: $\overline{X}$

:

.

.

.

.

-

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

$$\overline{R}$$

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

.....
(-)
:

:(I) .
(R)

.....
X-) (R-chart) (chart

:(II) .

r-) .
(chart

:(III) .

.(D-chart)

:(IV) .
(blank)

(Limit of Detection)
(R-chart)

- ()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

:(v) .

(-) (r-chart)

. (-)

(-)

V	IV	III	II	I	
	√			√	($\bar{X}$ – chart)
	√			√	(R-chart)
		√			(D-chart)
√			√		(r-chart)

.

.

-

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

(-)

$\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ KCl Formazine Kaolin		
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ NaCl KCl NaCl NaF Na_2SO_4 Na_2CO_3		
NH_4Cl KNO_3 NaNO_2 Glycine β -Glycerophosphate disodium $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		
/	(COD) (BOD)	

-

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

Limit of detection

$$\text{Criterion of detection (CD)} = t_{0.95} (f) S_{bl,w} \sqrt{\left(1 + \frac{1}{n}\right)}$$

$$\text{Limit of detection (LOD)} = 2 \text{ CD}$$

:

$$\left(t_{0.95} \right) f S_{bl,w} n$$

:

0.088, 0.064, 0.073, 0.082, 0.079, 0.05

:

$$S_{w \text{ blank}} = 0.0122 \text{ mg/L}$$

$$LOD = 2 \times t_{0.95} \times 0.0122 \sqrt{1 + \frac{1}{2}}$$

$$= 0.06 \text{ mg/L}$$

Accuracy

:(Trueness)

$$\frac{X}{T} \times 100 \overline{X}_s$$

-

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

(Bias)

$$\frac{X - T}{T} \times 100$$

:

X

T

Minimum and maximum recovery

$$\frac{\times}{\quad\quad\quad} =$$

$$\frac{\times}{\quad\quad\quad} =$$

$$= \frac{\overline{X}_s - \overline{X}}{X_{add}} \times 100$$

=

:

= X_s

= X

= X_{add}

-

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

(-)

$\bar{X}$	(X ₂)	(X ₁)	
.			
.			
.			
.			
.			
.			
.			
.			
.			
.			

$$, \bar{X} = S_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} =$$

% , - , =

% , =

(S_w)

Within Batch Standard Deviation Standard Deviation

$$S_w = \frac{R}{d_2}$$

$$S_w = \frac{5}{1.128} = 4.43$$

(S_b)

Between Batch Standard Deviation

$$S_b = \sqrt{(S_x^2 - S_w^2 / n)}$$

-

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

(-)

	$\overline{X}$	R	(X ₂)	(X ₁)	
.					
.					
.					
.	.				
.					
.	.				
.	.				

Pooled Standard Deviation

$$S_{pooled} = \sqrt{\frac{\sum (n_i - 1).S_i^2}{\sum (n_i - 1)}}$$

Uncertainty

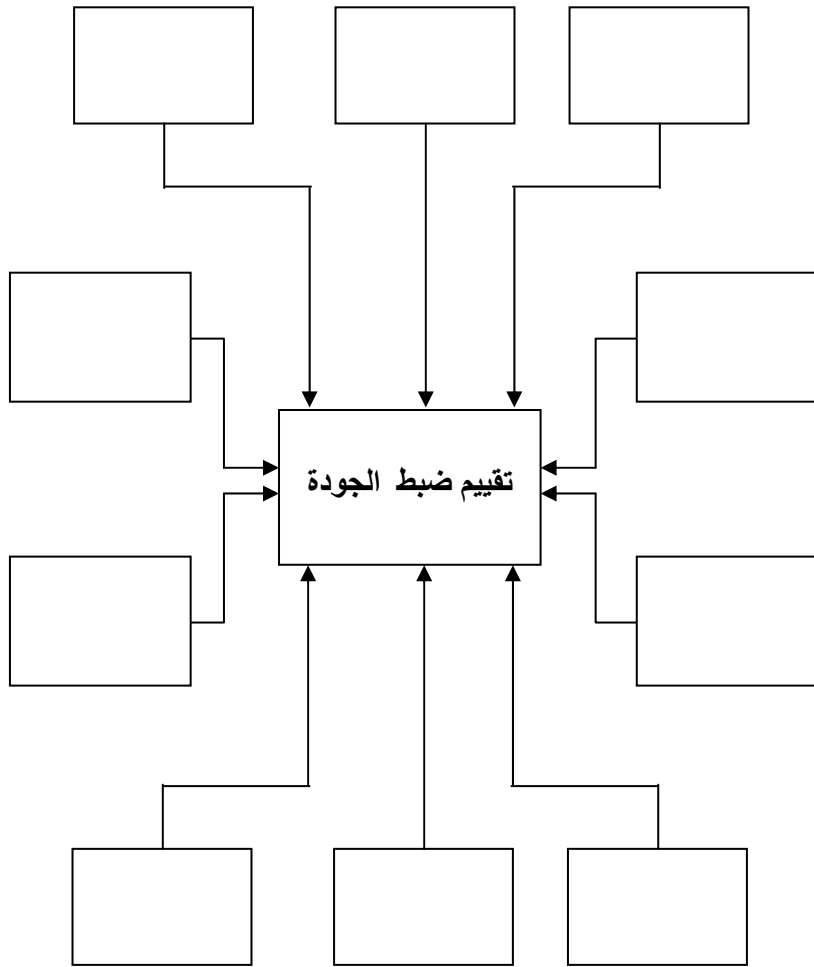
$$U = t(df) S_{pooled} \sqrt{\left[\frac{n_1 + n_2}{n_1 \times n_2} \right]}$$

. (-)

-

()

: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب



(-)

الفصل الحادى عشر

تأكيد جودة تحاليل مياه الشرب

الفصل الحادى عشر

تأكيد جودة تحاليل مياه الشرب

أهداف التدريب (التعلم):

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

- 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 تتوفر فى إستراتيجية جمع البيانات.
- يحدد القواعد التى يجب إتباعها عند تصميم إستراتيجية جمع البيانات.
- يذكر الإستراتيجية التى يلزم إتباعها لضمان نجاح تحليل المياه.
- يشرح أهمية المراجعة والتفتيش فى إدارة نظم الجودة.

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 موثوق بها ويمكن الاعتماد عليها.

الفوائد التي يمكن الحصول عليها من تطبيق برنامج تأكيد الجودة:

- تعطى المحلل 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 المحلل في نفسه وفي 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 - التفقيش والمراجعة للمعمل (Lab Audit and Review).
- ٥ - إستراتيجية جمع العينات وتجهيزها (Sampling Strategy).
- ٦ - إستراتيجية تحليل العينات وتسجيل نتائجها (Analysis Strategy).

الأفراد (أعضاء الشركة والعاملين) :

- ١ - ضرورة وجود عمالة مهرة ومتحركة.
- ٢ - لابد أن يكون مع العاملين تعليمات مكتوبة وواضحة تتعلق بنوعية وأهداف عملهم
- ٣ - لابد أن تقوم الإدارة بتوفير دورات تدريبية وعملية للعاملين من غير ذوى الخبرة.

٤ - لابد للعاملين من غير ذوى الخبرة أن يقوموا بالعمل تحت إشراف زملاء لهم من ذوى الخبرة.

كفاءة المحللين وأعضاء الهيئة والمستخدمين والتدريب:

يجب على إدارة المعمل أن تحدد المستويات الدنيا من التعليم والتدريب والمهارات والخبرات الضرورية للقيادات داخل المعمل ويجب إجراء التحاليل الكيميائية بواسطة أو تحت إشراف محللين أكفاء مؤهلين (حاصلين على الأقل على درجة بكالوريوس كيمياء أو ما يعادلها) وربما يكونوا أيضا حاصلين على درجة علمية أعلى (دبلوما). أما المستوى الأعلى القيادى بالمعمل من العاملين فيجب أن يكون حاصلًا على مؤهلات عليا مشابهة مثل (الماجستير أو الدكتوراه فى الكيمياء التحليلية) ويمكن قبول مؤهلات بديلة بواسطة الجهات المانحة للاعتماد عندما يكون العاملون لديهم خبرة واسعة فى المجال أو عندما يكون نطاق العمل فى المعمل محدودا.

يجب ان يكون العاملين من الخريجين لديهم خبرة عامين على الأقل فى مجال التخصص قبل اعتبارهم محللون ذو خبرة. والعاملين الذين يخضعون للتدريب دون مؤهلات فى المجال يمكن أن يقوموا بالتحاليل اذا ما اثبتوا أن لديهم مستوى كاف من التدريب وعملوا تحت إشراف كاف.

ويجب أن تكون هذه المعلومات متاحة بسهولة وأن تتضمن ويقوم المعمل باستيفاء متطلبات الشهادة للعاملين وهذه المتطلبات ربما تكون تنظيمية للمعمل وربما تكون اشتراطا لمجال تقنى معين.

وحيث أن المعمل يمكن أن يستخدم عاملين دائمين أو بعقود بالاضافة الى فنيين مساعدين فان على المعمل أن يضمن أن هؤلاء جميعا يتم الاشراف عليهم وأنهم يعملون طبقا لنظام الجودة بالمعمل مع تحديد قدراتهم ونتائج تقييمهم من خلال :

- الاختبارات المؤداة.
- الاختبارات المخططة ونتائج التقييم.
- تطوير واستحداث الطرق ومدى قابليتها للتطبيق.
- الخبرة والخبراء.
- المؤهلات وبرامج التدريب.
- الواجبات الإدارية والقيادية.
- على الإدارة أن تخول اشخاص معينين لأداء أنواع معينة من الاختبارات أو لأخذ العينات أو لتوقيع تقارير الاختبارات أو لاعطاء تفسيرات وآراء
- أو لتشغيل أنواع معينة من الأجهزة.
- يجب على إدارة المعمل أن تحدد المستويات من التعليم والتدريب والمهارات والخبرات الضرورية.
- يجب على المعمل الاحتفاظ بتوصيف لوظائف القيادات والتقنيين والفنيين المساعدين المشاركين في الاختبارات أو المعايير و لابد من توافر تعليمات مكتوبة وواضحة تتعلق بنوعية وأهداف عمل كل منهم و الواجبات الإدارية والقيادية و الاحتفاظ بسجلات لكل العاملين الفنيين الثابتين والمتعاقدين معهم تشمل. وكحد أدنى تحديد:

- القدرة في المجال
- المؤهلات التعليمية والمهنية
- التدريب
- المهارات
- الخبرات

تدريب العاملين:

يجب أن يكون للمعمل سياسة واجراءات للتعرف على احتياجات التدريب وتزويد المتدربين بها. ويجب أن يكون برنامج التدريب ملائماً للمهام القائمة أو المتوقعة للمعمل.

ويجب على المعمل ضمان تلقى العاملين فيه التدريب الكافى للاداء الجيد للاختبارات وتشغيل الأجهزة. وهذا يشمل خلفية التدريب على تقنيات معينة. ويجب اتخاذ المعايير الموضوعية خلال التدريب لتقييم كفاءة التدريب. والمحللون يقومون باجراء تحاليل على عينات اذا كانوا مؤهلين لذلك اذا اجروا ذلك تحت اشراف كاف. واستمرارية المقدرة يجب مراقبتها 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 اثبات أن العاملين قد تم تدريبهم بشكل كافى وأن قدراتهم لاجراء اختبارات مفوضة أو معتمدة قد تم تقييمها. ويجب أن تكون هذه السجلات متوافرة للتفتيش بواسطة الجهة المانحة للتفويض أو الاعتماد عندما تطلب ويجب أن تحتوى على:

- حضور المقررات الداخلية والخارجية.
- التدريب على اداء العمل.
- الاشتراك فى برامج اختبار الكفاءة.
- البحوث العلمية المنشورة.

الأجهزة :

يجب أن يزود المعمل بكل الأجهزة اللازمة للاداء الصحيح للاختبارات (متضمناً أخذ العينات والتحضير والإعداد والتحليل وفى الحالات التى يحتاج المختبر فيها استخدام أجهزة خارج نطاق سيطرته يجب التأكد من أن المتطلبات المذكورة فى هذا الدليل قد تم الوفاء بها.

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. وعادة تقسم الأجهزة فى معامل التحاليل الكيميائية إلى :

- أجهزة خدمة عامة لا تستخدم فى إجراء القياسات أو لها تأثير ضئيل للغاية على القياسات (مثل قرص التسخين والقلاب والأوعية الزجاجية غير العيارية والزجاجيات المستخدمة للتعامل مع حجوم تقريبية مثل المخابير المدرجة) وكذلك أنظمة التدفئة والتهوية.
- أجهزة حجمية (مثل القوارير والماصات وسحاحات تجميع الغازات.. إلخ)
- أجهزة قياس (مثل الترمومترات وأجهزة التوقيت وأجهزة قياس الطيف والكروماتوجرافى وأجهزة القياس الكهروكيميائي والموازين والمجسات وأجهزة رصد الغازات).
- مقاييس فيزيائية (مثل الأوزان والترمومترات المرجعية).
- الحاسبات وأجهزة معالجة البيانات.

ويجب الاحتفاظ بسجلات (Logbooks) لكل مادة رئيسية أو جهاز قياس ويجب أن يحتوى كل سجل على ما يلي على الأقل :

- أسم المادة أو الجهاز.
- أسم المصنع وطريقة التعرف والرقم الكودي.
- تاريخ الاستلام وتاريخ الإستخدام.
- موقعه الحالي كلما كان ذلك ملائماً.
- حالته عند الوصول (على سبيل المثال جديد - مستخدم - مجدد).
- تاريخ أية إعطاب أو تعديل أو إصلاحات.
- تعليمات المصنع وإذا كانت متوافرة أو إشارة إلى مكانها.
- تواريخ ونتائج ونسخ من التقارير والشهادات لكل المعايير 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 يدير برنامجاً لصيانة ومعايرة الأجهزة المستخدمة فى المعامل.

ويجب إعداد برنامج معايرة للأجهزة الرئيسية حيث أن هذه الخصائص لها تأثير فعال على النتائج. وعند استلام أجهزة متضمنة تلك المستخدمة في أخذ العينات يجب مراجعتها للتأكد أنها تفي بمتطلبات المواصفات التي حددها المعمل وتتوافق مع المواصفات القياسية المعنية ويجب مراجعتها ومعايرتها قبل الاستخدام. ويجب إعداد وتنفيذ برنامج شامل لمعايرة الأجهزة لكي يضمن أن القياسات التي تجرى بالمعمل متطابقة مع المعايير المحلية والدولية.

وعندما لا يكون هناك تطابق مع هذه المعايير فإن على المعمل أن يعطى أدلة مقنعة لمضاهاه دقة نتائج الاختبارات (على سبيل المثال الاشتراك في برنامج مناسب للمقارنة بين المعامل).

وعلى المعمل أن يعد نظاماً لمراقبة الأداء - أو نظاماً مناسباً للمراجعة على طرق الاختبارات (على سبيل المثال نظام يعتمد على مستوى استجابة المجس أو الكاشف المستخدم للمادة المقاسة أو لفصل المواد أو لفصل الأنظمة أو لتحديد الخواص الطيفية للمواد المعايرة ... إلخ). وهذه المراجعات يجب استكمالها قبل استخدام الأجهزة ويمكن استخدام التوجهات الآتية للصيانة والمعايرة :

- ١- ضرورة مراجعة إجراءات الأمان لأجهزة الخدمة العامة.
- ٢- يجب صيانة ومعايرة أجهزة القياس الحجمي بطريقة مناسبة حيث تحتاج إلى معايرة دورية أكثر تعتمد على الاستخدام. وللدقة العالية فإن القياسات غالباً ما تجرى بطريقة وزنية عنها حجمية.

ويجب تجنب أى تلوث ممكن للأجهزة من استخدامات سابقة. إن النوع المستخدم (زجاج - تيفلون ...) وطريقة التخزين والتنظيف وفصل أجهزة القياس الحجمي على درجة عالية من الأهمية وخصوصاً عند استخدامها في

تحاليل تركيزات متناهية فى الصغر حيث أن الادمصاص أو الذوبانية لها دور فعال.

٣- يجب استخدام أجهزة القياس بطريقة صحيحة مع الخدمة الدورية والتنظيف والمعايرة. إن المراجعة الدورية للأداء يجب إجرائها (على سبيل المثال مراجعة الاستجابة - الثبات - خطية المصادر - المجسات والكواشف - كفاءة الفصل فى الأنظمة الكروماتوجرافية - تفكك - اشتقاق ودقة طول الموجة لأجهزة قياس الطيف.. إلخ) ويمكن تحديد تكرارية مراجعة أداء الأجهزة بالخبرة أو عند الحاجة أو بملاحظة نوع الأداء السابق للأجهزة. ويجب أن تكون الفترات بين المراجعات أقصر من الوقت التى يأخذها الجهاز ليحدد خارج الحدود المقبولة.

٤- وعندما تكون المؤشرات الفيزيائية حرجية للأداء الصحيح لاختبار محدد فإن المعمل يجب أن يستخدم مادة قياسية لهذا الغرض كوسيلة للمعايرة. والمواد القياسية المرجعية وما يصاحبها من شهادات يجب تخزينها واستخدامها بطريقة متكررة للحفاظ على حالة المعايرة. ويجب إعطاء الاهتمام لأية نصيحة عن التخزين تكون فى الوثائق المرفقة بالمواد القياسية. ويجب استخدام المواد القياسية المرجعية المستخدمة فى القياس بالمعمل فى أغراض المعايرة فقط وليس لأى غرض آخر ويجب معايرتها بمادة يمكن أن تدل على التطابق مع معايير القياس المحلية أو العالمية ويجب أن تخضع أجهزة الاختبار للمراجعة أثناء الخدمة بين المعايرات المنتظمة. ويجب أن تكون المواد المرجعية كلما أمكن مطابقة للمعايير المحلية والدولية للمواد المرجعية.

ويجب توافر التعليمات الحديثة للعاملين المعينين بالمعمل عن استخدام وصيانة الأجهزة متضمناً أية أدلة معينة 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. وربما كان من الضروري اتخاذ إجراءات إضافية عند استخدام أجهزة القياس خارج النطاق الدائم للمعمل لأغراض الاختبارات والمعايير أو تجميع العينات .

يجب استبعاد 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 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 معايرت سابقة وأن يعد طريقة عن "ضبط الأعمال غير المتوافقة".

يجب وضع ملصق ورقم على كل الأجهزة تحت سيطرة المعمل والتى تحتاج إلى معايرة أو تميز لتبين حالة وتاريخ المعايرة عندما يحين ميعاد إعادة المعايرة.

عندما يستخدم الجهاز لأى سبب من الأسباب لفترة خارج سيطرة المعمل المباشرة فإن على المعمل التأكد أن حالته الأداء والمعايرة قد تم مراجعتهما وكانتا مرضيتين قبل إعادة الجهاز للخدمة مرة أخرى.

وعلى المختبر التأكد من أن المتطلبات المذكورة فى هذا الدليل قد استوفيت عند استخدام الحاسبات أو أجهزة الاختبار الأوتوماتيكية لجمع أو معالجة أو تسجيل أو أعداد تقارير أو تخزين أو استرجاع نتائج التحاليل.

وعندما يتطلب الأمر المراجعة للاطمئنان على حالة الأجهزة المعايرة فإن هذه المراجعة تجرى دورياً طبقاً لطريقة عمل محددة وعندما تودى

المعايير إلى مجموعة من عوامل التصحيح فيجب على المختبر أن يكون لديه طرق العمل التى تضمن أن أى نسخة (على سبيل المثال فى برامج الحاسب) قد تم تحديثها بطريقة صحيحة. إن أجهزة الاختبار والمعايرة بما فى ذلك الأجهزة والبرامج يجب حمايتها من أى تعديلات تبطل نتائج اختباراتها.

- يجب أن يزود المعمل بكل الأجهزة اللازمة للأداء الصحيح للاختبارات
- يجب 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.
- تواريخ ونتائج ونسخ من التقارير والشهادات لكل المعايير والضبط ومعايير القبول والوقت المحدد للمعايرة التالية.
- التى تتطلب معايرة كجزء من التشغيل العادى يجب معايرتها باستخدام كيمائيات بدرجة نقاوة معلومة وكافية أو باستخدام مواد مرجعية معروفة التركيب.
- يجب أن تكون الطرق المستخدمة لإجراء المعايرة كافية التوثيق والتطبيق إما كجزء من الطرق التحليلية المحددة أو كوثيقة عامة للمعايرة ، ويجب أن يبين التوثيق كيف تجرى المعايرة ومتى يكون ضرورياً إجراء المعايرة والإجراءات التى تتخذ فى حالة فشل المعايرة، وغالباً ما يذكر الفترات التى يتم عليها إجراء المعايرة وإعادتها على المواد القياسية.

يجب تصميم البرنامج الشامل لمعايرة أجهزة القياس فى المعامل بطريقة تضمن صلاحية البرنامج وقابلية التطبيق مفهوم لتتبع كل القياسات من خلال شهادات يحتفظ بها المختبر لمواد قياسية محلية أو دولية أو مواد مرجعية. وعندما لا يتوافر مثل تلك المواد القياسية أو المواد المرجعية المصحوبة بشهادات فإنه يمكن اختيار مادة بخواص وثبات مناسبين واستخدامها كمادة

مرجعية للمعمل. والخواص المطلوبة لمثل هذه المادة يجب أن يميز بإعادة الاختبار ومن المستحسن بأكثر من معمل وباستخدام طرق متعددة.

- تستخدم المواد القياسية بشكل عام لضمان القابلية للتتبع وفقاً لمعايير محلية أو دولية للأجهزة المستخدمة في القياس المباشر للخواص الأساسية (على سبيل المثال الكتلة - درجة الحرارة - الوقت) أو خواص اشتقاقية أبسط مثل الحجم. وهذه الخواص لها تأثير هام على نتائج التحاليل.

- عادة تعرف الأجهزة في الطرق القياسية المحلية والدولية وتستخدم المواد المرجعية القابلة للتتبع لأغراض المعايرة عندما تكون متاحة. وعلى المعمل مراجعة الأجهزة المقتناة حديثاً قبل الاستخدام لضمان توافقها مع التصميم المحدد والأداء والأبعاد المطلوبة.

- الأجهزة مثل الكروماتوجراف وأجهزة قياس الطيف وجهاز قياس طيف الامتصاص الذري والتي تتطلب معايرة كجزء من التشغيل العادي يجب معايرتها باستخدام كيموايات بدرجة نقاوة معلومة وكافية أو باستخدام مواد مرجعية معروفة التركيب وغالباً فإنه من غير الممكن في التحاليل الكيميائية معايرة مؤشرات فردية ضمن الطريقة. وفي هذه الحالات ربما يكون ممكناً تتبع المعايرة للطريقة باستخدام مواد مرجعية مزودة بشهادات وتخضع هذه المواد لنفس خطوات معاملة العينات. وتستخدم درجة الاتفاق بين القيمة التي حصل عليها للمادة المرجعية والقيمة الموجودة في الشهادة الخاصة بها لتحديد دقة النتائج التي يحصل عليها للعينات المجهولة.

ويجب إعداد برامج معايرة فردية تعتمد على متطلبات محددة للتحاليل وأيضاً ربما يكون ضرورياً مراجعة معايرة الجهاز بعد كل إغلاق سواء كان ذلك الإغلاق متعمداً أم لا. وكذلك بعد كل خدمة أو صيانة أساسية.

إن مستوى وتكرارية المعايرة يجب أن تكون على الأقل مثل ما يوصى به المصنع.

ويجب أن تكون الطرق المستخدمة لإجراء المعايرة كافية التوثيق والتطبيق إما كجزء من الطرق التحليلية المحددة أو كوثيقة عامة للمعايرة، ويجب أن يبين التوثيق كيف تجرى المعايرة ومتى يكون.

صيانة الأجهزة :

- على المعمل أن يبرم عقود صيانة سنوية للأجهزة التي بحوزته وخصوصا الكبيرة التي تتطلب قدرة فنية خاصة للإصلاح أو الضبط أو الصيانة الدورية. وذلك عن طريق مهندسي الصيانة المعتمد من الشركة المصنعة للأجهزة أو من خلال العاملين المهرة وذلك للحصول دوماً على أفضل ظروف تشغيل لهذه الأجهزة. ويتطلب الأمر:
- وجود خطة للصيانة الدورية للأجهزة المستخدمة.
- تنظيف ومراجعة إجراءات الأمان لأجهزة الخدمة العامة.
- صيانة ومعايرة أجهزة القياس الحجمي بطريقة مناسبة.
- 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 وخطة 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 و الاحتفاظ بسجل له.
- من الضروري اتخاذ إجراءات إضافية عند استخدام أجهزة القياس خارج النطاق الدائم للمعمل لأغراض الاختبارات والمعايرات الخارجية أو تجميع العينات،

- على المعمل أن يختبر تأثير العيب أو الحيود من الحدود المحددة على اختبارات أو معايير سابقة وأن يعد طريقة عن " ضبط الأعمال غير المتوافقة".

تنظيم وتخطيط أنشطة المعمل

إستراتيجية جمع العينات يجب أن تتوافر إستراتيجية لجمع العينات تحتوى تفصيليا على النقاط التالية:

- 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 وتحضيرها إن الاختبارات التحليلية ربما تكون لعدة أغراض منها تحديد قيمة متوسطة لمؤشر فى عينة أو تحديد صورة عن قيمة تركيز المؤشر عبر عينة أو لتحديد تلوث محلى فى العينة، وبوضوح فإن طريقة أخذ العينة سوف يعتمد على سبب التحليل.

وإذا 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 أجريت التحاليل بعناية. وربما تعتمد النتائج النهائية على الطريقة التحليلية المستخدمة ولكنها ستعتمد دائماً على عملية أخذ العينات.

وإذا تطلبت إجراءات تحسين الطرق التحليلية استخدام كميات أقل من العينة فإن الخطأ المصاحب عند أخذ العينة سوف يزداد أهمية ولا يمكن ضبط الخطأ الناشئ عن أخذ العينات باستخدام مواد قياسية أو مرجعية وطريقة أخذ العينات هي دائماً مصدر للخطأ وفي العديد من المجالات الخاصة بالتحاليل فإن المشاكل المصاحبة عند أخذ العينات قد أشير إليها ووثقت الطرق ونشرت ويجب على المحللون أن يرجعوا إلى الطرق القياسية العالمية كلما كان ذلك ملائماً. وعندما لا تتاح طرق معينة فإن على المحلل أن يعتمد على الخبرة أو يطوع طرقاً أخرى مطبقة في أغراض مشابهة. وفي حالة الشك فإن المادة مجال التحليل وأي عينات تؤخذ منها يجب معاملتها دائماً على أنها متباينة.

إن اختيار عينة أو عينات ملائمة من كميات كبيرة من المادة هي مرحلة هامة في التحاليل الكيميائية. وهي نادراً ما تكون أمراً مباشراً. وفي الحالة المثالية إذا كانت النتائج النهائية ذات قيمة عملية يجب إجراء مرحلة أخذ العينات بواسطة أو تحت إشراف أخذ عينات ماهر ذو دراية بمحتوى التحاليل الكلية وهذا الشخص غالباً ما يكون محلاً أو أحد المدربين المتخصصين في أخذ العينات. وحيث أنه ليس عملياً الاستعانة بالأشخاص المهرة في مجرد أخذ العينات فإن المعمل يشجع التعاون مع العميل وإعطائه النصيحة وربما المساعدة العملية للتأكد من أن العينات التي يجلبها العميل مناسبة بقدر الإمكان.

هناك قواعد هامة يجب إتباعها عند تصميم وإعداد أو إتباع إستراتيجية لجمع العينات:

أ. يجب تفهم الغرض من التحاليل ويصمم طريقة أخذ العينات وفقاً لذلك وتعتمد إستراتيجية اخذ العينات على طبيعة المشكلة على سبيل المثال.

- إذا كان متوسط تركيز المؤشر المراد تحليله في العينة مطلوباً.

- إذا كان توزيع العنصر المراد تحليله في العينة مطلوباً.
- إذا كان من المتوقع أن تكون العينة ملوثة بعنصر معين ومن المحتمل أن تكون هناك عوامل غير تحليلية مثل طبيعة المنطقة المختبرة.

ب. من الخطأ افتراض أن كل العينات متجانسة حتى وإن بدت كذلك وعندما تكون العينة في اثنين أو أكثر من الأطوار الفيزيائية فإن توزيع المادة المراد قياسه ربما يتغير في كل طور وربما كان من الملائم فصل الطورين ومعالجه كل منهما كعينة منفصلة وبالمثل ربما كان من الملائم خلط الطورين معاً والعمل على تجانسهما في طور واحد. وفي المواد الصلبة ربما يكون هناك تفاوتاً ملحوظاً في 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 في العينة الصلبة عندما تتعرض أجزاء من العينة لإجهادات مختلفة.

ج. يجب الأخذ في الاعتبار عند تصميم إستراتيجية أخذ العينات خواص المادة المراد تقديرها وربما كان من المهم الأخذ في 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 في طبيعة العينة والتي ربما تؤثر على النتائج النهائية.

يجب أخذ مفهوم الخطأ الوزني أو الحجمي في الاعتبار عند أخذ العينة وكذلك أية أجهزة تحتاج لمعايرة دقيقة. وربما كان من الملائم إضافة كيمواويات كمواد حافظة مثل الأحماض ومضادات الأكسدة

على العينات لتثبيتها وهذا على درجة عالية من الأهمية فى تحليل التركيزات المتناهية فى الصغر عندما تكون هناك خطورة من إدمصاص المواد المراد تقديرها على جدران العبوات المستخدمة لتخزين العينات.

د. ربما كان من الضروري الأخذ فى الاعتبار الاستخدام والقيمة للمادة الأصلية المتبقية بمجرد جمع العينة للتحليل ويعتبر جمع العينات بطريقة سيئة تؤثر عليها بحيث تجعلها عديمة القيمة والنفع.

هـ. يجب أن يكون لدى المعمل خطة وإجراءات لجمع عينات مياه الشرب.

و. يجب توافر خطة وطريقة جمع العينات عن الموقع المراد اختباره. ومما كانت الإستراتيجية المستخدمة لجمع العينات فإنه من الأهمية الحيوية أن يحتفظ المسئول عن جمع العينة بسجل واضح للإجراءات المتخذة بالترتيب حتى يمكن من التكرار المتماثل ويجب توثيق إجراءات جمع العينات بطريقة كاملة ودورية.

ز. عندما تجمع أكثر من عينة من نفس المكان ربما يكون من المفيد أن يحتوى التوثيق على شكل يوضح مكان جمع العينة، وذلك يجعل من السهل تكرار جمع العينات من نفس المكان إذا تطلب الأمر ذلك فى وقت لاحق وكذلك ربما يساعد فى الوصول إلى استنتاجات من نتائج التحاليل.

ح. عندما يكون المعمل غير مسئولاً عن مرحلة جمع العينات يكون من الملائم أن يذكر فى التقرير أنه قد تسلم العينة وقام بتحليلها.

أما إذا كان المعمل قد قام بإجراء مرحلة جمع العينات فيكون من الملائم ذكر طريقة العمل التى استخدمت وأية ملحوظات قد يكون لها تأثير على النتائج.

يجب أن تختار طريقة تعبئة العينة والأجهزة المستخدمة للتعامل مع العينة بحيث تكون كل الأسطح التى تلامس العينة خاملة ويجب أن يعطى اهتمام خاص لاحتمال تلوث العينات عن طريق ذوبان الفلزات أو المبيدات من جدران الوعاء أو غطاءه ويجب أن تضمن طريقة تعبئة العينة عدم التسبب فى أية أخطار كيميائية أو بيولوجية ويجب أن تكون التعبئة والتغطية كافية لضمان عدم تسرب العينة من الوعاء أو تلوثها.

وفى بعض الظروف على سبيل المثال عندما تجمع العينة لأغراض قانونية فإن 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.

إن الملصق الذى يوضع على العينة يعد مظهراً مهماً للتوثيق ويجب أن يميز العينة بشكل واضح وما يرتبط بها من خطط وملاحظات.

ووضع ملصق على العينة عملية مهمة فى العمليات التحليلية عندما يتطلب الأمر تقسيم أو توزيع العينة إلى عينات أخرى أو عندما تعدل الطريقة، وتحت هذه الظروف فإنه من الملائم إضافة معلومات إضافية أخرى مثل المرجعية إلى العينة الرئيسية وأى عمليات أخرى تستخدم لاستخلاص أو تقسيم العينة ويجب أن يثبت الملصق على العبوة بطريقة مناسبة وأن يكتب بوسيلة لا تسمح ببهتان الكتابة ولا يؤثر انسكاب العينة أو المحاليل أو ارتفاع الحرارة أو الرطوبة عليها.

وهناك متطلبات معينة فى وضع الملصق والتوثيق بالنسبة للعينات المستخدمة فى التقاضى وربما يضاف ملصق إضافي لتوقيع الأشخاص الذين تعاملوا مع العينة (من أخذ العينة ومن قام باختيارها وتحليلها وعادة ما يتبع أسلوب تسلسل الحيازة للعينة) وما يشمله من توثيق كإيصال الاستلام الذى يظهر أن أحد التوقيعات المبينة على الملصق يدل على من قام بنقل العينة إلى الخطوة

أو الشخص صاحب التوقيع التالي وهذا يدل على الحفاظ المستمر على العينة.

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 تلوث أو تتلف العبوة وأختامها.

ويجب تجنب الظروف البيئية القاسية التي قد تغير من تكوين العينة (على سبيل المثال فقدان المادة عن طريق التحلل أو الإدمصاص) ويجب استخدام مستوى ملائم من الأمان يحد من وصوله 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 بعد انتهاء الغرض منها ويجب أن يأخذ أسلوب التخلص في الاعتبار الإرشادات السابق ذكرها.

ويجب على المعمل أن يكون لديه إجراءات لتسجيل كل البيانات والعمليات المتعلقة بأخذ العينات والتي تشكل جزءاً من التحاليل التي يجريها وهذه السجلات يجب أن تحتوى على الإجراءات المتبعة لأخذ العينات والتعرف على أخذ العينات والظروف البيئية (إذا كان لها علاقة) والتخطيطات أو الوسائل المكافئة للتعرف على موقع أخذ العينات وإذا اقتضت الضرورة الإحصائيات التي بنيت عليها طرق أخذ العينات.

ويجب أن يكون لدى المعمل إجراءات لنقل واستقبال والتعامل والمحافظة والتخزين والتخلص من العينات متضمناً كل الشروط التي تحافظ على تكامل العينات المختبرة.

ويجب أن يكون لدى المعمل نظام للتعرف على المواد المختبرة وهذا التعرف يجب الحفاظ عليه خلال فترة بقاء العينة بالمعمل. ويجب أن يصمم النظام

ويدار بطريقة تضمن عدم الخلط عندما يشار للعينات فى السجلات ويجب أن يتضمن النظام إذا كان ذلك ملائماً أقسام من مجموعات المادة المختبرة وطريقة نقلها داخل وخارج المعمل.

وعند استقبال العينات للاختبار أو المواد للمعايرة فيجب تسجيل أى انحراف أو حيود أو اختلاف عن المعتاد من الظروف المحددة المعتادة وعندما يكون هناك شك فى ملائمة المادة أو العينة للاختبار أو المعايرة أو عندما لا يتوافق أى اختبار مع ما هو موصوف وعندما لا يذكر طريقة الاختبار أو المعايرة المستخدمة بالتفصيل الكافي فإن المختبر عليه أن يراجع العميل لمزيد من التعليمات قبل الشروع فى التنفيذ وعليه أن يسجل المناقشة.

وعلى المعمل أن يكون لديه الإجراءات والتسهيلات الملائمة لمنع تدهور أو فقدان أو فساد العينات المرسلة للتحليل أو المعايرة خلال فترة التخزين والتعامل والتحضير وأن يتبع التعليمات المصاحبة للعينات. وعندما تخزن العينات تحت ظروف بيئية محددة فإنه يجب المحافظة على هذه الظروف ورصدها وتسجيلها وعندما تحفظ عينة الاختبار أو المعايرة أو جزءاً منها حفاظاً آمناً (على سبيل المثال لأسباب التسجيل والأمان أو القيمة أو لتمكن من إجراء تجارب مكملية أو لإجراء المعايرة فى وقت لاحق) يجب على المختبر أن يتخذ إجراءات التخزين والأمان التى تحمى الظروف والتكامل للعينة أو الجزء المعني منها.

إستراتيجية التحاليل :

١ - لابد من استخدام طرق تحاليل موثقة كما لابد أن تحتوي خطوات العمل فى هذه الطرق على المطلوب تطبيقه من خواص الأداء مثل مقياس الضبط (precision) ومقدار الدقة (accuracy) و حد 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.
- ٥- حتى العاملين من ذوي الخبرة العالية يمكن أن تقع منهم أخطاء وفي هذه الحالة نجد أن خطوات العمل تكون خارج السيطرة.

الفصل الثاني عشر

إعداد وتداول وحفظ التقارير والسجلات والوثائق

الفصل الثانى عشر

إعداد وتداول وحفظ التقارير والسجلات والوثائق

أهداف التدريب (التعلم):

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

- يذكر الإجراءات التى تتضمن عليها عملية اعتماد وإصدار الوثائق.
- يذكر إجراءات تعديل الوثائق.
- يشرح جميع إجراءات التحكم فى السجلات والتعريفات الخاصة بإدارة السجلات.
- يذكر الأنواع المختلفة للسجلات والفرق بينها.
- يشرح أهمية تسجيل النتائج العملية ويذكر التفاصيل التى يجب أن تتضمنها هذه السجلات.

مقدمة

يقوم المعمل بإعداد وتوثيق إجراءات للتحكم وإخضاع 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 الإلكترونية مكتوبة بطريقة مناظرة أو بطريقة رقمية أو فوتوغرافية أو خطية.

إجراءات التحكم**١ - إجراءات اعتماد وإصدار الوثائق:****فى حفظ وتداول****الوثائق**

وتتضمن إجراءات اعتماد وإصدار الوثائق ما يلى:

- كيفية الإصدار والمراجعة قبل الإصدار والاعتماد لكل الوثائق مثل السياسة والأهداف ودليل الجودة ووثائق الإجراءات وتعليمات العمل والنماذج والسجلات.
- تمييز الوثائق
- إعداد القوائم الرئيسية لإصدارات الوثائق المختلفة
- توزيع الوثائق فى مواقع الاستخدام
- المراجعة الدورية للوثائق

٢ - إجراءات تعديلات الوثائق

وتتضمن إجراءات تعديلات الوثائق ما يلى:

- مراجعة وموافقة المصدر
- كيفية إدخال التعديل فى الوثائق
- التعامل مع الوثائق الملغاة
- تمييز التغيير إذا كان باليد بالتوقيع والتاريخ
- كيفية إجراء التعديلات وحفظها على الحاسب الآلى.

٣ - التحكم فى السجلات

إن السجلات كنوع خاص من الوثائق توفر الدليل على المطابقة مع المتطلبات وفاعلية التشغيل لنظام الإدارة والنشاط الفنى للمعمل.

ويجب على المعمل إعداد إجراءات موثقة لتعريف وتجميع وفهرسة وحفظ وتخزين وصيانة والتخلص من السجلات كالاتى:

تعريف/ تمييز السجلات:

حيث يتم تمييز السجلات بأرقام نماذج فريدة لكل سجل.

حصر السجلات:

حيث يتم حصر السجلات المستخدمة فى قائمة السجلات وذلك لضمان توزيع النماذج المعدلة على جميع مواقع الاستخدام المعنية وضمان التطبيق الصحيح لها طبقا نظام الإدارة.

جمع وفهرسة السجلات:

يتم تجميع وفهرسة السجلات فى ملفات نظيف وسليمة بأسلوب يضمن سهولة الوصول إليها

حفظ السجلات:

تحفظ ملفات السجلات بطريقة منظمة ومرتبطة دون تكديس فى تجهيزات المعمل فى الفترة التى يتطلبها العمل من أجل سهولة الاستعمال والاستدعاء السهل عند الطلب، وتعرف السجلات بالشكل الذى يسهل معرفتها، ويتم حفظ سجلات المعمل إما ورقيا أو بوسائل الكترونية.

حماية وصيانة السجلات:

مسئولية مدير المعمل توفير 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 العليا لضمان خصوصية وسرية معلومات العملاء.

يقوم المعمل بإعداد إجراءات لحماية ونسخ السجلات المخزنة الكترونيا لمنع التداخل أو التعديل غير المسئول لهذه السجلات.

استدعاء السجلات:

يتم الاستدعاء السهل للسجل من خلال التنظيم والترتيب وتحديد المسئول والتميز الفريد وعدم وضع السجلات فى غير أماكن تخزينها وعدم حفظ السجلات فى دواليب خاصة لمنع وجود عقبات تعرقل سرعة العمل وانسيابية استدعاء البيانات عند الطلب.

فترة الاحتفاظ بالسجلات

تحدد فترة الاحتفاظ بالسجلات بحيث يتم استدعاء وتتبع أى بيانات مطلوبة عن فترات سابقة.

التخلص من السجلات:

يتم تحديد كيفية التخلص من السجلات بعد انتهاء فترة الاحتفاظ المحدودة.

أنواع السجلات:

تتقسم السجلات إلى نوعان رئيسيان هما:

سجلات الجودة:

وتتضمن تقارير عمليات المراجعة الداخلية ومراجعات الإدارة وسجلات الإجراءات التصحيحية والوقائية.

السجلات الفنية:

وهي عبارة عن تجميع البيانات والمعلومات الناتجة من إجراء الاختبارات والمعايير الداخلية التي 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 ومذكرات العمل وأوراقه والردود الواردة منه.

ويحتفظ المعمل بدفاتر القراءات الأصلية والبيانات المشتقة منها ومنحنيات الجودة وشهادات المعايرة وملاحظات العملاء والحسابات الأولية وملاحظات الاختبارات وتتبع الأجهزة المعنية وتفاصيل العينات ومعلومات كافية لتتبع أثر المراجعة الداخلية وسجلات معايرة أجهزة المعمل والأفراد ونسخة من كل تقرير اختبار. وتقوم إدارة المعمل بتحديد مدة الحفظ لهذه السجلات (وعادة يتم الاحتفاظ بهذه السجلات لمدة لا تقل عن ٥ سنوات).

وسجلات كل اختبار بالمعمل تحتوي على المعلومات الكافية لتسهيل - كلما كان ممكناً - تحديد العوامل المؤثرة على مقدار الالايقين وكذلك إمكانية إعادة الاختبار تحت ظروف أقرب ما يمكن من الظروف الأصلية، كما تحتوي سجلات المعمل على أسماء الأفراد المسؤولين عن أخذ العينات وأداء كل اختبار وفحص النتائج ويتم تسجيل القراءات والحسابات في نفس وقت إجراء الاختبار تحت إشراف أعلى.

ويجب تسجيل النتائج في دفاتر الملاحظات بالحبر، وعند حدوث أخطاء في السجلات لا يتم محوها ويتم شطب الخطأ بما يجعله مقروء وتسجل القيمة الصحيحة أعلاه مع التوقيع عليها من الفرد الذي أجرى التصحيح.

وفي حالة النتائج التي يحصل عليها بواسطة الحاسب الآلي فإن نفس المعايير يجب اتخاذها منه فقد أو تغيير النتائج الأصلية ويمكن إيجاد 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 مسؤوليته، لذا وجب إعداد العديد من السجلات والتقارير المتعلقة بنشاط المعمل:

جدول رقم (١٢ - ١)
دفتر تدوين بيانات العينة في الموقع

رقم العينة:
مكان جمع العينة:
حالة العينة: ملونة - عكرة.... الخ
الاختبارات المطلوبة معمليا:
الاختبارات التي أجريت بالموقع:
المواد الحافظة المضافة:
تاريخ ووقت جمع العينة:
نوع العينة: خطافية - مجمعة
نقل العينة:
اسم القائم بجمع العينة:

جدول رقم (١٢ - ٢)
تقرير تسلسل الحيازة

رقم العينة:
توقيع من قام بجمعها:
تاريخ وزمن التجميع:
موقع العينة:
اسم من قام بنقل العينة:
تاريخ الاستلام:
وقت وصول العينة للمعمل:
اسم مستلم العينة:
وقت بدء تحليل العينة:
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 التي تمت.
٤. طريقة التشغيل.

ويشمل سجل حالة الجهاز على المعلومات الآتية:

جدول رقم (١٢ - ٣)

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 الأجزاء الملحقة به:
مكان وضع الجهاز:
الكاتالوجات المرفقة:
نوع وتوقيت الصيانة التي تمت:
تاريخ المعايرة:
اسم المسئول عن الجهاز:

جدول رقم (١٢ - ٤)
تقارير نتائج تحليل العينات

رقم العينة:	
مصدر العينة:	
تاريخ تحليل العينة:	
التحليل:	
الطريقة المستخدمة:	
وحدة القياس:	
النتيجة:	
اسم المحلل:	
التوقيع:	
مراجعة:	
التوقيع:	
التاريخ:	

جدول رقم (١٢ - ٥)

النتائج التفصيلية لتحليل العينات

رقم العينة:
نوع العينة:
تاريخ ووقت التحليل:
حجم العينة المستخدمة (مليلتر) (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:

جدول رقم (١٢ - ٦)

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 المحلل 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 الجدولين الآتيين نموذجان لتسجيل نتائج تحليل الأكسجين الحيوي الممتص تسجيل نتائج تحليل الزيوت والشحوم فى عينة مياه.

جدول رقم (١٢ - ٧)

نموذج تسجيل نتائج تحليل الكلوريد في عينة مياه شرب

تاريخ جمع العينة:

تاريخ وضع العينة في الحضانة:

تاريخ إخراج العينة:

رقم العينة			
رقم العبوة			
التجربة الأولى	التجربة الثانية	التجربة الثالثة	حجم العينة
			حجم عينة الماء المستخدمة في التحليل (سم) (أ)
			حجم محلول نترات الفضة المستهلك في المعايرة (سم ^٣) (ب)
			حجم محلول نترات الفضة المستهلك في البلاتك (سم ^٣) (ج)
			حجم محلول نترات الفضة المكافئ للكلوريد (سم ^٣) (ب - ج)
			متوسط حجم محلول نترات الفضة المكافئ للكلوريد (سم ^٣) (د)
			تركيز الكلوريد (مجم/لتر) = (د) x ع x ٣٥,٥ x 1000 / (أ)
			حيث ع عيارية محلول نترات الفضة

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 والفهرسة والوصول والتخزين والمحافظة والتخلص من كل سجلات الجودة والسجلات التقنية ويجب المحافظة على كل السجلات وتخزينها في مكان مناسب يجنبها الأضرار أو التدهور والفقء. ويجب الاحتفاظ بهذه السجلات لمدة لا تقل عن ٥ 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 وتفصيل العينات ويجب تسجيل النتائج في دفاتر الملاحظات بالحبر ولا تمحى ولا تحذف أية أخطاء بل تشطب ويجب توقيع السجل من المحلل. وفي حالة النتائج التي 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 الاطلاع أو التعديل فى البيانات المسجلة.

تقارير الاختبارات**Test reports**

يجب أن تسجل الأعمال التى يجريها المعمل فى تقارير وان تظهر بوضوح ودقة وموضوعية وبدون لبس نتائج الاختبارات وأية معلومات ذات صلة وكل تقارير للاختبارات يجب أن يحتوى على الأقل على المعلومات الآتية:

١. اسم وعنوان المعمل ومكان إجراء التحليل إذا كان مختلفا عن عنوان المختبر.
٢. تعريف فريد بالتقرير مثل إعطائه رقما مسلسلا ولكل صفحة وعدد الصفحات الكلى للتقرير.
٣. اسم وعنوان العميل.
٤. وصف وتعريف بالمادة التى تم تحليلها.
٥. تاريخ استلام العينة وتاريخ إجراء التحليل.

٦. تعريف بمواصفات الاختبار أو وصف للطريقة المستخدمة فى التحليل.
٧. وصف لطريقة جمع العينة التى أجريت بواسطة المعمل أو جهة أخرى عندما يكون ذلك له علاقة بتطبيقات النتائج.
٨. أى إضافات أو حيود أو استبعاد عن مواصفات الطريقة وأى معلومات أخرى ذات علاقة بالاختبار.
٩. تعريف بأى اختبار أو طريقة غير قياسية تكون قد استخدمت.
١٠. الظروف البيئية السائدة وقت أخذ العينة والتى قد تؤثر فى تفسير نتائج الاختبار.
١١. قياس وفحص واشتقاق النتائج مدعمة بالجدول والرسومات والأشكال التوضيحية والصور كلما أمكن وأية قصور تم التعرف عليه.
١٢. وحدات القياس المستخدمة.
١٣. تصريح عن قياس اللايقين (Uncertainty).
١٤. توقيع ووظيفة أو تأشيرة الشخص الذى قبل المسؤولية التقنية لإصدار التقرير.
١٥. تصريح بأن النتائج مقصورة على المواد التى حلت بدون موافقة كتابية من المعمل
١٦. تصريح بأن التقرير لن يعاد إصداره فى صورته ماعدا إصداره كاملاً.

ويجب أن يولى ترتيب تقرير الاختبار عناية خاصة وخصوصاً فيما يتعلق بتقديم نتائج الاختبار وسهولة فهمه بالقارئ. ويجب أن يصمم شكل التقرير بعناية ودقة لكل نوع من الاختبارات ولكن تبقى العنواين موحدة كلما أمكن.

إن شكل التقرير يجب أن يصمم بحيث يشمل كل نوع من الاختبارات التى تجرى وللتقليل من إمكانية الخطأ أو سوء الاستخدام. ويعطى اهتمام 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 اللتين يحتويهما تقرير الاختبار ربما يكون محتويا وليس قاصرا على:

- الرأى عن توافق النتائج مع المتطلبات.
- توصيات بكيفية استخدام النتائج.
- الإرشادات المستخدمة للتحسين.

وعندما يحتوى تقرير الاختبار نتائج اختبارات أجريت بواسطة معمل آخر (من الباطن) يجب الإشارة إلى ذلك بوضوح. وعندما تجرى المعايرة من الباطن فإن المعمل الذى أدى العمل يجب إصدار شهادة معايرة للمعمل الذى يصدر التقرير.

يجب ان تخضع الحسابات ونقل البيانات إلى مراجعة ملائمة بطريقة منتظمة. وعند استخدام الحاسب الآلى أو أجهزة آلية فى معالجة وتسجيل وإعداد البيانات وتخزينها لاسترجاع بيانات الاختبار والمعايرة يجب على المختبر ان يضمن:

١. أن توثق البرامج التى أعدت بطريقة مسهبة كافية وقابلة للتطبيق وتراجع للتأكد من كفايتها للاستخدام.

ضبط البيانات

Data control

٢. 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 الاستخدام 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 (التي تصدر داخليا أو من مصادر خارجية) والتي تشكل جزءا من توثيق الجودة. وهذه تشمل وثائق خارجية المصدر مثل التعليمات والمقاييس ووثائق المعايرة وطرق المعايرة والاختبار وكذلك الرسومات والمواصفات والإرشادات والأدلة والتصريحات المتعلقة بالسياسة العامة للمختبر وجدول 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 التي تصدر للعاملين بالمعمل كجزء من نظام الجودة للاستخدام بالأشخاص 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 استخدام أو عدم تطبيق أو إلغاء الوثائق ويجب على الطرق المستخدمة أن تضمن أن:

١. النسخة الرسمية للوثائق الملائمة متاحة فى كل المواقع عندما يكون ذلك لازماً للتشغيل والأداء الفعال فى المعمل.
٢. مراجعة الوثائق بصورة دورية وإعادة إصدارها إذا كان ذلك ضروريا لضمان ملائمتها بصورة مستمرة والإلزام بالمتطلبات القابلة للتطبيق.
٣. الوثائق الملغية وغير المطبقة يجب إزالتها فوراً من كل نقاط الإصدار أو الاستخدام أو التأكيد على عدم الاستخدام المقصود.
٤. الوثائق المتقدمة الواجب الاحتفاظ بها لأغراض قانونية أو للمعرفة يجب تمييزها بطريقة مناسبة.

ويجب أن تميز وثائق نظام الجودة الصادرة من المعمل بطريقة فريدة وهذا التعريف يجب أن يتضمن تاريخ الإصدار والتعريف بالتتبع وعدد الصفحات أو علامة تبين نهاية الوثيقة وجهة الإصدار. 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 عملياً فإن طبيعة التغيير يجب تمييزها فى الوثائق أو ملحقاتها الملائمة. ويجب إعداد طرق تصنف كيف أن التغيرات فى الوثائق المسجلة على أنظمة الحاسب قد تم إجراؤها وضبطها.

استخدام الحاسبات

تستخدم الحاسبات فى معامل التحاليل الكيميائية فى مجالات عديدة منها:

١. ضبط الظروف البيئية الحرجة.
٢. رصد وضبط القوائم.
٣. تحديد مواقيت المعايرة والصيانة.

٤. بيان المخزون من الكواشف والمواد القياسية.
٥. تصميم وأداء التجارب الإحصائية.
٦. جدول العينات ومراقبة العمل
٧. إصدار منحنيات الجودة.
٨. رصد طرق الاختبارات.
٩. السيطرة على الأجهزة الآلية.
١٠. النقاط وتخزين واسترجاع ومعالجة النتائج بطريقة يدوية أو آلية.
١١. مضاهاة نتائج العينة مع بيانات بالمكتبة.
١٢. إصدار تقارير الاختبارات.
١٣. الكتابة العادية.
١٤. الاتصالات.

وربما تستخدم الأسلاك والوصلات للربط بين أجزاء مختلفة فى الحاسب أو بين حاسبات مختلفة. ومن الضروري أن تختار الوصلات والأسلاك لتحقيق التطبيق المطلوب حيث انها يمكن ان 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 داخل دليل التشغيل ولكن يجب اتخاذ الاحتياطات الضرورية لتجنب الضرر الممكن حدوثه نتيجة تلوث كيميائى أو بكتيريولوجى أو تلوث بالأتربة أو الحرارة أو الرطوبة أو المجالات المغناطيسية.

ولأغراض صلاحية استخدام الحاسبات المستخدمة فى معامل التحاليل الكيميائية فانه عادة يكفى الافتراض بأن التشغيل يعتبر كافيا طالما تعطى إجابات متوقعة عند إعطاء محددات معروفة. ويجب ملاحظة أن بعض الأخطاء يمكن أن تحدث عندما تدخل بعض المحددات المعروفة. ويجب تحقيق قابلية التطبيق للعديد من العمليات الحسابية كلما أمكن.

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 والمستخدمه فى المراجعة الدورية المتكررة.

ويجب الأخذ فى الاعتبار أية توصيات صادرة عن المصنع. والطرق القابلة للتطبيق والمستخدمه 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 غير مسئولة. وفى معظم الأحوال البسيطة عندما يقوم الحاسب بدور أكثر قليلا من الآلة الكاتبة الاليكترونية فإن قابلية التطبيق يمكن التوصل إليها يدويا بمراجعة النسخ المطبوعة. 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 تنشيطها عندما يبدأ تشغيل الجهاز وعندما لا يكون البرنامج موجوداً يجب تمييز ومراجعة كل الأجهزة الطرفية. وفى معظم الظروف فإن قابلية التطبيق يمكن إجراؤها باختبار كل المظاهر المتعددة لأداء الجهاز باستخدام المحددات المعروفة مثل اختبار عينات مرجعية، مواد قياسية فيزيائية أو كيميائية للمعايرة أو عينات ضبط الجودة.

٣- المخارج من الأجهزة التحليلية تحتاج قبل معالجتها عادة ان تتحول إلى النظام الرقمي باستخدام محول رقمي. والبيانات الرقمية تترجم بعد ذلك إلى اشارة يمكن يميزها (مثل الأرقام - أطيفاق وقم لمحنيات 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.

والجبر هو مصدر عام عن الأداء وقابلية الأداء يجب أن تختبر المنطق وراء القرارات المأخوذة. وربما كان من الصعب تطبيق هذه الأنظمة فى الفصل بين أجهزة التحليل التى تعطى إشارات أصلية. وعادة فان قابلية تطبيق النظام بأسره باستخدام مواد قياسية كيميائية أو مواد مرجعية. وهذا القابلية للتطبيق عادة تقبل. وفى حالات استثنائية ربما يكون من الضرورى معرفة قابلية التطبيق لنظام معالجة البيانات بمعزل على الباقي وذلك بمعالجة الخارج من الجهاز باستخدام إشارة قياسية كهربائية. ويتوافر تجاريا مولد إشارات قابل لتتبع المقاييس الكهربائية وهذه أكثر ملائمة لدراسة قابلية التطبيق لمسجلات المنحنيات والتكاملات غير المحسوبة حيث أنها عادة تنتج انحراف فى الفولت.

والقدرة على إعطاء منحنى تخليقى ضرورى ليكون فى استخدام الحاسب المتكامل. ومن الضرورى معرفة قابلية تطبيق الحاسب وذلك بناء على نظام معالجة البيانات بتشغيله بالتوازي مع مسجل منحنى مؤشرى أو مكامل غير حسابى أو بمعايرته مع مولد إشارات قابل للتتبع. ويوجد حاليا أنظمة عديدة تحت التطوير تتكون من برامج قادرة على محاكاة مخرجات الأجهزة ذات المؤشر ولها استخدام هام كمقياس لقابلية التطبيق. ويلاحظ أن الإشارة الصناعية ليس لها نفس مستويات الضوضاء مثل الإشارة لعينة حقيقية وعليه يجب الاحتياط عند استخدامها فى معرفة قابلية التطبيق.

الأجهزة المشغلة باستخدام أنظمة حاسب ربما تتضمن واحد أو أكثر من الأمثلة السابق الإشارة إليها وتعمل إما بشكل آلي أو في وقت منضبط. ويجب إنجاز قابلية التطبيق بمعرفة التطبيق لكل مكون بالإضافة إلى المراجعة الكلية على المحاكاة بين المكونات المفردة والحاسب المتحكم. واهتمام بالتأكد من أن الحاسب والوصلات لها مقدرة كافية للغرض المطلوب. وفي حالة زيادة تحميل أى جزء من النظام يجب أن تقلل سرعته لمنع فقدان البيانات وحيث يمكن أن يكون لها عواقب وخيمة عندما يتضمن التشغيل روتين زمنى متتابع. ومثل هذه الأنظمة عادة يعرف مدى تطبيقها بمراجعة الأداء المرضى لها (متضمن الأداء تحت ظروف قاسية) وكذلك الثقة فى النظام قبل السماح بتشغيله.

ويجب أن يكون التقييم مبنيا على الأسباب المحتملة والتي تؤدي إلى تعطل الجهاز. وكلما أمكن فإن ضبط الأنظمة يجب أن يكون مصمما للتعرف وإعطاء الضوء على مثل هذه الأعطال والإشارة إلى النتائج المصاحبة. إن استخدام عينات ضبط الجودة والمواد القياسية على فترات من دفعات العينات يجب أن تكون كافية لرصد الأداء الصحيح على أساس يومي. إن الحساب الروتيني يمكن مراجعته باختيار قيم لمحددات معروفة. ويجب مراجعة النقل الاليكترونى للبيانات لضمان عدم حدوث تلف خلال النقل. ويمكن تحقيق ذلك على الحاسب باستخدام "ملفات إثبات" ولكن كلما كان عمليا يجب أن يكون النقل مدعوما بنسخة مطبوعة من النتائج.

٤ - ازداد شيوع أنظمة إدارة معلومات المختبر كطريقة لإدارة نشاط المختبر باستخدام الحاسب. وهذا النظام عبارة عن حزمة من البرامج تسمح بالجمع الإليكترونى والحسابات وهضم البيانات التحليلية والتي تستقبل مباشرة من أجهزة القياس المناسبة وتتضمن الكتابة وقاعدة بيانات وجدول وقدرات للمعالجة. ويمكن أن تؤدي عدد من الوظائف مثل تسجيل وتتبع العينات و معالجة البيانات المجمعة وضبط الجودة وضبط السيطرة المالية وإخراج التقارير. ومتطلبات قابلية التطبيق الخاص

تتضمن السيطرة على الوصول إلى مختلف الوظائف ومحاولات التفتيش على التعديلات في الكاتالوج وإدارة الملفات.

إجراءات التشغيل

عندما تكون البرامج منفصلة عن الحاسب ولها دليل تشغيل منفصل وطرق تشغيل مكتملة يجب أن يكون ذلك متاحا للمشغل. إن أى حيود عن الطريقة المطبقة يجب توثيقها إلى حد ملائم يسمح بإعادة الطريقة فى وقت لاحق. ويجب على المعمل توثيق أى طرق خاصة مرتبطة بالأمان وانقطاع التيار وإدارة الملفات (متضمنا الأرشفة وتصليح الملفات واسترجاعها) وكذلك قابلية التطبيق والتدريب.

حماية البيانات

يجب أن يتخذ المعمل الإجراءات الملائمة لحماية تكامل الحاسبات والبرامج وأى بيانات مصاحبة ويجب أن يتماشى ذلك مع القواعد المعمول بها محليا أو إقليميا أو دوليا لحماية البيانات. يجب أن يمنع المعمل الوصول غير المخول إلى الحاسبات وتتضمن الإجراءات المناسبة استخدام مناطق آمنة وإغلاق لوحة التشغيل واستخدام كلمات سر أو بصمة الصوت أو بصمة اليد ويمكن أيضا أن 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 أى 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 فأنها تكون أكثر عرضة للتغيير المتعمد أو العرض وكقاعدة عامة يجب عدم تخزين البيانات على الحاسب وكلما أمكن يجب نسخها وحفظها للمحافظة على تكاملها.

وعندما تتسخ ملفات البيانات لحفظها في الأرشفة يجب تخزينها بطريقة تقلل من فقدانها أو إفسادها والتخزين المناسب الآمن يكون ضد الحريق ومقاوم للمياه ومحمي من المجالات الكهربائية والمغناطيسية، ومتخصصو الأمان متوافرون. وعند نسخ الملفات يجب فصل النسخ بعضها عن بعض.

وعندما تكون هناك إتاحة ممكنة للبيانات فإن المختبر يجب ان يضيف ضمانات أمنية مناسبة بحيث لا تسمح بالتغيرات المتعمدة والعرضية يجب الإشارة إلى ذلك وإلقاء الضوء عليها. وكلما كان ممكنا يجب التفتيش على البرامج. وفي أنظمة برامج البيانات التجارية فإن أية معالجات ثنائية تنتج ملف "نتيجة" جديدة تاركة البيانات الأصلية دون تغيير.

وعندما يصعب الوصول إلى البرامج فإن أداء الأجهزة يمكن أن يكون قد تأثر بالأعطاب الميكانيكية أو الكهربائية ومن غير المحتمل في مثل هذه الظروف أن يعمل الجهاز بطريقة صحيحة بينما يعطى نتائج خاطئة ومثل هذا العطل يحتمل أن يكون دليلا على فشل النظام كليا.

وعندما تكتب البرامج بطريقة تسمح بتغيير محتويات أية ملف بسهولة فهناك عادة ميكانيكية كجزء من نظام إدارة الملفات يبين تاريخ آخر تغيير لملف

بعينه وفى بعض الحالات يبين التاريخ الكلى لكل ملف. ويجب استخدام
الميكنة فى إدارة الملفات كلما أمكن.

الصيانة

يجب توثيق البرامج كاملة حيث من المعتاد أن تكون ناقصة. وكلما كان
ممكنا يجب الحصول على الأخطاء المعروفة من المورد وكذلك أى تأثير
لذلك على الاستخدام اليومي للبرامج. وعند الاستخدام يجب الحفاظ على
سجل لأى أخطاء تلاحظ فى تشغيل البرامج. ويجب ملاحظة وجود أخطاء
عند استخدام برامج معدة بالمعمل وإذا لم يكن تصحيح ذلك ممكنا فيجب تقييم
أثر ذلك على التشغيل.

وعندما يستعان بمن يقوم بالصيانة من غير المتعاقد معهم يجب اتخاذ
الاحتياطات لضمان سرية وحساسية البيانات المسجلة. ومن الممكن أن تكون
هذه الضمانات تعهد كتابى بعدم إفشاء أى معلومات تتاح له.

قابلية التطبيق

الحاسبات مهما كان نوعها تعاني 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 فإن 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**/ الأرشفة**

عند تحديث البرامج يجب الاحتفاظ بسجل بتاريخ النسخ المحدثه وعند حفظ نتائج العينات فمن الضروري تخزين كل البيانات المطلوبة لإعادة استخراج الإجابات الأصلية. بالإضافة إلى حفظ ملفات البيانات الأولية وذلك يتضمن أى معالجات لملفات معالجة البيانات والنسخة المعينة من برامج التشغيل. وفى حالات نادرة يكون من الضروري الاحتفاظ بنسخة مطبوعة من الملفات الملغية لتشغيل أرشفة البرامج. وفى هذه الحالات يكون أكثر عملياً تسجيل البيانات منذ البداية فى نسخة مطبوعة.

الفصل الثالث عشر

الأمان والسلامة فى معامل التحاليل الكيميائية

الفصل الثالث عشر

الأمان والسلامة فى معامل التحاليل الكيميائية

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً على 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 التى يجب أن تحتويها 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.
- يحدد الإجراءات والأدوات اللازمة للتعامل مع الانسكابات الكيماوية.
- يحدد معدات واحتياطات الوقاية الشخصية.
- يذكر القواعد العامة للسلامة فى المعامل الكيميائية.
- يشرح كيفية القيام بالإسعافات الأولية الخاصة بالحوادث والإصابات المختلفة.

مصادر ومسببات الخطر المعمل

يمكن تقسيم مصادر ومسببات الأخطار المعملية إلى عدة مسببات رئيسية:

أ. أخطار ناشئة عن المعمل وتجهيزاته:

- المكان المخصص للمعمل (الموقع والمساحة).
- نوعية الأثاث المعملى المستخدم (الشكل والأبعاد والمواد).
- صلاحية مرافق المعمل (توصيلات الكهرباء - المياه - الصرف - التهوية - الغاز).

ب. أخطار ناشئة عن النشاط المعمل:

- طبيعة النشاط المعملى (أجهزة - تسخين - مواد خطره - زجاجيات - كيماويات).
- نوعية الأجهزة والمعدات (صلاحية الأجهزة للاستخدام - معدات الأمان).
- المواد الكيميائية المستخدمة (مواد سامة - ملتهبة - آكلة - حارقة - كاوية - مفرقة - مشعة - تالفة - مخلفات).

ج. أخطار ناشئة عن سلوكيات القائمين بالعمل:

- السلوك الشخصى داخل المعمل (كثرة الحركة - التدخين - العبث بالوصلات الكهربائية - الأكل والشرب - حفظ المأكولات فى ثلاجات المعمل - أو لمس المواد الكيميائية - عدم التخلص الآمن من النفايات - إلقاء أعقاب السجائر أو أعواد الثقاب فى سلة المهملات - عدم الالتزام بارتداء أدوات الوقاية الشخصية).
- تناول الخاطئ لأجهزة المعمل.
- تناول الخاطئ للمواد والكيماويات بالمعمل (تناول محاليل كاوية بالماصة - التعامل مع غازات ضارة خارج خزانة الغازات - ترك زجاجات مفتوحة - التعرف بالشم).

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

المعمل وتجهيزاته

- اختيار الموقع المناسب فى مؤخرة المبنى بعيدا عن المكان المأهول.
 - تخصيص مساحة مناسبة للعاملين بحيث يكون:
- $$\text{عدد العاملين} = \frac{\text{مساحة المعمل} - \text{المساحة التى تشغلها المرافق والأثاث}}{\text{الحيز المعمل المخصص لكل عامل (٤ م}^2\text{)}}$$
- 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 وتؤدي 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 تؤدي إلى الانزلاق وفقد الاتزان داخل المعمل أثناء العمل.
 - أن تكون المعامل جيدة التهوية وجيدة الإضاءة.

الوقاية من مخاطر**النشاط المعمل**

توجد بعض الاعتبارات الواجب إتباعها عند استخدام معامل التحاليل الكيميائية وذلك 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**سلوك العاملين**

للووقاية 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 ثلاجة الكيماويات.
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 الخطرة أثناء العمل منعاً للحوادث.

توصيات المياه

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

١. يجب أن تخضع مواسير المياه والصرف إلى كشف دورى دقيق كما يجب أن تكون مفاتيحها واضحة وسهلة التميز.
٢. يجب أن يكون هناك محابس أمان لمواسير المياه كما يجب أن يكون هناك محبس عمومى لكل دور على الأقل يغلق عند الحاجة من خارج المعمل.
٣. يجب أن يكون بمداخل المعامل دش مياه نظيف قوى ويكون مكانه خاليا من العوائق ضمانا لسهولة التشغيل.
٤. يجب أن يكون بالمعمل وحدة ثابتة أو متحركة لغسيل العيون عند تعرضها للكيماويات ودش علوى للاستخدام عند انسكاب الكيماويات الخطرة مثل الأحماض أو القلويات على العاملين لغسل كامل الجسم ويجب أن يعمل بكفاءة ويجرى فحصهما مرة كل شهر على الأقل كما هو معروض بالشكل رقم (١٣-٢).



شكل رقم (١٣ - ٢)

وحدة غسيل العيون ودش غسيل كامل للجسم للتخلص من الإسكابات

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 شفافات الهواء ذات كفاءة مناسبة بحيث تغير الهواء ٢٠ مرة فى الساعة وتكون سرعة الهواء ٣٠ م^٣/ 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 لشطف الهواء كما يجب أن تكون الجدران مبطنة بمواد غير قابلة للاشتعال.

التسخين والتجفيف

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

١. عند تسخين المذيبات ذات درجة غليان منخفضة يجب استبعاد اللهب وإمكان حدوث شرارة كهربية.
٢. يكون التسخين عامة بالكهرباء لحمامات الزيت والحمامات المائية أساسا ويستخدم الغاز عند الضرورة تحت مراقبة جيدة.
٣. لتسخين السوائل القابلة للاشتعال يجب ضبط حرارة الحمامات بترموستات على درجة حرارة تقل ٢٠م عن درجة الاشتعال للسائل وإذا تعذر ذلك يستخدم حمام معدنى.
٤. تستخدم حمامات التسخين على أرضية البنش ويجب عدم رفعها بحلقات معدنية، كما يجب منع زيادة حجم وسط التسخين.
٥. لا تستخدم حمامات الرمل فى التسخين إلا فى الحالات التى لا تتأثر بعدم انتظام التوزيع الحرارى كما يجب أن لا يكون الرمل المستخدم ذو حافة حادة.
٦. يجب اتخاذ إجراءات مناسبة عند تجفيف المواد التى ينجم عنها جو يؤدى إلى الانفجار.
٧. الأفران التى ينجم عن استخدامها غازات أو أبخرة يجب أن تكون فى مكان جيد التهوية.
٨. المواد التى لا تتحمل الحرارة أو تلتهب عند تجفيفها يجب أن تكون الأفران مزودة بمنظم لدرجة الحرارة ويضبط على درجة أقل من درجة انصهار المواد بنسبة ٢٠%.

الخراطيم والسدادات المطاطية

نعرض فيما يلى بعض الاعتبارات الواجب إتباعها عند استعمال الخراطيم 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 محابس 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 ثقب فى السدادات المطاطية يجب استخدام ثاقب مناسب ويتم ذلك على أرضية مناسبة.
٦. يجب أن تكون السدادات المطاطية مناسبة ولا تسحب لداخل الجهاز تحت تأثير الضغط المنخفض.
٧. يجب أن لا تتأثر السدادات بتأثير القلويات أو المواد اللزجة فلا تنزلق للخارج.

استخدام الماصات

عند استخدام الماصات فى الأغراض المعملية يجب إتباع ما يلى:

١. استخدام مضخات لسحب المحاليل.
٢. تحفظ الماصة فى وضع رأسى عند عدم الاستخدام.
٣. تزال مضخات السحب مباشرة إذا تلوّثت 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 أو توكلاف.
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 من 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 البوروسليكات يمكن أن يصل الفرق إلى ٢٠٠°م).
٣. لا يجب إدخال الزجاجيات اسطوانية الشكل (ترمومترا، أنابيب) فى خراطيم أو سدادات فلينية بدوت استخدام قفازات مناسبة.
٤. يراعى أن لا يوجد تحميل على الأجهزة الزجاجية عند تركيبها.
٥. الأجهزة التى يجرى بها تفاعلات خطيرة 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 من التعرض للزجاج المكسور واستخدام قفازات لجمع الأجزاء الزجاجية المكسورة.

١٣. استخدام فرشاة وجاروف لجمع الزجاج المكسور.
١٤. استخدام قطن مبلل لإزالة الأجزاء الصغيرة من الزجاج المكسور.
١٥. استخدام مكنسة كهربائية إذا كان الزجاج غير ملوث كيميائياً أو بيولوجياً.

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 إلى مواد قاتلة في الحال مثل مركبات كربونيل النيكل
٢. مخدرة مثل غاز النيتروز والأثير والمركبات الأليفاتية الكلورونية.
٣. مواد آكلة 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 مصنوعة من بولي إيثيلين كوعاء ثانوي.

بطاقات بيانات الأمان للكيماويات (MSDS)

تلتزم الشركات المنتجة للكيماويات بإعداد بطاقات بيانات السلامة والأمان والتي تصف مخاطر المادة وتقدم معلومات كافية عن طريق التداول والاستعمال وكيفية تخزين هذه المواد بطرق آمنة وتتضمن هذه البطاقات المعلومات الآتية:

١. التعرف علي المنتج.

٢. المكونات الخطرة الموجودة إذا كان تركيبها أكبر من ١ %.
٣. الخواص الفيزيائية المستخدمة للتعرف على المادة.
٤. معلومات عن مخاطر الحريق والانفجارات.
٥. معلومات عن الأخطار الصحية والاحتياطات الطبية والإسعافات اللازمة.
٦. معلومات عن النشاط والفاعلية لهذه المادة مع المواد الكيميائية الأخرى.
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 على تسعة أقسام لبيان الخواص الكيميائية والإجراءات اللازمة للتعامل مع هذه المادة في حالة الحوادث وهذه الأقسام هي:

١. الخواص الفيزيائية.
٢. أقصى تركيز آمن مسموح به.
٣. خواص أخرى 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 لى تكون فى متناول العاملين للاستخدام عند الطوارئ، كما يجب على المعمل التأكد من وجود علامات الأمان واضحة على عبوات المواد الخطرة.

علامات التعريف تستخدم عادة ٩ أنواع من العلامات للتعريف بالكيماويات الخطرة وتحديدتها بالكيماويات الخطرة ويعرض الشكل رقم (١٣-٥) علامات التعريف بالكيماويات الخطرة، وهذه العلامات هي:

١. مواد مفرقة.
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 آكلة.
٩. مواد خطرة متنوعة.



شكل رقم (١٣-٥)
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.

صحة الأفراد وحدود التعرض الآمن للكيمياويات الخطرة
يمكن استخدام تعبيرين لتحديد خطورة المواد الكيميائية على العاملين بالمعمل:

١. التعرض قصير المدي (Short Term Explosive Limit (STEL): وهو أكبر تركيز من المادة التي يمكن التعرض لها لمدة ١٥ دقيقة دون تأثير ضار.

٢. متوسط التركيز الزمني (Time Weighted Average (TWA وهو أكبر تركيز من المادة يمكن التعرض له لمدة ٨ ساعات يومياً أو ٤٠ ساعة أسبوعياً دون تأثير ضار ويستخدم لتحديد ذلك التعرض المكافئ من المعادلة.

$$E = \frac{C_a T_a + C_b T_b + + C_n T_n}{n}$$

حيث:

E: التعرض المكافئ خلال فترة العمل لمدة ٨ ساعات يومياً أو ٤٠ ساعة أسبوعياً.

C: التركيز خلال الفترة T.

T: زمن التعرض بالساعة.

يجرى المعمل من حين لآخر قياس مستوى الملوثات بالمعمل ومقارنته بالحدود المسموح بها

ويجب ألا تزيد قيمة E عن القيمة المسجلة في جداول OSHA أو ملحق ٨ من قانون البيئة ٩ لسنة ٢٠٠٩. ويجب إيقاف العمل في المعمل إذا زادت مستويات الملوثات عن الحدود المسموح بها و تحديد مصادر التلوث ومعالجته قبل استئناف العمل. ويجب أن يخضع العاملون للفحص الطبي الدوري وفقاً لبرنامج محدد مرة كل عام على الأقل ويحتفظ المعمل بسجل بالحالة الصحية لهم.

تخزين الكيماويات

هناك بعض الاعتبارات الهامة التي يجب مراعاتها عند تخزين الكيماويات نعرض منها ما يلي:

١. عدم وضع كيماويات غير متوافقة متجاورة مثل المواد التي تتفاعل مع بعضها وينتج عن تفاعلها مواد سامة أو تتسبب في تصاعد أبخرة أو غازات مثل الأمونيا بجوار حمض الأيدروكلوريك أو السيانيد بجوار الأحماض.
٢. تخزين الكيماويات السامة أو المتطايرة في دواليب خاصة ذات تهوية.
٣. تحفظ الكيماويات ذات الضغط البخاري المرتفع في ثلاجات.
٤. تخزين الكيماويات التي تتفاعل مع الماء في مكان واحد.
٥. تخزين الكيماويات القابلة للاشتعال والأحماض المركزة علي الأرض.
٦. تخزين الكيماويات القابلة للانفجار في ثلاجة مقاومة للانفجارات.
٧. الكيماويات شديدة الخطورة لا تخزن وتستهلك أولاً بأول.
٨. تحفظ الكيماويات في عبوات زجاجية أو بلاستيك تتناسب مع خواص المواد المحفوظة بداخلها فمثلاً لا تستخدم أوعية الألمنيوم 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 مثل الأحماض والقواعد والقلويات أو أملاح السيانيد أو المواد المؤكسدة مثل البروكسيدات والنيترات والكلورات.

١٠. توضع الكيماويات الخطرة علي أرفف مرتفعة (حوالي ١٧٠سم) أو 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. حامض الكبريتيك المركز والنيتريك المركز والبيركلوريك تحفظ بطريقة لا تحدث أضرار في حالة كسر الزجاجاة (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 ٥ لتر فأكثر لحفظ سوائل ذات نقطة اشتعال عند ٣٥° يجب أن تكون قادرة علي معادلة أي شحنة استاتيكية.
١٦. تحفظ السوائل المستخدمة في التنظيف والقابلة للاشتعال في زجاجات ذات جدار سميك أو في زجاجات بلاستيك (مثل آسيتون، كحول 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 المخازن أو من مكان لآخر.
١٩. يجب توافر الإضاءة الكافية والتهوية المناسبة ووسائل إطفاء الحريق في مخزن الكيماويات

٢٠. الاحتفاظ بقوائم للمواد الكيميائية بالمخزن وبيان كمياتها وتاريخ انتهاء صلاحيتها وحجم عبواتها ونوعيتها ومصدرها ومكان تخزينها وبيانات الأمان لها.
٢١. يجب المحافظة على سلامة ملفات الكيماويات بتخزينها اليكترونيا وحمايتها.

التخلص الآمن من المخلفات والنفايات الكيميائية

تشكل المخلفات والنفايات الكيميائية مشكلة كبيرة في محطات مياه الشرب، حيث يجب التخلص منها بشكل آمن بما يمنع تعرض البيئة المحيطة بهذه المحطات للتلوث، وتبدأ عملية التخلص هذه بالجمع والنقل وتنتهي بعملية المعالجة والتخلص الوقائي، كما سيرد ذكره فيما يلي:

أ. الجمع والنقل:

١. تجمع النفايات منفردة (حتى لا ينجم عن اختلاطها تفاعلات خطيرة) في أوعية مناسبة لا تتفاعل معها وتمكن من نقلها بدون أخطار وتوضع عليها بطاقات تعريف.
٢. المذيبات المستخدمة الهالوجينية وغير الهالوجينية تجمع منفردة وتحفظ في مكان آمن لحين التخلص منها.
٣. الأشياء الحادة والمدمية توضع في علب مغلقة ويجب لبس قفازات أثناء تفريغها.
٤. يمكن الاحتفاظ بوعاء النفايات بالمعمل (ويغطي إذا لزم الأمر) طالما لا تخرج منه أبخرة خطيرة لحين أن يمتلئ.
٥. يجب تفادي تكون شحنة استاتيكية علي مخلفات السوائل القابلة للاشتعال وذلك بمعادلتها باستخدام أرضي بالنسبة للآنية 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 في آنية خاصة.
٩. التخلص اليومي 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 مسئولاً عن تنفيذ عملية التخلص من المخلفات الكيميائية.
١١. الرجوع إلى بطاقات الأمان لمعرفة الطرق والأساليب السليمة للتخلص من نفايات الكيماويات.

ب. المعالجة والتخلص الوقائي:

١. النفايات التي يجب معالجتها داخل المعمل تعالج بطريقة آمنة أو تحول إلى مواد غير خطرة باستخدام طرق معتمدة قبل إرسالها للتخلص منها.
٢. مركبات الكروم السداسى الضارة عالية السمية يتم اختزالها باستخدام كبريتيت الصوديوم إلى مركبات الكروم الثلاثى غير الضارة.
٣. مركبات السيانيد عالية السمية يتم أكسدها إلى الكربونات بواسطة 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 ذائبة فى الماء.
٥. المواد التي تولد غازات ضارة أو مواد كاوية أو مسيلة للدموع لا تلقى فى البالوعة وتجمع فى 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 عليها 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 ويمكن استخدام أفران صناعة الأسمنت.
١١. التخزين الخاص للمواد المشعة وعدم صرفها على المجارى وتسليمها لمركز الأمان النووى بهيئة الطاقة الذرية للتخلص الآمن منها.

التخلص من المخلفات البيولوجية الخطرة المخلفات البيولوجية الخطرة هي مواد محتوية على أو ملوثة بعوامل بيولوجية خطيرة وتشتمل على أطباق بترى وأنابيب وحقن وأبر وأوساط وقفازات ومصاصات استخدمت في التحاليل البيولوجية في التعامل مع مواد خطيرة، وهى بصورة عامة إما أن تكون مخلفات سائلة أو مخلفات صلبة، تجمع المخلفات فى أوعية أو أكياس ويجرى معالجتها، ويراعى سرعة المعالجة والتخلص وعدم تراكم هذه المخلفات، ويجب أن يحتفظ المعمل بسجل يدون فيه:

- 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 أوتوكلاف عند درجة حرارة ١٢١°م لمدة ٣٠ دقيقة وضغط جوى ١٥ رطل/ بوصة مربعة.
٢. التعقيم الكيميائي للمخلفات الصلبة والسائلة بواسطة محلولي الكلور (كلوركس) المخفف ١:١٠ ومحلول ٧٠% ايزوبروبانول.
٣. التسخين الحراري الجاف للمخلفات الصلبة عند درجة حرارة ١٦٠°م تحت الضغط الجوى العادى لمدة ساعتين.
٤. الترميد للمخلفات الصلبة والسائلة فى محارق خاصة عند درجة حرارة مرتفعة.
٥. وضع المخلفات الصلبة فى كبسولات من الأسمت والأسفلت تمهيدا لدفنها.
٦. المخلفات السائلة المعالجة (بالتعقيم أو كيميائيا) يمكن التخلص منها فى شبكة الصرف الصحى.
٧. المخلفات الصلبة المعالجة (بالتعقيم أو كيميائيا أو بالكبسلة) تجمع وتدفن فى مدافن آمنة.

تقليل المخلفات ومنع التلوث

هذه النشاطات والإجراءات تعمل على خفض كمية وسمية المخلفات الكيميائية العملية التى يمكن التخلص النهائى منها كمخلفات خطرة، وتشمل استراتيجية التقليل على 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 الميكروني.
- شراء الكيماويات فى عبوات صغيرة ووضع تواريخ عليها عند التخزين بحيث يستخدم القديم 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 عن مخلفات المذيبات العضوية غير الهالوجينية.
- تجنب ما أمكن استخدام المواد المحتوية على باريوم - زرنيك - كاديوم - كروم - رصاص - زئبق - سيلينيوم - فضة.

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 ويطفاؤها.
٣. يرتدى مسئول التنظيف ملابس واقية وكمامة لتجنب استنشاق الأبخرة.
٤. يمكن تقسيم المواد المنسكبة إلى: أحماض أو قلويات وأمونيا أو مذيبيات عضوية أو سوائيل عضوية أو مواد كيميائية صلبة محدودة الخطورة أو غير خطيرة.

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 خطيرة.
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 و وتجفف.
٩. يكشف عن بقايا المادة المنسكبة
١٠. تجمع المواد الماصة ويتخلص منها بالحرق فى حالة الماد العضوية أو بالغسيل بالماء لمعادلتها والصرف على شبكة الصرف الصحى.

ويعرض الشكل رقم (١٣-٨) طريقة التعامل مع الإنسكابات والأدوات اللازمة.



شكل رقم (١٣-٨)
طريقة التعامل مع الإنسكابات والأدوات اللازمة

ب. الأدوات اللازمة:

يجب أن يحتفظ المعمل بالأدوات اللازمة لإزالة الانسكاب وتتمثل في:

١. أدوات وقاية وتشمل على قفازات من مادة النتريل ونظارة 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. وسائل امتصاص من الرمل أو مادة ماصة.
٨. مكنسة وجاروف.

خطة الإدارة والمعمل لمواجهة التسرب والانسكابات

خطة مواجهة الانسكابات:

- عند حدوث إنسكابات تتخذ الإجراءات التالية:
- ارتداء الملابس الواقية وعدم لمس أو السير فوق المادة المتسربة.
- يوقف التسرب إذا أمكن دون التعرض للمخاطر.
- تمتص المادة المتسربة أو تغطى بالرمل.
- تجمع المادة الممتصة.
- تعزل منطقة التسرب من جميع الاتجاهات لمسافة تعتمد على مساحة المادة المتسربة.
- يبعد الأشخاص غير المتخصصين عن موقع التسرب.
- يجب منع المادة المتسربة من الدخول إلى المصارف المائية.
- يجرى تنظيف لمنطقة الانسكابات.

خطة مواجهة الإصابات:

- ينقل المصاب إلى منطقة هواء نقي ويتم الاتصال بأقرب مركز طبي.
- تجرى عملية تنفس صناعي فى حالات الاختناق أو إذا لزم الأمر.
- تخلع الملابس وأحذية المصابين.
- يحافظ على هدوء المصاب وعدم توتره.
- يجرى التنسيق مع المطافئ والدفاع المدني والإسعاف لمواجهة الطوارئ.

الخطة العامة وبرنامج نظافة المعمل Housekeeping Services:

يجب على إدارة المعمل إعداد تعليمات عمل وبرنامج نظافة يتضمن الخطوات التالية:

- نظافة الأسطح مثل (أسطح المعدات - أسطح البنشات - أسطح النوافذ - أسطح الأبواب) باستخدام قطعة من القماش الجاف.
- نظافة الأرضيات بإزالة الغبار والأوساخ بالمكنسة اليدوية.
- تنظيف المكاتب الإدارية.
- تنظيف الغيار الملاصق لإطار النوافذ.
- تنظيف السطح الخارجي للدواليب والثلاجة والحواسن.
- تنظيف السطح الداخلي لكل الدواليب.
- مسح الأرضيات باستخدام الماء وكمية قليلة من المطهر (سفلون أو ديتول).
- تطهير الأسطح باستخدام مطهر (الإيثانول).
- تنظيف أحواض المعمل والحمامات باستخدام الماء وكمية قليلة من الصابون والمطهر (سفلون أو ديتول).
- يجب أن تكون هناك عناية فائقة بنظافة الأرفف من الغبار.
- يجب تسجيل هذه الأعمال وتوفير الإشراف الكافي للتأكد من تنفيذها.

معدات الوقاية الشخصية

- يجب على العاملين بمحطات تنقية مياه الشرب استعمال معدات الوقاية الشخصية، ونعرض فيما يلي بعض الاعتبارات الهامة الواجب مراعاتها:
١. يجب ارتداء ملابس خاصة بالعمل (معطف ذو أكمام طويلة أو مريلة) ولا تؤخذ للغسيل بالمنزل وتترك عند الخروج من العمل.
 ٢. تكون الملابس الخارجية والداخلية من الأقطان التي لا تسبب زيادة ضرر عند التعرض للحريق (كأن تنصهر مثلاً).
 ٣. تستخدم ملابس مناسبة لكل عمل على حدة (كأن تكون واقية من الحريق عند العمل بالإطفاء أو تكون معاملة لتكون غير مسامية عند العمل بالمواد والسوائل الكاوية).
 ٤. يحتفظ بملابس الوقاية نظيفة حتى لا تسبب إعادة التلوث لمستخدميها.

٥. تستخدم أحذية مريحة من الجلد ومقفلة وذات كعب عريض لتقليل فرصة اختلال الاتزان أو 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 والتي 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 الوقاية الشخصية المناسبة.
٣. معرفة أماكن حفظ وتخزين أجهزة الطوارئ قبل إجراء التجارب (دش العيون - الطفائيات - 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 المحلل.
١٣. عدم صب مياه على الأحماض المركزة وخصوصا حمض الكبريتيك.
١٤. تجنب ملامسة المواد الكيميائية للجلد.
١٥. عدم إجراء أى تجربة ينتج عنها غازات خطيرة إلا داخل خزانة 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 على اللهب 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 محابس المياه 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 نظفها بالماء والصابون وعقم ملقاطا بإمراره فوق لهب واستخرج الشظية.

٢. إذا كان الجسم الغريب قد أصاب الجزء الملون من العين وكان مغموراً أو ملتصقاً 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 علامة 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 وأنزع الملابس المبللة بعد أن تبرد ولا تنزع أى شئ ملتصق بالحرق.

٣. غط المنطقة المصابة بضمادة معقمة ولا تغطى النفطات ولا تنزع الجلد السائب ولا تعبت 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 يجرى بلطف وأعمل على حماية العين السليمة.

٢. ضمد العين برقة بواسطة رفادة للعين وأنقل المصاب للمستشفى.

هـ. حروق الفم والحلق:

يعطي المصاب جرعات قليلة من الماء البارد على فترات متكررة وينزع أية ملابس ضيقة حول الرقبة والصدر وأنقل 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 الهواء الخارجي ويلقى المصاب على الأرض وتكون الجهة المحروقة إلى أعلى.
٢. أطفأ نار المصاب بواسطة الماء أو لف المصاب بشدة بواسطة معطف أو ستارة أو بطانية أو سجادة من نسيج غير قابل للاشتعال (قطن - صوف).

ح. التسمم:

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

ط. الكسور:

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

ك. الصدمات:

١. يمدد المصاب في حالة اضطجاع مع خفض الرأس عن مستوى الجسم وتدفئة الجسم إذا كان بارداً ورفع ساق المصاب إذا لم يكن بها كسور.

٢. عند حدوث ارتفاع درجة الحرارة تخفض بواسطة قطعة قماش مبللة بماء بارد.
٣. المحافظة على التهوية وفتح النوافذ وفي حالة عدم وجود جروح يدلك أطراف المصاب في اتجاه القلب لتنشيط الدورة الدموية.
٤. يعطي المصاب مادة منبهة وإذا كان فاقدًا للوعي يمكن تنبيهه عن طريق استنشاق الأمونيا.
٥. تجري عملية تنفس صناعي إذا لزم الأمر.

نظام إدارة الأمن والسلامة في المعمل

دليل إدارة الأمن والسلامة:

يعد المعمل دليلًا لإدارة الأمن والسلامة والحماية من الأخطار المحتملة ويشتمل على قواعد وتوجيهات جيدة للتعامل مع الأخطار المعملية. ويشتمل الدليل على السياسات العامة والتوجيهات والتوصيات ومتطلبات التدريب وأجهزة الحماية المستخدمة وطرق التشغيل القياسية وتحديد مسؤولية العاملين وإدارة المعمل والإجراءات الوقائية والتصحيحية المناسبة. ويقوم المعمل بتدريب العاملين عن كيفية الاستجابة والتعامل مع الأخطار المعملية وحالات الطوارئ. ويشتمل الدليل على تحديد المخاطر الفيزيائية والصحية للمواد والمعدات المستخدمة بالمعمل وطرق الحماية والتفتيش الدوري والإجراءات التصحيحية اللازمة وتوثيق النشاطات المتعلقة بالأمن والسلامة لتحقيق ظروف آمنة للعاملين.

ويجب أن يتضمن الدليل توجيهات عن تداول وتخزين الكيماويات وأماكنها بالمعمل واختيار الأماكن المناسبة للمعدات والأجهزة وكذلك أماكن معدات الوقاية مثل مكان غسل الأيدي ودش الأمان ووحدة غسل العيون وبطانيات الحريق وطفائيات الحريق وأجهزة التنفس ومكان مواد الإسعافات الأولية. ويشتمل الجزء المذكور سابقا في هذا الباب العديد من النقاط التي يمكن أن يتضمنها الدليل. ويلاحظ أن ٨٠% من حوادث المعامل تعزى للأخطاء البشرية وتداول مواد خطرة بطريقة غير سليمة.

ويجب على المعمل أن يبين للعاملين أنه فى حالات الطوارئ يلزم الهدوء
والبعد عن مكان الأخطار وتحديد الموقف فى إطار:

- هل الحادث يهدد حياة العاملين؟
- هل حدثت إصابات؟
- هل هناك خطر مستمر؟ (حريق مثلاً).
- ماهو سبب الخطر؟ (بيولوجى - كيمائى - إشعاعى).
- اتخاذ الإجراءات المناسبة.



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 3 EPP-I-00-04-00020-00, Order No. 3 بالتعاون مع الشركة القابضة لمياه الشرب و الصرف الصحي

www.egyptwwss.org

