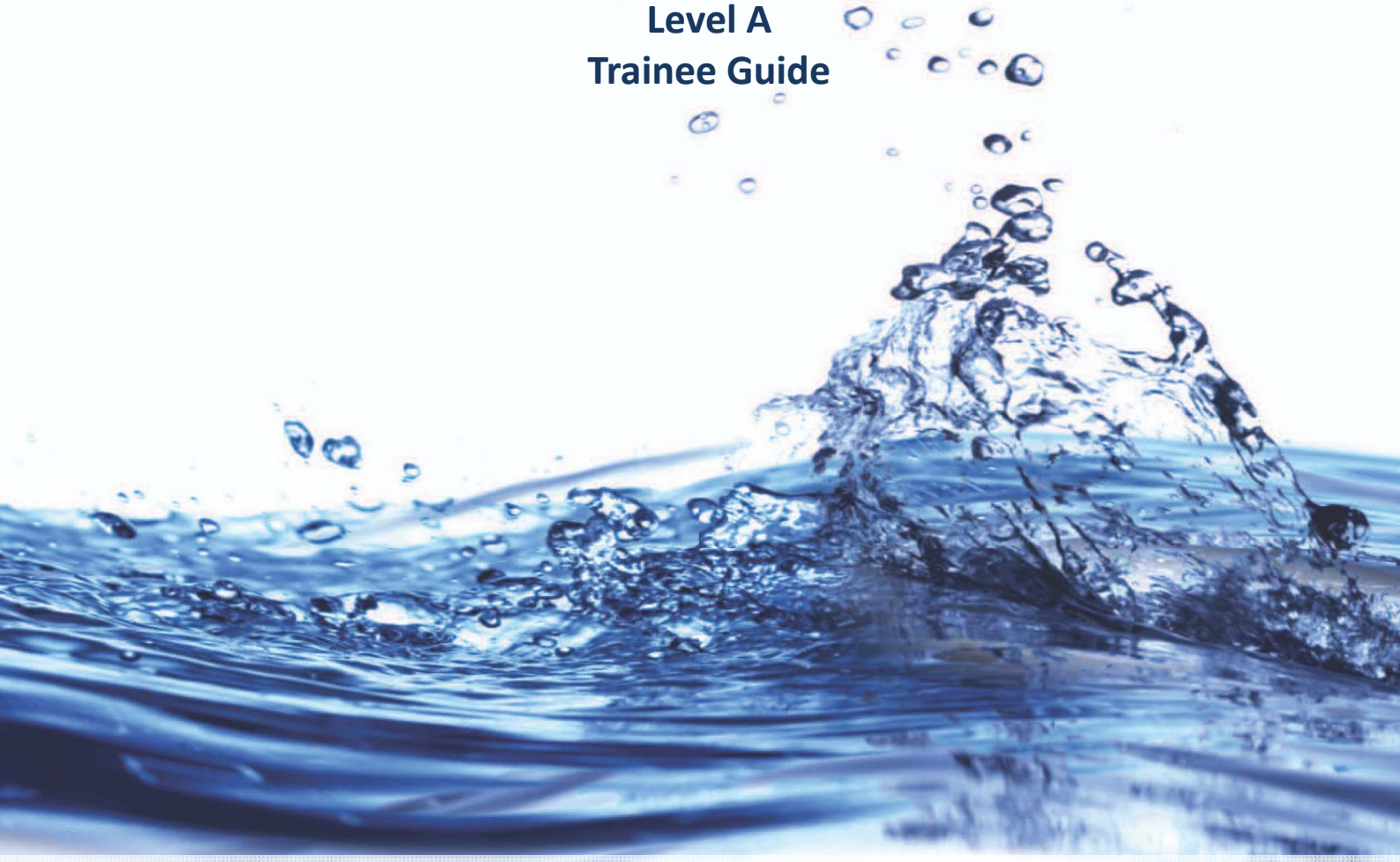
USAID | EGYPT
FROM THE AMERICAN PEOPLE

الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

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

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

Training Course for Drinking Water Laboratory Analysts
Level A
Trainee Guide



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

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

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

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

Training Course for Drinking Water Laboratory Analysts
Level A
Trainee Guide

Contract No. EPP-I-00-04-00020-00, Order No. 3 **T-2012.03.217**

مقدمة

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

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

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

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

وفي إطار هذه الأغراض، تم إعداد هذا الدليل ليغطي احتياجات السادة "**محللى معامل تحاليل مياه الشرب**"، **وذلك في المستوى (أ)** 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 أساسا بالدليلين الذين يتم إعدادهما بواسطة هذا المشروع للمستوى (ب، ج) مع إضافة ما يحقق ويستوفى الأهداف الموضوعة للمستوى الأعلى منه مباشرة ضمن هذا البرنامج، كما يرتبط بالملامح 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 أيضًا 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 الصحى المعد بواسطة هيئة أشغال المياه الأمريكية

- "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", AWWA

مع مرجعية لا يمكن تجاهلها لعديد من المصادر الأخرى المرموقة في هذا المجال، ممثلة في مساهمات واضعي المواد التدريبية التي تم الرجوع إليها بواسطة أصحابها ومن خلال الجهات التي أشرفت على أعمالهم.

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

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

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

المحتويات

الفصل الأول: نوعية ومواصفات مياه الشرب والتشريعات والمعايير المصرية والدولية

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

الفصل الثانى: متطلبات الجودة فى معامل التحاليل (متطلبات الأيزو ١٧٠٢٥)

أهداف الأداء (التعلم) ٢-١
مقدمة ٢-٢
نظام الجودة ٢-٣
المستوى الاستراتيجى لدليل الجودة ٢-٤
المستوى التكتيكى لدليل الجودة ٢-٥
المستوى التشغيل لدليل الجودة ٢-٧
الشكاوى وضبط الاختبارات غير المتوافقة ٢-٨
صلاحية طرق التحليل (قابلية التطبيق) (Validation) ٢-١٤
الكواشف والمواد المرجعية والكيماويات القياسية ٢-١٨
قياس اللا يقين Measurement Uncertainty ٢-٢٠

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

أهداف الأداء (التعلم) ٣-١
مقدمة ٣-٢
أنواع الأجهزة المستخدمة فى القياس ٣-٢
أولاً: الأجهزة المستخدمة فى قياسات العناصر الفلزية ٣-٣
ثانياً: الأجهزة المستخدمة فى قياسات المركبات العضوية ٣-١٧
أجهزة ذات استخدامات خاصة ٣-٢٦

الفصل الرابع: الأجهزة المساعدة والتقنيات المعملية

أهداف الأداء (التعلم) ٤-١

أولاً الأجهزة المساعدة ٤-٢

ثانياً: التقنيات المعملية ٤-١٨

الفصل الخامس: تقنيات جمع عينات المياه للتحاليل

أهداف الأداء (التعلم) ٥-١

العينات الممثلة واختيار موقع أخذ العينات ٥-٢

خطة مراقبة وتأكيد الجودة فى جمع العينات ٥-٣

طرق سحب العينات ٥-٧

بطاقات تمييز العينات ٥-١٤

الفصل السادس: التحاليل الكيميائية لمياه الشرب

أهداف الأداء (التعلم) ٦-١

أنواع التحاليل التى تجرى على المياه ٦-٢

أنواع وطبيعة المواد التى يجرى تحليلها فى المياه ٦-٣

طرق التعبير عن نتائج التحاليل ٦-٤

طرق التحاليل الكيميائية ٦-٦

الصفات التحليلية للمياه ٦-٧

الصفات الطبيعية ٦-٧

الصفات الكيميائية ٦-١٤

المواد المشعة ٦- ٨٥

الفصل السابع: التحليل البكتريولوجى لمياه الشرب باستخدام طريقة الأنابيب المتعددة

أهداف الأداء (التعلم) ٧-١

مقدمة ٧-٢

طرق التحاليل البكتريولوجية ٧-٢

البيئات وماء التخفيف ٧-١١

استمارات التسجيل ٧-٢٦

الفصل الثامن: التحليل البكتريولوجى باستخدام طريقة الترشيح الغشائى

أهداف الأداء (التعلم) ٨-١

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

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

الفصل العاشر: أنواع ومصادر الأخطاء فى جمع عينات المياه وتحليلها
أهداف الأداء (التعلم) ١٠-١
مقدمة ١٠-٢
١. الخطأ العشوائى ١٠-٢
٢. الخطأ المنتظم ١٠-٢
٣. الخطأ الفادح ١٠-٣
٤. خطأ التقريب ١٠-٣
أنواع ومصادر الأخطاء فى التحاليل الكيميائية ١٠-٥

الفصل الحادى عشر: ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

أهداف الأداء (التعلم) ١١-١
ضبط الجودة Quality Control ١١-٢
خطة ضبط الجودة ١١-٣
رسومات الضبط البيانية Control Charts ١١-٤
عينات الجودة الضابطة ١١-١٥

الفصل الثانى عشر: تأكيد جودة تحاليل مياه الشرب

أهداف الأداء (التعلم) ١٢-١
تأكيد الجودة Quality Assurance ١٢-٢
تنظيم وتخطيط أنشطة المعمل ١٢-١٣
استراتيجية جمع العينات ١٢-١٣
استراتيجية التحاليل ١٢-١٩
التكاليف والميزانية ١٢-٢١

الفصل الثالث عشر: إدارة المعمل

أهداف الأداء (التعلم) ١٣-١
الإدارة Management ١٣-٢
فريق العمل ١٣-٤
اتخاذ القرار وحل مشاكل العمل ١٣-١٠
إعداد وتداول وحفظ التقارير والسجلات والوثائق ١٣-١٣
تسجيل النتائج ١٣-٢٠
العلاقات العامة ١٣-٣٣

الفصل الرابع عشر: الأمان والسلامة فى معامل التحاليل الكيميائية

أهداف الأداء (التعلم) ١٤-١
مصادر ومسببات الخطر المعملى ١٤-٢
الوقاية من مخاطر المعمل وتجهيزاته ١٤-٣
أجراءات الأمان بالنسبة للأماكن الضيقة ١٤-٥
مخاطر الكهرباء وكيفية تجنبها ١٤-٧

توصيلات المياه	١٤-١٠
خزانات الغازات والتهوية	١٤-١١
التسخين والتجفيف	١٤-١٢
الخراطيم والسدادات المطاطية	١٤-١٣
اسطوانات الغاز المضغوط	١٤-١٤
استخدام الماصات	١٤-١٦
التعامل مع الأجهزة الزجاجية والزجاج المكسور	١٤-١٦
أنواع المواد الكيميائية الخطرة	١٤-١٧
تخزين الكيماويات	١٤-٢١
الأبخرة السامة	١٤-٢٣
التخلص الآمن من المخلفات والنفايات الكيميائية	١٤-٢٤
التخلص من المخلفات البيولوجية الخطرة	١٤-٢٧
خطر الحريق	١٤-٢٩
التعامل مع الانسكابات	١٤-٤٠
معدات الوقاية الشخصية	١٤-٤٤
القواعد العامة للسلامة فى المعامل الكيميائية	١٤-٤٥
نظام إدارة الأمن والسلامة فى المعمل	١٤-٤٩

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 علـــى أن:

- يذكر الخصائص العامة لمياه الشرب والعناصر التى يجب أن تخلو منها مياه الشرب.
- يذكر خصائص الماء الكيميائية
- يشرح تركيب جزىء 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

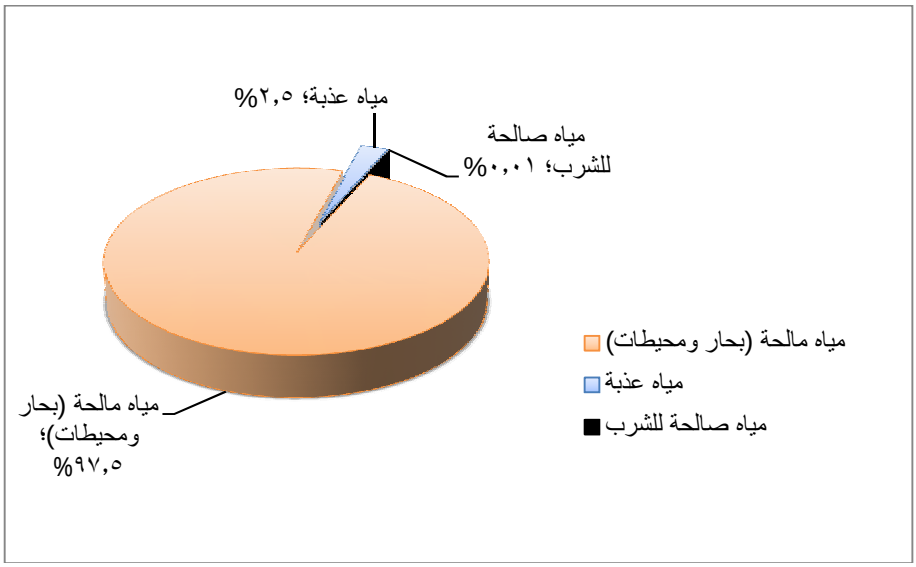
الماء هو أكثر المواد وجوداً على الأرض، حيث يغطى أكثر من ثلاثة أرباع الكرة الأرضية. فالماء يملأ المحيطات والبحار والأنهار، ويوجد في الهواء، وحتى باطن الأرض يوجد به ماء. وبدون الماء لا توجد حياة؛ فالماء يدخل في تركيب كل كائن حي، فيزن ما يقرب من ثلثي جسم الإنسان.

والإنسان يعتمد على الماء في حياته كلها، في مشربه، ومطعمه، ونظافته، وري زرعه، واستصلاح أراضيه، وإدارة مصانعه، 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 أدّى 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، إلاّ أن هذا الماء مالح ولا يصلح للاستخدام الآدمي، من شرب، أو زراعة، وما إلى ذلك، نتيجة ذوبان العديد من الأملاح فيه. أمّا 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 صـــلاحيتها من حيث اللون والطعم والرائحة وخلوها من كافة المكونات الضارة أو الســـامة وضـــرورة فحصها بكتريولوجياً وميكروسكوبياً.

ونظراً لأن مصدر مياه الشرب الرئيسي فى مصر هو نهر النيل (بالإضـــافة إلى الآبار فى 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 التى 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

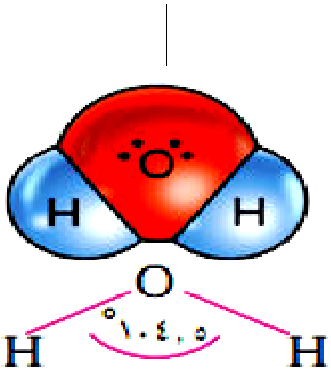
تنقسم خصائص المياه إلى:

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، تسمي "جزيئات". وقطرة الماء الواحدة تحتوي على الملايين من هذه الجزيئات. وكل جزيء، من هذه الجزيئات يتكون من أجسام أصغر، تسمى "ذرات". ويحتوي جزئ 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 الذرى للهيدروجين هو ١، ووزنه الذرى ١,٠٠٨، كما يوجد الهيدروجين كذلك في الفراغ الفسيح بين المجرات والنجوم، بنسبة ضئيلة.



شكل رقم (١-٢)
جزئ الماء

أمّا عنصر الأكسجين فهو ثالث أكثر العناصر وجوداً في الكون، حيث يوجد بنسبة ٠,٠٥٪، وهو غاز نشط يساعد على الاشتعال، ورقمه الذرى ٨، ووزنه ١٦. كما يُكَوِّن الأكسجين حوالي ٢٠٪ من الهواء الجوى، 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، إلاّ أنه عند اتحاد ذرتي هيدروجين مع ذرة أكسجين، ينتج الماء الذي يطفئ النار.

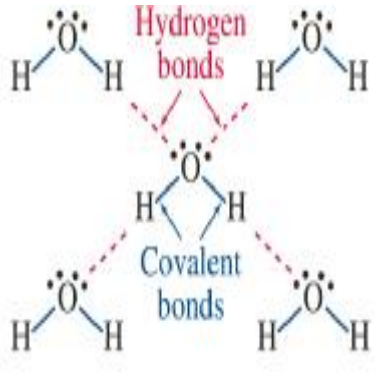
والماء النقي لا يحتوي على الأكسجين والهيدروجين فقط، بل يحتوي على مواد أخرى ذائبة، ولكن بنسب صغيرة جداً. لذا، فإنه يمكن القول بأن الماء يحتوي على عديد من العناصر الذائبة، إلاّ أن أغلب عنصرين فيه، هما الهيدروجين والأكسجين.

والماء في صورته النقية سائل عديم اللون والرائحة، يستوي في ذلك الماء المالح والماء العذب. إلاّ 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.

كيف يمكن للماء التماسك كمادة

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 جزئ الماء ذرتين من الهيدروجين، تشارك كل واحدة بإلكترونها مع ذرة الأكسجين، ليصبح في المدار الخارجي لذرة الأكسجين ٨ إلكترونات، وبذلك يكون مكتملاً، وفي حالة ثبات كيميائي وفى الوقت نفسه، تشارك ذرة الأكسجين بإلكترون 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"

(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 لجزىء الماء.



شكل رقم (١-٣)
الرابطة التساهمية لجزىء الماء

ويتجاذب كل جزيء ماء مع الجزيئات المجاورة له، من خلال تجاذب كهربي، ناتج عن اختلاف الشحنات الكهربية، فتلتقي ذرتا الهيدروجين مع ذرة الأكسجين في نقطتين، بزاوية مقدارها ١٠٥ درجة، في شكل هندسي غريب، ينتج عنه توزيع الشحنات الكهربية، بشكل يشبه قطبي المغناطيس. فطرف ذرة الأكسجين يمثل شحنة سالبة، وطرفا ذرتي الهيدروجين يمثلان شحنة موجبة. ونتيجة لهذا الاختلاف في الشحنات الكهربية، تتجاذب كل ذرة هيدروجين في جزئ الماء، مع ذرة أكسجين في الجزيء المجاور، بنوع من التجاذب الكهربي، 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، إلاّ أن الماء حينما يبرد، ينكمش حتى يصل إلى ٤ درجات مئوية، ثم يبدأ بعدها في التمدد بزيادة انخفاض درجة الحرارة، ويُعد الماء مثالاً 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 جزئ الماء في أغلب الأحوال بصورته المنفردة. وتبلغ أقصى درجة لتحول الماء إلى بخار ماء، عند وصوله إلى ١٠٠°م، وهي درجة غليان الماء. إلاّ 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 السطحى واللزوجة

يُعرَّف التوتر السطحي (Surface Tension)، على أنه "تماسك السطح الحر للسائل، لشغل أقل مساحة ممكنة"، أمّا 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. إلاّ أنه تحت ظروف خاصة، يتحلل الماء بنسبة قليلة (١١٪)، إلى عنصرية: الهيدروجين والأكسجين، في ظل درجة حرارة ٢٧٠٠°م.

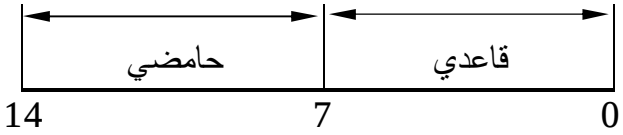
التأين والأس الهيدروجيني (pH)

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. إلاّ 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.

$$H_2O \; D \; H^+ + OH^-$$

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

صفر و١٤. فالمواد المتعادلة الحموضة، مثل الماء النقي، قيمة الأس الهيدروجيني لها = ٧، أمّا الأحماض فإن قيمة الأس الهيدروجيني لها تراوح بين صفر و٧، أمّا المواد القاعدية فإن قيمة الأس الهيدروجيني لها تراوح بين ٧، ١٤، كما هو موضح بالشكل رقم (١-٤)



شكل رقم (١-٤)
الأس الهيدروجينى للمواد القاعدية والمواد الحمضية

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

قلوية الماء (Water Alkalinity)

هى قدرة المياه على معادلة الحموضية. وتعزى قلوية المياه الطبيعية إلى أملاح الأحماض الضعيفة وتمثل البيكربونات (Bicarbonate) 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 والهيدروكسيد. وعلى ذلك فإن قلوية المياه الطبيعية ترجع أساساً إلى أملاح الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيد.

كما أن ذوبان غاز ثانى أكسيد الكربون فى الماء يؤدى إلى تكوين أملاح الكربونات والبيكربونات، بالإضافة إلى أن تكون حمض الكربونيك فى الماء يعتمد على الأس الهيدروجينى للماء. هذا ويؤدى تكوين حمض الكربونيك فى الماء إلى تأكل أسطح المعادن وأسطح الكونكريت وذلك نتيجة لتكوين

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

كما أن قلوية المياه التى ترجع إلى زيادة تركيز أيونات الكربونات تؤدى إلى تحويل الماء إلى ماء عسر والذى يؤدى بدوره إلى ترسيب كربونات الكالسيوم وتكوين قشور من أملاح الكالسيوم(Scaling).

$$CO2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \underset{pH4.5}{\rightleftharpoons} H^+ + HCO_3^- \underset{pH8.3}{\rightleftharpoons} H^+ + CO_3^-$$

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 بعضها 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 جزئ الماء، والروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء. ونتيجة لوجود ذرات تلك المواد في الماء، فإنها تحاط بجزيئات الماء، وتعزلها 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 الشرب بالمواد غير العضوية

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

- النواتج الثانوية لمعالجة المياه بالكلور.
- تآكل أنابيب المياه المجلفنة.
- 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 فى المياه الصالحة للشرب.

جدول رقم (١-١)

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

الملوث	أعلى تركيز مسموح به مليجرام/ لتر	التأثير على الصحة
برومات	٠,٠١	يؤدى إلى ظهور سرطانات
كلوريت	١	يسبب أنيميا ويؤثر على الجهاز العصبي للأطفال
انتيمون	٠,٠٠٦	يسبب زيادة فى كوليستيرول الدم، ويقلل مستوي سكر الدم
زرنيخ	٠,٠١	يسبب مشاكل بالجلد والجهاز الدوري ويؤدى إلى ظهور سرطانات
باريوم	٢	يسبب زيادة فى ضغط الدم
بريليوم	٠,٠٠٤	يسبب مشاكل بالجهاز الهضمى
كادميوم	٠,٠٠٥	يسبب مشاكل بالكلى
كروم كلى	٠,١	يسبب حساسية بالجلد ويؤدي الكروم السداسي إلى ظهور سرطانات
نحاس	١,٣	يسبب مشاكل بالجهاز الهضمى والكلى
سيانيد	٠,٢	يؤدي إلى تدمير الأعصاب ومشاكل بالغدة الدرقية
فلوريد	٤	يؤدي إلى تآكل العظام والأسنان
رصاص	٠,٠١٥	يؤدي إلى التخلف العقلى وأمراض القلب والكلى
زئبق	٠,٠٠٢	يؤدي إلى مشاكل بالكلى والكبد
نترات	١٠	يؤدي إلى ضيق تنفس والإزرقاق عند الأطفال
نتريت	١	يؤدي إلى ضيق تنفس والإزرقاق عند الأطفال ويسبب سرطانات
سيلينيوم	٠,٠٥	يؤدي إلى فقدان الشعر والأظافر ومشاكل بالدورة الدموية
ثاليوم	٠,٠٠٢	يؤدي إلى فقدان الشعر ومشاكل بالجهاز الهضمى والكلى والكبد والدورة الدموية

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

المياه الجوفية

نادراً ما توجد مواد عضوية طبيعية في المياه الجوفية، وإن كانت بدأت بالظهور حديثًا 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 أثار جانبية أخرى ولها حدود قصوى مسموح بها.

أخطار التلوث بالمواد العضوية على الصحة العامة

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.

جدول رقم (٢-١)

بعض التأثيرات الصحية لبعض الملوثات العضوية والحدود القصوى

المسموح بها فى المياه الصالحة للشرب

الملوثات	أعلى تركيز مسموح به ملليجرام/ لتر	التأثير على الصحة
مركبات عضوية		
بنزين	٠,٠١	خطر سرطان
ثنائي كلور الميثان	٠,٠٢	خطر سرطان
احادي كلور البنزين	٠,٣	ضار للكلى والكبد والجهاز العصبي
بنزوبايرين	٠,٠٠٠٧	خطر سرطان
داي بروموكلوروبروبان	٠,٠٠١	خطر سرطان
تولوين	٠,٧	ضار للكلى والكبد والجهاز العصبي
٢,١ داى كلور البنزين	١	تأثير على الكلى والكبد
٤,١ داى كلور بنزين	٠,٣	تأثير على الكلى والكبد
ترای كلوروبنزين	٠,٠٢	ضار للغدة الكظرية
ثنائى (ايثيل هكسيل) اديبات	٠,٠٨	تأثير على الكبد والجهاز التناسلى
ثنائى (ايثيل هكسيل) فثلات	٠,٠٠٨	مواد مسرطنة
اكريلاميد	٠,٠٠٠٥	مواد مسرطنة ومؤثر على الجهاز العصبى
ابيى كلوروهيدرين	٠,٠٠٠٤	مواد مسرطنة
هكسا كلوروبيوتاديين	٠,٠٠٠٦	مواد مسرطنة
تراي استيك نيتريل	٠,٢	مواد مسرطنة
مركبات ثانوية		
حمض هالواسيتك	٠,٠٦	تأثير على الكبد والجهاز العصبي
تراي هالوميثان	٠,١	خطر سرطان
رابع كلوريد الكربون	٠,٠٠٤	خطر سرطان
٢,١ داى كلورايثان	٠,٠٣	خطر سرطان
مركبات الأيثان المكلورة		
١،١،١ترای كلوروأيثان	٠,٠٧	ضار للكبد والجهاز العصبى والجهاز الدورى
رباعى كلورايثين	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 وأيضًا بعض المخلفات التي تحتوي على مواد عضوية بسيطة التركيب وسريعة التأكسد، حيث تتأكسد هذه المواد بيولوجيًا بواسطة البكتريا التي تؤثر على دورة التنقية الذاتية، وبالتالي تؤثر على مستوي الأكسجين الذائب في المياه.

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

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

جدول رقم (١-٣)
أهم مجموعات الفيروسات التى يمكن أن تتواجد في المياه السطحية الملوثة والأمراض التى تسببها

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

جدول رقم (١ - ٤)
أهم أنواع البكتريا التى تتواجد
فى المياه السطحية الملوثة والأمراض التى تسببها

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

التخلص من الملوثات البكتريولوجية

تعتمد الطرق التقليدية لتنقية المياه لكي تكون صالحة للشرب وللأغراض المنزلية أساسًا 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، أوباستخدام ثاني أكسيد الكلور.

وتهدف الاختبارات التي تجرى على المياه للفحص البكتريولوجي إلى:

١. الحكم على مدى صلاحية أوعدم 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 هى الملوثات التى تسبب أمراض التيفود – الدوسنتاريا المعوية والباسيلية– الكوليرا – الباراتيفود – شلل الأطفال

وتتواجد الميكروبات المسببة لهذه الأمراض في المياه الطبيعية نتيجة صرف المخلفات السائلة في المسطحات المائية، إما احتمال تواجد هذه البكتيريا فـــي 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 الترع والمصارف والجنابيات وخزانات المياه الجوفية، قبل مطابقتها للمعايير الواردة باللائحة التنفيذية للقانون والصادرة بقرار وزير الرى رقم ٥٨ لسنه ١٩٨٣. وقد نصت المادة ٦٠ من القانون ٤٨ لسنه 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 الإيدروجيني	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 التى وضعتها وزارة الصحة طبقاً لما هومبين فى الجدول رقم (١-٦).

ونصت المادة ٦٢ من نفس القانون على أنه:

" يجب أن لا تكون المخلفات الصناعية السائلة المعالجة والتى 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 فى المخلفات الصناعية السائلة المعالجة للصرف على مسطحات المياه العذبة وخزانات المياه الجوفية

الاختبار	الحد الأقصى لمعايير المخلفات الصناعية السائلة المعالجة التى يتم صرفها على	
	نهر النيل من حدود مصر الجنوبية إلى قناطر الدلتا	فرعى نهر النيل (دمياط – رشيد)
درجة الحرارة	لا تزيد عن ٣°م عن المعدل السائد	لا تزيد عن ٣°م عن المعدل السائد
الأس الايدروجيني	٦-٩	٦-٩
الأكسجين الحيوي الممتص	٣٠	٢٠
الأكسجين المستهلك كيميائياً (دايكرومات)	٤٠	٢٠
مجموع المواد الصلبة الذائبة	١٢٠٠	٨٠٠
المواد العالقة	٣٠	٣٠
الكبريتيدات as (H_2S)	١	١
الزيوت والشحوم والراتنجات	٥	٥
الفوسفات غير العضوي	١	١
النترات as (NO_3)	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
* الكادميوم	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 الإحتمالي للمجموعة القولونية فى ١٠٠ سم^3	١٠٠٠	١٠٠٠

ونصت المادة ٦٤ على أنه:

"يجب أن تتوافر فى مياه المصارف قبل رفعها إلى مسطحات الميـــاه العذبـــة المعايير المبينة فى الجدول رقم (١-٧).

جدول رقم (١-٧)

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

الاختبار	المعايير (ملليجرام/لتر ما لم يذكر غير ذلك)
مجموع المواد الصلبة	٥٠٠
درجة الحرارة	٣°م فوق المعتاد
الأكسجين الذائب	لا يقل عن ٥
الأس الايدروجيني	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
كادميوم	لا يزيد عن ٠,٠٠٣
كروم	لا يزيد عن ٠,٠٥
سيانيد	لا يزيد عن ٠,٠٥
فوسفات	لا يزيد عن ١
العد الإحتمالي للمجموعة القولونية / ١٠٠سم^3	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

الاختيار	الحد الأقصى المسموح به
اللون	معدوم
الطعم	مقبول
الرائحة	معدومة
العكارة	١ وحدة (NTU)
الأس الأيدروجيني	٦,٥-٨,٥
الأملاح الذائبة عند ١٢٠ ° م	١٠٠٠ ملجرام/لتر
الحديد	٠,٣ ملجم/لتر
المنجنيز	٠,٤ ملجم/لتر
النحاس	٢,٠ ملجم/لتر
الزنك	٣,٠ ملجم/لتر
العسر الكلي (كربونات كالسيوم)	٥٠٠ ملجم/لتر
عسر كالسيوم(كربونات كالسيوم)	٣٥٠ ملجم/لتر
عسر ماغنسيوم(كربونات كالسيوم)	١٥٠ ملجم/لتر
الكبريتات	٢٥٠ ملجم/لتر
الكلوريدات	٢٥٠ ملجم/لتر
الصوديوم	٢٠٠ ملجم/لتر
الألومنيوم	٠,٢ ملجم/لتر
مواد غير عضوية ذات تأثير على الصحة العامة:	
الباريوم	٠,٧ ملجم/لتر

جدول رقم (١-٨)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب

طبقا للقرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

الاختيار	الحد الأقصى المسموح به
الرصاص	٠,٠١ ملجم/لتر
الزرنيخ	٠,٠١ ملجم/لتر
السيانيد	٠,٠٥ ملجم/لتر
الكادميوم	٠,٠٠٣ ملجم/لتر
السيلينيوم	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، داى إلدرين Aldrin and dieldrin	٠,٠٠٠٠٣
أترازين Atrazine	٠,٠٠٢
بنتازون Bentazone	٠,٠٣
كاربوفيوران Carbofuran	٠,٠٠٧
كلوردان Chlordane	٠,٠٠٠٢
كلوروتوليورون chlorotoluoron	٠,٠٣
د.د.ت D.D.T	٠,٠٠١
٢،١-داى بروموـ٣-كلوروبروبان 1.2-Dibromo 3-chloropropane (DBCP)	٠,٠٠١
٤،٢ د 2.4-Dichlorophenoxyacetic acid (2.4 D)	٠,٠٣
٢،١-داى كلوروبروبان 1.2-Dichloropropane (1.2-DCP)	٠,٠٢
٣،١-داى كلوروبروبين 1.2-Dichloropropene (1.2-DCP)	٠,٠٢

جدول رقم (١-٨)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب

طبقا للقرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

الاختيار	الحد الأقصى المسموح به
هكسا كلوروبنزين Hexachlorobenzene	٠,٠٠١
أيزوبروتورون Isoproturon	٠,٠٠٩
لندان Lindane	٠,٠٠٢
ميثيل كلوروفينوكسى اسيتيك اسيد Methylchlorophenoxyacetic acid (MCPA)	٠,٠٠٢
ميثوكسى كلور Methoxychlor	٠,٠٢
ميتولا كلور Metoachlor	٠,٠١
مولينات Molinate	٠,٠٠٦
بنديميثالين Pendimethalin	٠,٠٢
بنتاكلوروفينول Pentachlorophenol	٠,٠٠٩
بيرمثرين Permethrin	٠,٠٢
بروبانيل Propanil	٠,٠٢
بيريبروكسيفين Pyriproxyfen	٠,٣
سيمازين Simazine	٠,٠٠٢
ترای فلورالين Trifluralin	٠,٠٢
٤،٢ د.ب DB-2.4	٠,٠٩
٤،٢ داى كلوروبروب Dichloroprop-2.4	٠,٠١
فينوبروب Fenoprop	٠,٠٠٩
ميكوبروب Mecoprop	٠,٠١
٥،٤،٢-ت 2.4.5-T	٠,٠٠٩
مونوكلور أمين Monochloramine	٣
كلور chlorine	٥
برومات Bromate	٠,٠١
كلوريت Chlorite	٠,٧
٢،٤،٦-ترای كلوروفينو 2.4.6-Trichlorophenol	٠,٢
ترای هالوميثان Trihalomethanes	٠,١
داى كلورواسيتات Dichloroacetate	٠,٠٥
ترای كلورواسيتات Trichloroacetate	٠,١

جدول رقم (١-٨)

المواصفات والمعايير الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب

طبقا للقرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

الاختيار	الحد الأقصى المسموح به
تراى كلوروأسيتالدهيد Trichloroacetaldehyde	٠,٠١
داى كلورواستيونيتريل Dichloroacetonitrile	٠,٠٢
داى بروموا سيتونيتريل Dibromoacetonitrile	٠,٠٧
تراى كلورواسيتونيتريل Trichloroacetonitrile	٠,٠٠١
كربون تترا كلوريد Carbon tetrachloride	٠,٠٠٤
داى كلوروميثان Dichloromethane	٠,٠٢
١،٢-داى كلوروإيثان 1.2-Dichloroethane	٠,٠٣
١،١،١-تراى كلورو ايثان 1.1.1-Trichloroethane	٠,٠٧
كلوريد الفينيل Vinyl chloride	٠,٠٠٠٣
١،١-داى كلوروإيثين 1.1-Dichloroethene	٠,٠٣
١،٢-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
١،٢-داى كلوروبنزين 1.2-Dichlorobenzene	١
١،٤-داى كلوروبنزين 1.4-Dichlorobenzene	٠,٣
تراى كلوروالبنزين الكلى Trichlorobenzenes (Total)	٠,٠٢
داى (٢-ايثيل هكسيل) أديبات Di (2-ethylhexyle)adipate	٠,٠٨
داى (٢-ايثيل هكسيل) فثالات Di (2-ethylhexyl)phthalate	٠,٠٠٨
أكريلاميد Acrylamide	٠,٠٠٠٥
إيبى كلوروهيدرين Epichlorohydrin	٠,٠٠٠٤
هكسا كلوروبيوتادايين Hexachlorobutadiene	٠,٠٠٠٦
اديتيك اسيد Edetic acid (EDTA)	٠,٦
تراى اسيتك 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

طبقا للقرار ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧

الاختيار	الحد الأقصى المسموح به
بروموفورم Bromoform	٠,١
كلوروفورم Chloroform	٠,٣
كلورال هيدرات Chloralhydrate	٠,٠١
داى ميثوات Dimethoate	٠,٠٠٦
فورمالدهايد Formaldehyde	٠,٩
سيانوجين كلوريد Cyanogens Chloride	٠,٠٠٧
ترى بيوتيل اكسيد القصدير Tributyltin oxide	٠,٠٠٢
فينول Phenol	٠,٠٠٢
داى وترای كلور أمين Di- and Trichloramine	٠,٠٠٥
زايلين Xylenes	٠,٥
ايثيل بنزين Ethylbenzene	٠,٣
ستيرين Styrene	٠,٠٢
بروموداى كلوروميثان Bromodichloromethane	٠,٠٦
ترای كلوروإيثين Trichloroethene	٠,٠٢

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

خامسا: المواد المشعة:

م	نوع الفحص	الحد الأقصى المسموح به
أ	مشتقات من فصيلة ألفا (α)	٠,١ بيكرل / لتر
ب	مشتقات من فصيلة بيتا (β)	١,٠. بيكرل /لتر

المعايير الدولية لنوعية مياه الشرب

جدول رقم (١-١٠)

مقارنة بين المعايير المعتمدة لمياه الشرب فى الإتحاد الأوروبى

ومنظمة الصحة العالمية والولايات المتحدة الأمريكية وجمهورية مصر العربية

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

الفصل الثانى

متطلبات الجودة فى معامل التحاليل (متطلبات الأيزو ١٧٠٢٥)

الفصل الثانى

متطلبات الجودة فى معامل التحاليل (متطلبات الأيزو ١٧٠٢٥)

أهداف التدريب (التعلم):

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

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

مقدمة

تتطلب إدارة معامل التحاليل تطبيق عدة معايير لكى تفى بمتطلبات الجودة العالمية والاعتماد، وقد حددت المواصفة أيزو ١٧٠٢٥ عدة متطلبات إدارية وفنية كما يلى:

المتطلبات الإدارية

١. التنظيم والإدارة.
٢. نظام الجودة.
٣. ضبط المستندات.
٤. مراجعة العقود والمناقصات.
٥. ضبط وتصحيح الاختبارات والمعايرات غير السليمة.
٦. التعاقدات مع جهات خارجية.
٧. المشتريات.
٨. الخدمات المقدمة للعملاء.
٩. الإجراءات التصحيحية.
١٠. الإجراءات الوقائية.
١١. الشكاوي.
١٢. التحسين.
١٣. حفظ وإدارة السجلات والمستندات.
١٤. التفتيش الداخلي.
١٥. مراجعة الإدارة.

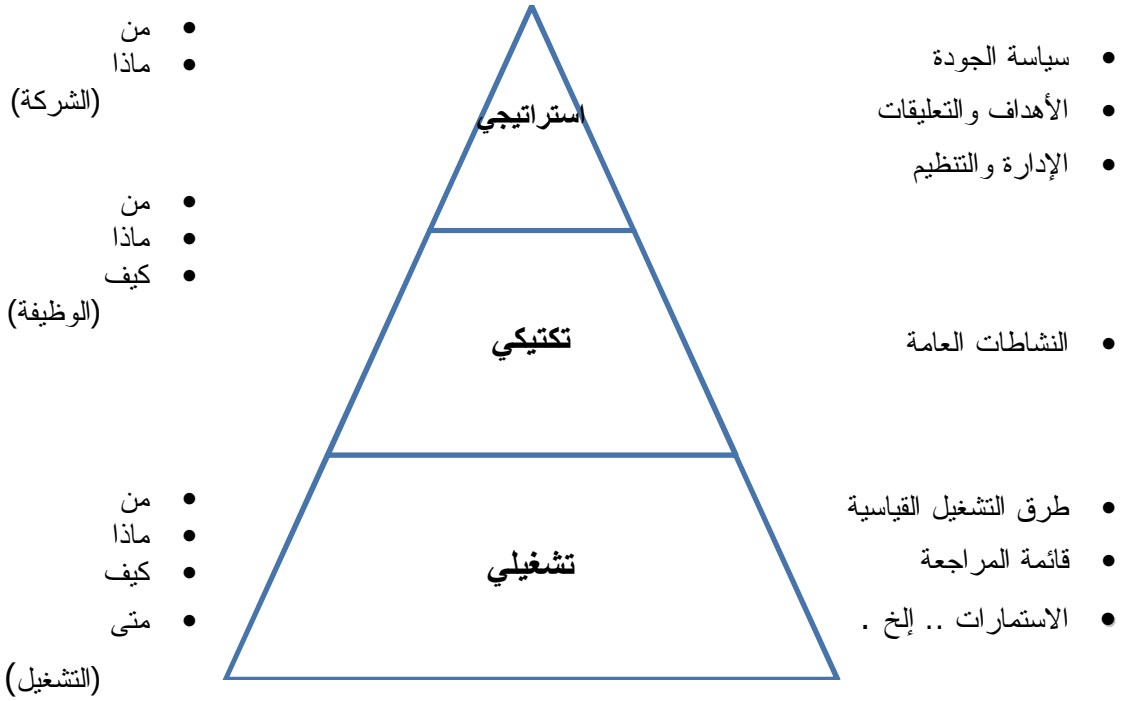
المتطلبات الفنية

١. مقدمة عامة
٢. عدد ونوعية الأفراد.
٣. ظروف وبيئة وتجهيزات مكان العمل.
٤. طرق الاختبارات والمعايرة المستخدمة.
٥. أجهزة تجميع وتحليل العينات.
٦. إجراءات تتبع القياسات.
٧. تجميع العينات.
٨. تداول مواد الاختبار والمعايرة.

٩. تأكيد جودة الاختبارات والمعايرة.
١٠. توثيق المستندات و تسجيل النتائج وطرق الحفظ.

نظام الجودة

يجب على إدارة المعمل إعداد وتطبيق نظام لضمان الجودة يناسب الغرض والنشاط المزمع البدء فيه متضمناً ذلك نوع ومدى وحجم الاختبارات المخطط لها. ويجب على إدارة المعمل أن توثق سياستها وأنظمتها وبرامجها وطرقها وتعليماتها إلى الحد الضروري الذى يمكن المعمل من تأكيد جودة نتائج التحاليل التى يؤديها، ويجب أن يكون التوثيق المستخدم فى نظام الجودة معلوماً ومتاحاً ومنقولاً ومطبقاً من قبل الأشخاص المعينين. ويجب على المعمل أن يحدد ويوثق سياساته وأهدافه المرجوة فى نظام الجودة ويطبقها.
يهدف نظام الجودة إلى التأكيد على مستوى الأداء ويمكن أن يصدر ذلك من خلال سلطة مدير المعمل. ويشمل التخطيط الموضح بالشكل رقم (٢-١) تدرج توثيق نظام الجودة.



شكل رقم (٢-١)
مستويات الجودة

يمكن حصر عناصر نظام الجودة فى ثلاثة مستويات تسمي المستوى الاستراتيجي والتكتيكي والتشغيلي كما هو مبين بالشكل العلوي. ويمكن من خلال المساحة التى يشغلها كل مستوى من المثلث توقع كمية الوثائق النسبية المطلوب إعدادها لكل مرحلة.

فالمستوى الاستراتيجي وهو (دليل الجودة) يكتب كنشرة منفصلة بحيث يمكن توزيعها على العملاء وجهاز شئون البيئة لتعطيهم المعلومات الكافية عن علاقة ما يجري بنظام تأكيد الجودة ولا يلزم أن يبين كيف يجرى ذلك تفصيلاً.

وتوزيع هذا الدليل يخلق حالة من الثقة وربما يساعد فى إيجاد علاقات عمل طيبة. وهذا الدليل يعتبر شرطاً مسبقاً ضرورياً لإجراءات التفويض ويجب إعداده وتقديمه قبل أن يقوم المختبر بنشاطه.

وتصف مستندات المستويين التكتيكي والتشغيلي التفاصيل عن كيف يتم تأكيد الجودة وعادة ما يبقى هذا الجزء سرياً على جميع الجهات باستثناء جهات التفتيش التى يمكنها الإطلاع عليه، ويجب إعداد مستندات هذين الجزأين وتقديمها خلال العامين التاليين للتفويض.

المستوى الاستراتيجي لدليل الجودة

يتضمن المستوى الاستراتيجي لدليل الجودة مايلي:

إفادة من الإدارة العليا بسياسة الجودة المتبعة متضمنة الأهداف والالتزامات.

١. الترتيب والتنظيم وهيكل المختبر ومكانه والهيئة الأم التى يتبعها وكذلك أية مخططات تنظيمية معينة.
٢. العلاقات بين الإدارة والعمليات التقنية والخدمات المساندة ونظام الجودة.
٣. توصيف للأعمال المسندة للعاملين الرئيسيين وإشارة إلى توصيف لوظائف الموظفين الآخرين.

نطاق نشاط المعمل.

- الترتيبات التى تضمن أن يقوم المعمل بمراجعة كل الأعمال الجديدة لضمان وجود الوسائل والموارد الملائمة قبل تنفيذ العمل.
- طرق حماية السرية وحقوق الملكية للنتائج.
- وصفاً مختصراً عن تدقيق ومراجعة النظام المتبع.
- إشارة إلى وثائق الجودة التى يقتنيها المعمل.

إن دليل الجودة غالباً ما يوزع على الجهات الخارجية ولذا فمن الممكن أن يحتوى على توصيف قصير عن تاريخ وأهداف المعمل والمعلومات المتعلقة بنشاطه وعلى سبيل المثال ارتباطه وعلاقاته بالجهات الحكومية والدولية.

المستوى التكتيكي لدليل الجودة يتضمن الموضوعات والإرشادات الآتية:

١. طرق ضبط وصيانة التوثيق.
٢. التعريف بالتوقيع المعتمد (حين يكون هذا المفهوم مناسب).
٣. الطرق المعملية لتتبع القياسات.
٤. إشارات إلى المعايرة وتأكيد طرق الاختبارات المستخدمة.
٥. طرق إجراء المعايرة والاختبارات.
٦. إشارة إلى الأجهزة الرئيسية والمواد القياسية المستخدمة فى القياس.
٧. إشارة إلى الطرق المستخدمة فى المعايرة والتأكد منها وصيانة الأجهزة.
٨. إشارة إلى وسائل التأكد متضمناً برامج المقارنات بين المختبرات واختبارات الكفاءة واستخدام المواد المرجعية ومخططات ضبط الجودة الداخلي.
٩. الإجراءات التى تلى ردود الفعل وطرق التصحيح عند حدوث تناقضات فى النتائج أو حيود عن السياسات الموثقة والإجراءات المتبعة.
١٠. ترتيبات إدارة المعمل عند السماح بحيود عن وثائق السياسات والإجراءات أو من المواصفات القياسية.

١١. إجراءات المراجعة والتفتيش.

إن التعليمات تعني الممارسات العامة التى تتعلق بالعديد إن لم يكن بكل القياسات التى يجريها المعمل، وهى عادة مستقلة عن التقنية فالموضوعات التى يمكن أن تتناولها التعليمات هى:

أ. **المعمل**:

- الوسائل (الأثاث والمبني).
- الأجهزة.
- الكيماويات والكواشف والمواد المرجعية (إذا كان ذلك قابلاً للتطبيق).
- تحريات حقلية (إذا كان قابلاً للتطبيق).
- أخذ العينات (إذا شمل نشاط العمل أخذ العينات).
- العينات ومواد الاختبار.
- طرق القياس.
- معالجة البيانات.

ب. **نظام الجودة**:

- ضبط وصيانة توثيق نظام الجودة.
- المراجعة والتفتيش على نظام الجودة.
- تقارير نتائج الاختبارات.
- ضبط النتائج والتقارير متضمناً مراجعة النتائج وتحديد مدى الدقة (استخدام التجربة الغفل والمواد المرجعية والاشتراك فى اختبارات الكفاءة).
- تصنيف أدوات المختبر.
- التعامل مع المخلفات.
- الشكاوى.

المستوى التشغيلى لدليل الجودة

معظم توثيق نظام الجـــودة يشـــمل ويغطى بمجموعة من طـــرق التشغـــيل (Standard Operation Procedures) التى تصف العمليات المحددة والطرق التى سيجريها المعمل. وهذه تغطى كل الطرق التحليلية والدلائل المتعلقة بالأجهزة والطرق المستخدمة يومياً فى المعمل والتى تشمل عمليات أخذ العينات وتحضيرها وطرق القياس وأى عمليات أخرى تجرى بالمعمل بطريقة متكررة.

ويجب مراجعة نظام الجودة بصورة دورية منتظمة بواسطة الإدارة أو من ينوب عنها للتأكد من استمرار فعالية الإجراءات وأى إجراءات تصحيحية بدأت.

الخدمات المقدمة من المعمل:

يجب أن يعطي المعمل واحداً أو أكثر من الخدمات الآتية:

١. جمع عينات مياه الشرب أو المياه السطحية أو مياه الصرف الصناعي.
٢. تقييم نوعية عينات المياه.
٣. متابعة عمليات معالجة المياه.

ويجب على المعمل أيضاً:

أ. يتعاون مع العميل أو من يمثله ليسهل استيضاح أى طلب بخصوص مراقبة أداء المعمل فيما يتعلق بالعمل ومثل هذا التعاون ربما يتضمن السماح للعميل أو من يمثله من التواجد فى مناطق معينة من المعمل لمشاهدة الاختبارات التى تجرى للعميل دون التأثير على سرية الأعمال التى تجرى لعملاء آخرين.

ب. تحضير وتوزيع جزء من مواد الاختبار قد يحتاجها العميل لأغراض أجراء قياسات تأكيدية فى أماكن أخرى.

ج. الحصول على ردود من العملاء لاستخدامها فى تحسين نظام الجودة.

الشكاوى وضبط الاختبارات غير المتوافقة

يجب أن يكون لدى المعمل سياسة موثقة وطريقة للتعامل مع الشكـــاوى التى يتلقاها من العملاء. ويجب الاحتفاظ بسجل لكل الشكاوى والتحريـــات والإجراءات التصحيحية التى اتخذها المعمل، وعند ورود شكوى أو تشكيك فى نتائج الاختبارات يتم فورا الاستجابة لها والتعامل معها من خلال فحصها ودراستها وتتبع جميع مراحل الاختبار منذ أخذ أو استلام العينة حتى تحرير تقرير بالنتيجة وتوثيق الشكوى ونتائج فحصها، وقد يستدعى الأمر أن يتم تحليل عينات جديدة، واتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة لمنع تكرارها وإبلاغ الشاكى بالإجراءات التصحيحية وتسجيل الردود فى سجل الشكاوى.

ويجب على المعمل التعرف على الأعمال غير المتوافقة والمشاكل المتعلقة بنظام الجودة أو النشاطات المتعلقة بالاختبارات والتى يمكن أن تحدث فى أماكن متعددة ضمن نظام الجودة أو العمليات التقنية مثل شكاوى العملاء وضبط الجودة ومعايرة الأجهزة ومراجعة المواد المستهلكة ومشاهدات العاملين أو رؤساءهم أو تقارير الاختبار وشهادة مراجعة المعايرة ومراجعة الإدارة وردود العملاء أو مشاهدة العاملين وكذلك التفتيش الداخلي والخارجي. ويجب على المعمل أن يكون لديه سياسة وإجراءات يمكن تطبيقها عندما لا يتوافق أو يتفق أى اختبار مع متطلبات العميل.

ويجب أن تتضمن السياسة والإجراءات ما يلي:

١. تحديد المسئوليات والمسئولين عن التعامل مع الأعمال غير المتوافقة (متضمنة إيقاف العمل وحجب تقارير الاختبار وشهادات المعايرة إذا كان ضرورياً).
٢. تقييم أهمية عدم التوافق.
٣. اتخاذ الإجراءات للمعالجة الفورية مع اتخاذ أى قرار عن مدى قبول الأعمال غير المتوافقة.
٤. استرجاع النتائج غير المتوافقة من العميل كلما كان ضروريا.
٥. تحديد المسئولية لمن يخول لهم الحق فى استئناف العمل.

عندما يشير التقييم إلى أن الأعمال غير المتوافقة يمكن أن تعالج أو أن هناك احتمالات لمصداقية الشكوى عن أعمال المعمل فيما يتعلق بسياسته الخاصة وطرق تحاليله فإن الإجراءات التصحيحية يجب اتخاذها فوراً للتعرف على الأسباب الجذرية للمشكلة وإزالة الأسباب.

الإجراءات التصحيحية

على المعمل أن يتبني سياسة وإجراءات تصحيحية وأن يعين مسئولاً لاتخاذ الإجراءات التصحيحية عند اكتشاف أية أعمال غير متوافقة أو حيود عن السياسات والطرق المذكورة فى نظام الجودة أو طرق التشغيل التقنية، ويجب على المعمل أن يوثق ويطبق التغيرات المطلوبة على طرق التشغيل والتى تظهر سلبياتها من خلال الإجراءات التصحيحية.

وتبدأ طريقة التصحيح بتحريات لتحديد السبب الرئيسي للمشكلة ويمكن أن يكون من بين الأسباب متطلبات العميل أو العينات أو مواصفات العينة أو الطريقة والإجراءات المتبعة فى التحاليل ومهارات الفنيين وتدريبهم والمواد المستهلكة والأجهزة ومعايرتها.

وبعد التعرف على أسباب عدم توافق العمل يجب على المعمل التعرف على الإجراءات التصحيحية واختيار وتطبيق الإجراءات الأكثر ملائمة لإزالة المشكلة ومنع تكرارها.

إن أى إجراء يتبع لإزالة أسباب عدم التوافق يجب أن يكون بدرجة مناسبة لحجم المشكلة ويعادل الأخطار المتوقعة وبعد تطبيق إجراءات التصحيح يجب على المعمل مراقبة النتائج للتأكد من أن الإجراءات التى اتخذت كانت فعالة فى التغلب على المشكلات التى تم التعرف عليها. وعندما يكون التعرف على عدم التوافق أو الحيود يعطى ظلالاً من الشك على التزام المعمل بسياسته وطرقه المعلنة أو على التزامه بهذا الدليل فإن على المختبر أن يجرى وبسرعة التفتيش على مجالات النشاط المعنية. مثل هذا التفتيش

الخاص يلى مباشرة التطبيق لإجراء التصحيح ليؤكد مصداقيته. والتفتيش الخاص يجب أن يكون ضرورياً فقط عند تعرض مصداقية النتائج للخطر.

الإجراءات الوقائية على المعمل أن يقوم بما يلى:

أ. يتعرف على التحسينات المطلوبة ومصادر عدم التوافق سواء كانت تقنية أو متعلقة بنظام الجودة.

ب. إعداد خطط للإجراءات الوقائية.

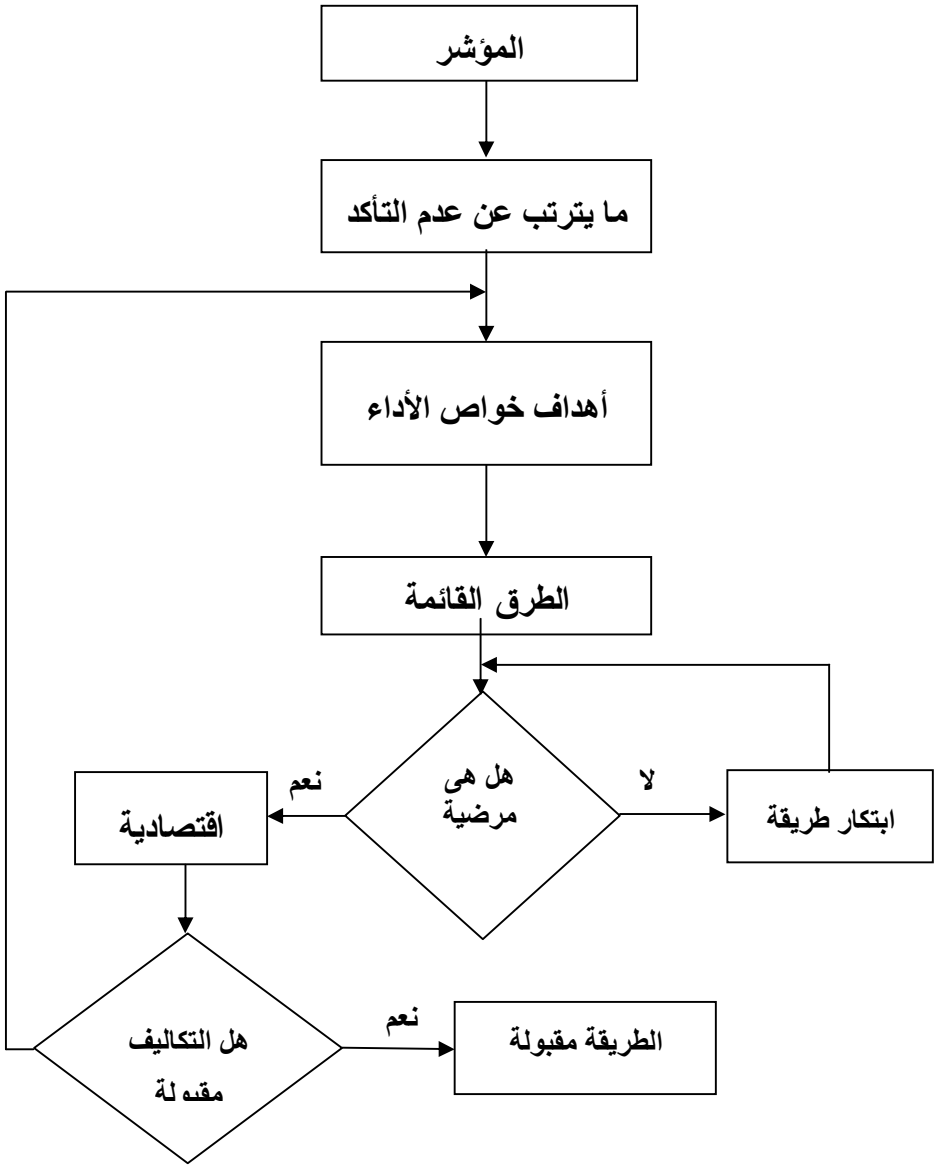
ج. رصد التحسن.

وتتضمن إجراءات التصحيح خطوات البدء وتطبيق السيطرة للتأكد من فاعليتها وبما تضمن الإجراءات الوقائية بالإضافة إلى مراجعة طرق التشغيل وتحليل النتائج وتحليل نتائج اختبار الكفاءة وتحليل المخاطر.

طرق التشغيل القياسية يجب أن يستخدم المعمل طرق اختبار متضمنة طرق أخذ العينات ومعالجتها ونقلها وتخزينها وتحضير المواد التى ستختبر والتى يجب أن تفى بمتطلبات العمل والتى تكون مناسبة للاختبار ويفضل استخدام الطرق القياسية، ويجب على المعمل أن يؤكد أنه يستخدم آخر طبعة من الطرق القياسية (Standard Methods, Latest Edition) إلا إذا كان من غير المناسب أو الممكن استخدامه، وكلما كان ضرورياً فإنه الطرق القياسية يجب أن تكون مكملة بالتفصيلات الإضافية لضمان تطابق النتائج. ويعتمد اختيار الطريقة على عدة عوامل أهمها خواص الأداء الأساسية ويبين الشكل رقم (٢-٢) طريقة العمل التفصيلية لاختيار الطريقة.

وعندما لا يحدد المعمل الطريقة القياسية اللازمة للاستخدام فإن عليه أن يختار طرقا مناسبة من تلك المنشورة دولياً أو إقليمياً أو محلياً أو المنشورة بواسطة المنظمات التقنية ذات السمعة الجيدة أو التى نشرت فى المجلات العلمية المتخصصة.

والطرق التى يبتكرها المعمل أو يتبناها يمكن استخدامها أيضاً إذا كانت ملائمة للغرض المقصود وتم قبولها للتطبيق. وعلى المعمل أن يؤكد أنه يستخدم طرقاً قياسية بشكل صحيح قبل إجراء الاختبارات والمعايرات. وإذا ما تغيرت الطرق القياسية المستخدمة وجب إعادة التأكيد.



شكل رقم (٢ - ٢)

اختيار الطريقة المناسبة

وإدخال طرق اختبارات مطورة بالمعمل لاستخداماته الخاصة يجب أن تكون نشاطاً مخططاً وأن تكون معتمدة بالفنيين الأكفاء وموثقة بالموارد الكافية. ويجب تحديث هذه الخطط مع التطور ويجب أن يؤكد الاتصال الفعال بين كل الفنيين "المعنيين وعندما يكون من الضروري استخدام طرق غير موجودة فى الطرق القياسية فإنه يجب أن توثق جيدا قبل استخدامها، وعند إدخال طرق وأساليب جديدة يجب أن تحتوى على الأقل المعلومات الآتية:

أ. نطاق الاستخدام.
ب. وصف نوع المادة المختبرة.
ج. المؤشرات والكميات اللازم تقديرها.
د. الأجهزة والمواد المرجعية والقياسية المطلوبة.
هـ. الظروف البيئية المطلوبة وفترة الثبات المطلوبة.
و. وصف لطريقة العمل متضمناً.
- لصق علامات للتعرف– المعالجة– النقل– التخزين وإعادة المادة.
- مراجعة الأجهزة للتأكد أنها تعمل بكفاءة وكلما تطلب الأمر معايرتها وضبطها قبل كل استخدام.
- طرق تسجيل الملاحظات والنتائج.
- إجراءات الأمان.
ز. المعايير والمتطلبات للقبول والرفض.
ح. تسجيل البيانات وطرق تحليلها وعرضها.
ط. الإجراءات المتبعة لتقدير النتائج غير الموثوق بها.

وعندما تشتق النتائج بواسطة تقنيات إليكترونية لمعالجة البيانات فإن استقرار ومعقولية النظام يجب أن يكونا ذو مستوى بحيث لا يؤثر فى دقة النتائج.

ويجب أن يكون النظام المستخدم قادراً على تمييز أية أعطال خلال تطبيق البرنامج وأن يتخذ الإجراءات الملائمة.

ويجب على معامل التحاليل أن تؤكد قدرتها على إنجاز أداء مرضي مع خصائص أداء التوثيق لأى طريقة وذلك قبل إجراء تحليل للعينات.

ويجب أن تدرس قابلية التطبيق للطرق المستخدمة فى المعامل ويصدق عليها قبل استخدامها وكلما كان متاحاً يجب استخدام المواد المرجعية لتحديد أية انحرافات منظمة وإذا لم يكن ذلك ممكناً وجب مقارنة النتائج بتلك التى يحصل عليها باستخدام تقنيات أخرى من المفضل أن تكون مبينة على أساس مغاير للتحليل. وتحديد مدى عدم الثقة يجب أن يكون جزءاً من عملية التوثيق وأن يكون أساسياً لضبط الجودة السائد.

ويجب دراسة قابلية التطبيق الكامل لكل الطرق المستخدمة والنتائج وبيان حدود تطبيقاتها وأن تكون الطرق المستخدمة خاضعة لنظام ضبط الجودة والمعايرة. وربما يجد المعمل أنه من الملائم تبنى شكل موحد لقابلية تطبيق الطرق.

إن التطورات فى المنهج والتقنيات يتطلب تغيير فى الطرق المستخدمة من وقت لآخر والطرق القديمة الملغاة يجب سحبها ولكن يجب حجزها لأغراض الأرشيف ويجب وضع علامة (ملغاة) عليها. والطرق المنقحة البديلة يجب أن تكون كاملة التوثيق ومجازة من المسئول بالمعمل الذى وافق على استخدام الطريقة وتاريخ هذه الإجازة.

وعندما تجرى تعديلات طفيفة على الطريقة المستخدمة تشمل تغيير حجم العينة واستخدام كواشف مختلفة فإن الطريقة المنقحة يجب دراسة قابلية تطبيقها وتبيانها للجهات المانحة للتفويض أو الاعتماد فى الزيارة المقبلة. وعندما يشمل التغير فى الطريقة تغيراً فى النطاق مثل التغير الجوهري فى التكنولوجيا أو المنهج فإن على المعمل الحصول على موافقة الجهات المانحة للاعتماد مسبقاً. وأنه من حق الجهات المانحة للاعتماد ومقيموها أن تطلب إعادة تقييم لهذه التقنية اعتماداً على النطاق القائم للعمل المعتمد داخل المعمل.

ويجب أن يضمن المعمل نوعية طرق العمل المستخدمة بإجراءات مخططة تشتمل:

أ. مخططات ضبط الجودة الداخلي باستخدام تقنيات إحصائية.
ب. الاشتراك فى مقارنات مع معامل أخرى أو برامج اختبار الجودة.
ج. الاستعمال المنتظم للمواد المرجعية أو ضبط الجودة الداخلي باستخدام مواد مرجعية ثانوية.
د. تكرار الاختبارات أو المعايرات باستخدام نفس الطريقة أو غيرها.
ه. إعادة الاختبارات أو المعايرات للمواد المحتجزة.
و. ربط النتائج للخصائص المختلفة للمواد.

صلاحية طرق التحليل (قابلية التطبيق) (Validation)

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

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

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

- الانتقالية والتحديد.
- المدى.

- العلاقة الخطية.
- الحساسية.
- حد التمييز.
- حد التقدير.
- المرونة.
- الدقة.
- التحديد.

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

إن الطرق القياسية المستخدمة يجب أن تدرس حدود صلاحيتها فى كل معمل لتبين أن الأداء الموثق يمكن الحصول عليه. وحتماً فإن هناك خلاف فى الآراء على النظرية المستخدمة فى حسابات هذه المؤشرات وتقدم التفسيرات التالية للإرشاد وليس كرؤية مؤكدة.

الانتقائية (Selectivity) يدل هذا التعبير على المدى الذى يمكن أن يحدد مكون أو مكونات محددة فى مخلوط معقد دون تداخلات من المكونات الأخرى فى المخلوط. والطريقة التى تكون انتقائية تماماً لمكون أو مجموعة من المواد يقال عنها محددة (Specific). إن تطبيق الطريقة يجب أن يدرس باستخدام عينات مختلفة تتراوح نوعيتها بين المادة القياسية النقية والمخلوط ذو الخلفية المعقدة. وفى كل حالة فإن المردود (Recovery) من المادة المقاسة يجب تحديده وذكر تأثير التداخلات المتوقعة. وكل تقييد فى تطبيق الطريقة يجب توثيقه.

المدى (Range) يحدد المدى العملي لطريقة بفحص العيـــنات بتركيزات مختلفة وتحديد مدى التركيز الذى يمكن عنده الحصول على درجة مقبولة من الدقة والتحديد.

والمدى العملي غالباً ما يكون أكثر شمولاً عن المدى الخطي والذى يحدد بتحليل عدد من العينات المختلفة فى التركيز وحساب الارتداد من النتائج باستخدام طريقة المربعات الأقل (Least Squares). وليس من الضروري أن تكون التحسينات خطية تماماً لكي تكون الطريقة فعالة.

والطرق التى تبين خطية جيدة لخمسة مواد قياسية مختلفة التركيز (بالإضافة إلى التجربة الغفل) تعد كافية من أجل الحصول على منحنيات المعايرة، وعندما تكون العلاقة الخطية ليست كذلك تماماً يجب زيادة المواد القياسية.

الخطية (Linearity)

تحدد بتحليل عينات ذات تركيز يتعدى المدى المعروف عن الطريقة وتستخدم النتائج فى حساب خط الارتداد مع التركيز باستخدام طريقة المربعات الأقل، ويكفى أن تكون الطريقة خطية على مدى معين من التركيز ولا يعتبر ذلك ضرورة مطلقة. وعندما لا يحصل على خطية لطريقة معينة فإنه من الممكن استخدام طريقة جبرية للحسابات.

الحساسية (Sensitivity)

هى الفرق بين تركيز المادة المطلوب تحليلها والذى يطابق أقل فرق فى استجابة الطريقة الذى يمكن تميزه. ويمثل بميل منحنى المعايرة ويمكن قياسه بواسطة المربعات الأقل أو عملياً باستخدام عينات تحتوى على تركيزات مختلفة من المادة المطلوب تحليلها.

حد التمييز (Limit of Detection)

يقاس بإعادة تحليل كمية من التجربة الغفل وهو تركيز المادة الذى تكافئ استجابتها متوسط الاستجابة للتجربة الغفل مضافاً إليها ثلاثة أضعاف الحيود القياسي.

حد التقدير (Limit of Quantization)

وهو أقل تركيز من المادة التى يمكن تقديرها بمستوى مقبول من التكرارية والدقة. ويجب إيجادها باستخدام عينة قياسية مناسبة وهو يعني عادة أقل نقطة فى منحنى المعايرة (باستبعاد التجربة الغفل) ولا يجب تقديره بالاستنباط أو بمد خط المعايرة.

المرونة
Ruggedness
(Robustness)

عندما تستخدم المعامل المختلفة نفس الطريقة فإنها عادة تلجأ إلى إدخال تغيرات ضئيلة فى طريقة العمل والتى من الممكن أن يكون لها أو لا يكون لها تأثير ملحوظ على أداء الطريقة. وتقاس المرونة بإدخال تغيرات متعمدة على ظروف الطريقة مثل تغيير درجة الحرارة والرقم الايدروجيني والزيادة من الكاشف ودراسة تأثيرها.

الدقة
(Accuracy)

وهو قرب قيمة المادة التى أجرى تحليلها من القيمة الحقيقية ويمكن أن يعرف ذلك باستخدام عينة قياسية مرجعية. وعندما لا يتوافر وجود عينة قياسية يمكن تقدير الدقة بإضافة كمية محدودة ومعروفة من كيماويات قياسية لجزء من المادة المراد قياسها. ويمكن استخدمها لتقدير الدقة للمراحل التى تلى الإضافة. ويمكن معرفة الدقة بمقارنة النتائج التى يحصل عليها بالطريقة المستخدمة بتلك التى يحصل عليها باستخدام طريقة أخرى مختلفة قاطعة أو طرق عمل بديلة وكذلك من الدراسات البينية.

دقة التكرارية
(Precision)

وهو تعبير على قرب الاتفاق بين نتائج اختبارات مستقلة وعادة ما يعبر عنه فى صورة الحيود القياسي وهو يعتمد عادة على تركيز المادة وهذا الاعتماد يجب تقديره وتوثيقه ويمكن التعبير عنه بطرق مختلفة تعتمد على ظروف الحسابات. والتكرارية (Repeatability) هى نوع من دقة التكرارية (Precision) والتى تستنبط من قياسات متكررة أُجريت تحت ظروف يمكن تكرارها وهذا يعنى استخدام نفس الطريقة– نفس المواد– نفس الشخص– نفس المعمل وذلك فى فترة زمنية متقاربة وقابلية إعادة الإخراج (Reproducibility) هو مفهوم من دقة التكرارية يعزى لقياسات تجرى تحت ظروف يمكن إعادتها مثل استخدام نفس الطرق– أشخاص مختلفين– معامل مختلفة – أجهزة مختلفة وعلى فترات زمنية متباعدة. ويتطلب استمرار استخدام الطرق مراجعة منتظمة للتأكد من أن احتياجات العميل مازالت تنجز. واختلاف المتطلبات يقتضي تعديل فى خطة التطوير وإعادة اختبار الصلاحية والموافقة عليها وتفويضها.

الكواشف والمواد المرجـــــعية والكيماويات القياسية

يجب على المعمل أن يستخدم النوعية المناسبة من الكيماويات والكواشف للاختبارات المعنية. وربما يؤخذ فى الاعتبار متطلبات النقاوة للكيماويات القياسية فيما يتعلق بالتحمل (Tolerance) المجاز للطريقة وعلى سبيل المثال فإن تحمل أقل من ٠,١% لقيمة مستهدفة سوف يتطلب استخدام كيماويات قياسية ذات تركيز مؤكد أكبر من ٩٩,٩% وتجرى المعايرة فى عديد من التحاليل باستخدام مواد قياسية محضرة بالمختبر من كيماويات معلومة النقاوة والتركيب. ومسئولية المستخدم أن يتحقق من أن نوعية المواد القياسية مرضية وعادة يتم التحقق من كل دفعة جديدة من المواد بمقارنتها بالقديم.

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

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

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

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

ويجب أن تتوافق طريقة التخلص من الكواشف مع قانون البيئة رقم ٩ لسنة ٢٠٠٩ وقرار وزير الإسكان رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ وكذلك تعليمات الصحة والأمان.

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

قياس اللا يقين
Measurement Uncertainty

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

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

إن نتائج أى طريقة قياس عرضه للحيود عن القيمة الحقيقية لعديد من الأسباب. على سبيل المثال درجة الحرارة تؤثر على الأجهزة الحجمية وانعكاس أو تشتت الضوء فى أجهزة القياس الطيفي والتفاوت فى مصدر الكهرباء والتفسيرات الفردية للمحلل فيما يتعلق بالطرق وعدم تمام الاسترجاع عند الاستخلاص كلها مصادر هامة للخطأ. وهذه الأخطاء يجب التقليل منها بالسيطرة الخارجية والتصحيح المناسب مثل تطبيق عامل تصحيح مناسب. ويصعب الحصول على مقدار الانحراف من قياس واحد للمادة المجهولة عن القيمة الحقيقية لذا فإن مدى الأبخرة يجب حسابه.

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

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

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

انه من المهم أن نلاحظ ان مكونات النوع الثانى من اللا يقين تنشأ عندما يكون تصحيح الانحراف القياسى ناشئا عن سبب معين يتوقع أن يكون صفرا. وعلى سبيل المثال فان معايرة جهاز طيف الامتصاص الذرى باستخدام محلول ملائم تدل على أن تصحيح خطأ منتظم يجب أن يكون صفرا. وعلى أية حال فان مضاهاة المحلول المرجعى والعينة من الصعب أن يكون تاما والفرق بين استجابة الجهاز سوف يعطى خطا منتظما غير معلوم فى النتائج التحليلية لهذا النوع من العينات. وإضافة لذلك فان المحلول المرجعى نفسه سوف ينحرف بصورة عامة بدرجة صغيرة غير معلومة عن

القيمة الاسمية لمحتواه من المادة. وكلتا الحالتين تؤدى إلى النوع الثانى من مكونات اللا يقين.

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

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

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

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

وتقع مساهمات اللا يقين فى النتائج التحليلية ضمن أربعة مجموعات:

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

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

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

طبيعى للحيود القياسى [W/(2√3)] من أجل الجمع. ويمكن تحويل فترات الثقة إلى الحيود القياسى بالقسمة على قيمة محددة من قيم (Student's t) للعينات الكبيرة (١,٩٦ من اجل ٩٥% حدود ثقة).

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

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

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

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

وعند تقدير اللا يقين لقياس فانه من الواجب الأخذ فى الاعتبار مكونات اللا يقين المهمة فى هذه الحالة باستخدام طرق مقبولة للتحليل. والمصادر التى تسهم فى اللا يقين تشمل وليست قاصرة على المواد القياسية المرجعية والطرق والمواد المرجعية والطرق المستخدمة والظروف البيئية وحالة المادة المختبرة أو المعايرة ومن يقوم بالتشغيل. أن توقع السلوك على فترة زمنية طويلة للمواد المختبرة لا تؤخذ فى الاعتبار عند تقدير قياس اللا يقين.

توريد المواد والمستلزمات المعملية:

- يجب أن يضع المعمل السياسات والإجراءات المناسبة لاختيار خدمات المشتريات والإمداد التى يستخدمها والتى تؤثر على جودة الاختبارات. وأن يحافظ على تنفيذ هذه الإجراءات عند مراجعة الطلبات والعطاءات والعقود الخاصة بتوريد مستلزمات المعمل من أجهزة وكيماويات وزجاجيات أو عند إجراء معايرات للأجهزة أو صيانة أو إصلاح. وتراعى النقاط الآتية:
- يجب على المعمل تحديد احتياجاته من المعدات والزجاجيات والمواد الكيماوية والمواد المرجعية والكواشف والمواد المستهلكة المشتراة التى تؤثر على جودة الاختبارات وتحديد المواصفات الفنية لها بدقة فى كراسة الشروط أو عروض الأسعار أو أوامر التوريد.
- تعد وثائق المشتريات التى تبين الخدمات والإمدادات المطلوبة (والتى تؤثر على جودة أداء المعمل) على أن تتم مراجعة تلك الوثائق واعتماد محتوياتها الفنية قبل طرحها وتلقى العروض.
- توافر القدرة المالية والموارد لدى المعمل لتحقيق تلك المتطلبات.
- مراعاة النواحى المالية والقانونية والفنية والجدول الزمنى للتوريد.
- يجب أن يؤكد المعمل على ضرورة التزام المورد بتوريد الأصناف المتعاقد عليها فى المواعيد المحددة وبالمواصفات المحددة، ويتم التحقق من المواد المشتراة للتأكد من الوفاء بالمتطلبات الموصفة بواسطة لجان الفحص والاستلام، ويتم تسجيل نتائج التحقق فى سجلات خاصة بذلك.

- يجرى المعمل تقييما للموردين ومقدمى الخدمات والإمدادات التى تؤثر على جودة الاختبارات، وعليه أن يحفظ سجلات التقييم وأن يضع قائمة بالموردين الذين تم اعتمادهم بواسطته.
- تحديد طريقة الاختيار والمفاضلة المناسبة بين العروض المقدمة ويفضل الاعتماد على طريقة النقاط.
- يقوم المعمل بإعداد سجل لقيد الموردين الذين تم تقيمهم واعتمادهم بواسطته، ويتم تقييم الموردين للخدمات والمواد الحرجة التى تؤثر على جودة الاختيار طبقا لمعايير محددة تتضمن:
  - الالتزام بمواعيد التوريد والكميات المتفق عليها والمواصفات المطلوبة.
  - وجود مرفوضات فى الواردات أثناء الفحص والتفتيش لها.
  - السمعة وسابق الخبرات وخدمة ما بعد البيع.
  - مدى الالتزام بتطبيق متطلبات الجودة.
- عند توريد الأصناف المطلوبة يجب عدم استخدامها ألا بعد إجراء التحقق اللازم من مطابقتها للمواصفات القياسية من خلال الفحص الفنى، كما يجب الاحتفاظ بالسجلات التى تم اتخاذها للتحقق من هذه المطابقة.
- يراعى إتباع أصول التخزين طبقا لنوعية المواد وتوصيات المصنع ويراعى خلال وبعد الفحص الفنى.
- اتخاذ إجراءات الإضافة والصرف فى سجلات المعمل.

الفصل الثالث

الأجهزة الرئيسية المستخدمة فى قياسات ملوثات مياه الشرب وطرق معايرتها

الفصل الثالث

الأجهزة الرئيسية المستخدمة فى قياسات ملوثات مياه الشرب وطرق معايرتها

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـــى 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 الأيدروجينى وكيفية استخدامه وأنواع الأقطاب التى تستخدم فى قياس الأس الأيدروجينى وكيفية معايرة الجهاز.
- يحدد المعلومات التى يجب معرفتها وخطوات معايرة جهاز التوصيل الكهربى.
- يشرح نظرية عمل جهاز قياس الأكسجين المذاب وكيفية معايرته.

مقـــدمة تتنوع الأجهزة المستخدمة فى قياسات ملوثات مياه الشرب، حسب استخداماتها، وسوف نعرض فيما يلى هذه الأجهزة.

أنواع الأجهزة المستخدمة فى القياس تنقسم الأجهزة المستخدمة فى قياسات ملوثات مياه الشرب إلى فرعين أساسين، حيث تتنوع هذه الأجهزة فى كل فرع منهما حسب استخدامها، وسوف نعرض فيما يلى هذه الأجهزة وطريقة معايرتها كل على حدة.

أولاً: الأجهزة المستخدمة في قياسات العناصرالفلزية:

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

ثانياً: الأجهزة المستخدمة فى 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 Total Organic Carbon (TOC).
- أجهزة قياس الكتلة Mass Spectrometer.
- أجهزة القياس بالأشعة تحت الحمراء Infrared Spectrometer.

أولاً: الأجهزة المستخدمة في قياسات العناصرالفلزية

جهاز قياس طيف الامتصاص المرئي وفوق البنفسجى (سبكتروفوتومتر)

UV-Vis - Spectrophotometers

تستخدم هذه الأجهزة فى تقدير العديد من المواد (المؤشرات) مثل النترات والأمونيا والفوسفات وبعض العناصر المعدنية وذلك بإدخال هذه المواد فى تفاعلات تنتج عنها ألوان ذات أطوال موجات محددة يمكن قياسها [صورة رقم (٣-١)].

يوجد نوعان من هذه الأجهزة:

١. (أحادى الشعاع) Single Beam

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

٢. (ثنائى الشعاع) Double Beam

حيث يخرج من المصدر شعاع واحد يسمح بمروره على قاسم شعاع حيث ينفصل إلى شعاعين يمر أحدهم بعد ذلك خلال العينة والآخر فى المحلول الغفل ويؤخذ الفرق بينهما شكل رقم (٣-١).

يتكون جهاز طيف الامتصاص المرئى من الأجزاء الآتية:

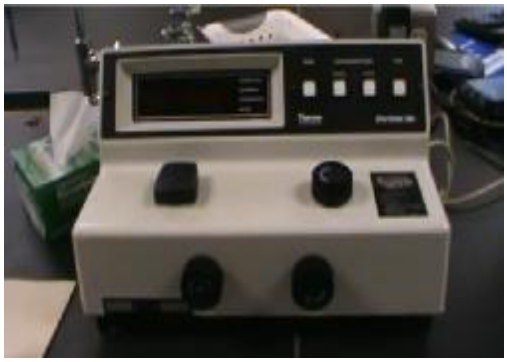
المصدر: وهو لمبة تنجستن لها انبعاث قوى ومستمر وتعطى حزمة ضوئية طول الموجة لها من ٣٥٠ إلى ٨٠٠ نانومتر.

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

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

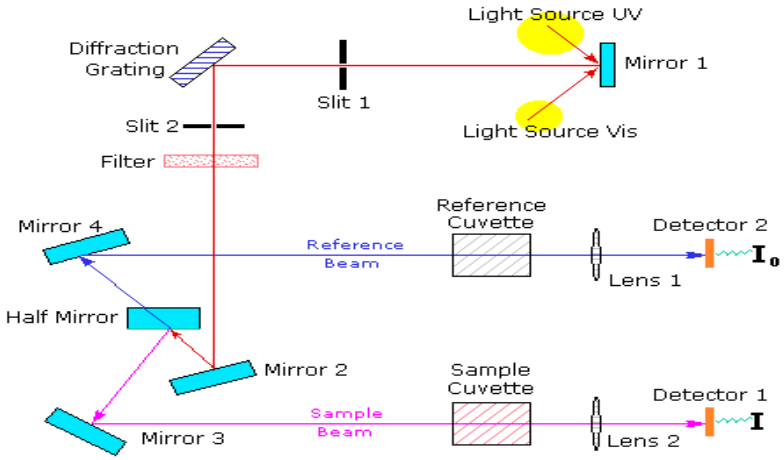
الكاشف: وهو أنبوبة تكبير للفوتونات الساقطة عليها وتحويل الأشعة الساقطة إلى تيار كهربى يمكن قياسه.

مسجل: لتسجيل منحنيات الامتصاص



صورة رقم (٣-١)

جهاز قياس الطيف المرئي وفوق البنفسجى (سبكتروفوتومتر)



شكل رقم (٣-١)

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

الطريقة الثانية:

- يستخدم مرشح أكسيد الهولميوم Holmium Oxide filter القياسى وعادة يورد مع الجهاز.
- يوضع المرشح فى غرفة القياس وتغير أطوال موجات القياس وتؤخذ القراءات التى يجب أن تتطابق 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 و٠,٠٢ و٠,٠١ جرام/ لتر من محلول الكرومات مذابا فى 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 الجزيئ 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 أطيافها تقع فى المدى المرئى ولذلك فإنه من الممكن قياس طيف انبعاثها صورة رقم (٣-٢)، وفى هذه الطريقة يتم دفع محلول العينة إلى لهب يعمل بالبوتجاز والهواء فتثار ذرات العنصر وعند عودة الإليكترونات إلى الحالة المستقرة ينبعث طيف يلون اللهب بلون يعتمد على نوع العنصر يمكن قياس كثافته وتقدير هذا العنصر وعن طريق استخدام منحنى معايرة (إجراء التجارب مع محاليل معروفة التركيز) يمكن معرفة تركيز العينة المجهولة.

صورة رقم (٣-٢)
جهار قياس طيف اللهب

معايرة جهاز قياس طيف اللهب:

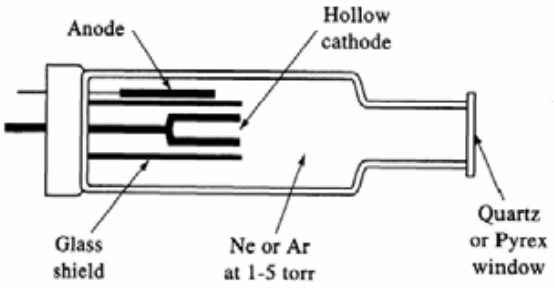
- يحضر محلول مرجعى من الصوديوم او عناص البوتاسيوم والليثيوم والكالسيوم والباريوم حسب العنصر المراد تقديرة.
- فى حالة الصوديوم على سبيل المثال يذاب ٢,٥٤٢ جرام من كلوريد الصوديوم السبق تجفيفة عند درجة حرارة ١٤٠ ٠ م ويخفف إلى لتر ماء مقطر خإلى من الأيونات (كل ١,٠٠ ملليلتر = ١,٠٠ ملليجرام من عنصر الصوديوم).

- يخفف ١٠,٠٠ ملليلتر من المحلول إلى ١٠٠,٠ ملليلتر ليعطى محلول وسطى يحتوى كل ١,٠٠ ملليلتر منة على ١٠٠ ميكروجرام صوديوم، ويعاد تخفيف المحلول ١٠ مرات للحصول على محلول يحتوي على ١٠ ميكروجرام صوديوم.
- يستخدم هذا المحلول فى تحضير منحنى معايرة من ٠,١ إلى ١,٠ ملليجرام/ لتر. يشغل الجهاز ويترك ليسخن لمدة ١٠ دقائق.
- تحضر تجربة الغفل المحتوية على ماء التخفيف ومحاليل الصوديوم القياسية وتدفع فى الجهاز بدءا بالتركيز الأكبر ثم الأصغر ويقاس 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 باتباع نفس طريقة العمل.
- تتبع نفس الطريقة لقياس عناصر الأقلاء والأقلاء 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 وبتسجيل 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 (٣-٢).



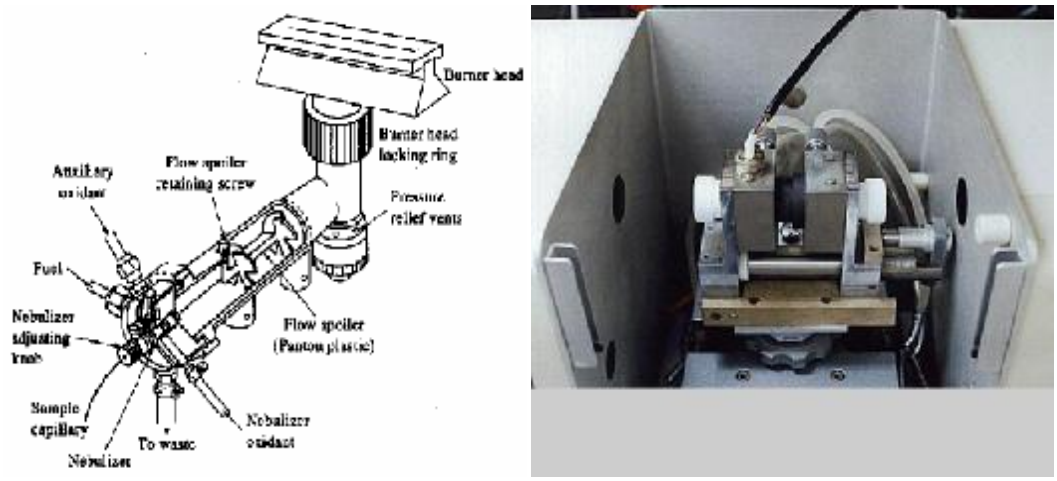
شكل رقم(٣-٢)
انبوبة كاثود جوفاء

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 (٣-٣).

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

مسجل: لتسجيل النتائج رقميا أو بالرسم. ويبين شكل رقم (٣-٤) صورة للجهاز. وهناك نوعين من هذه الأجهزة : أحادى الشعاع وثنائي الشعاع شكل رقم (٣-٥).

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

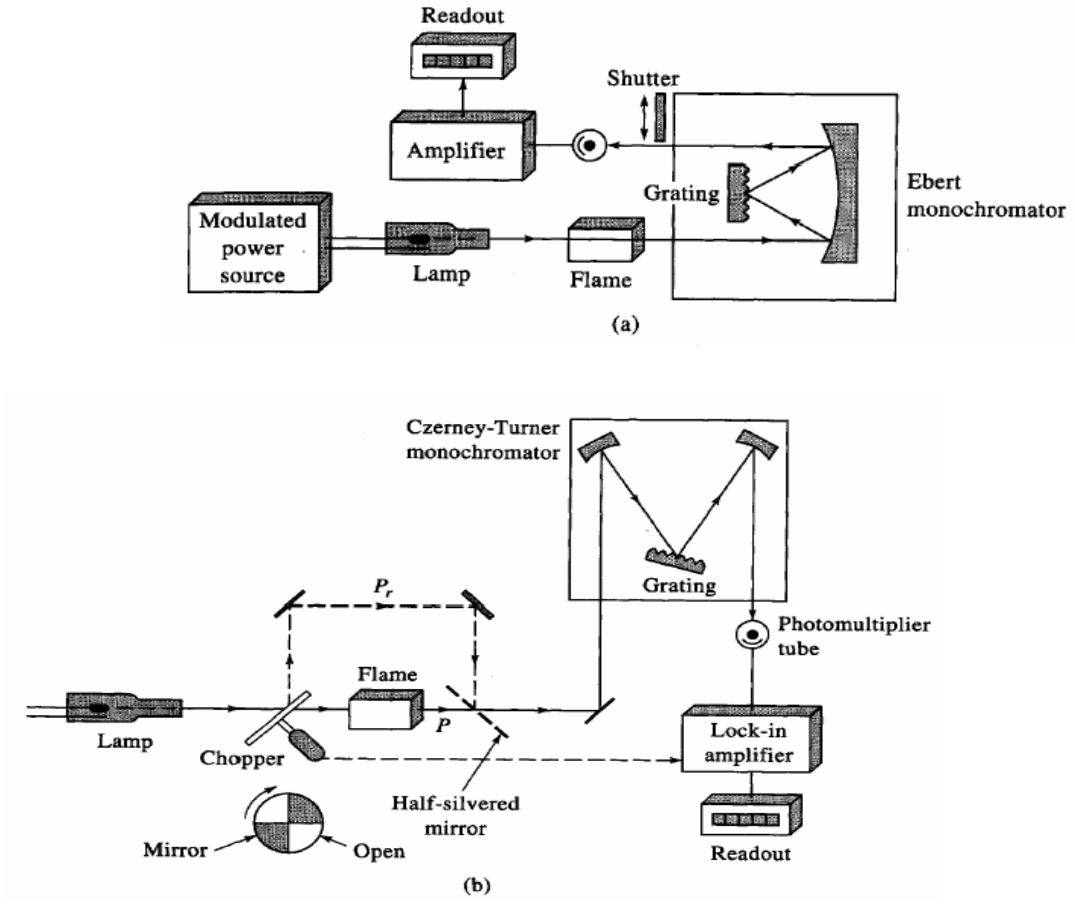


شكل رقم (٣-٣)

الفرن الجرافيتى وموقد الإستهلاك الكلى

شكل رقم (٣-٤)

جهاز قياس طيف الامتصاص الذرى



شكل رقم (٣-٥)

رسم تخطيطى لجهاز قياس طيف الامتصاص الذرى (a) احادى (b) مزدوج الشعاع

معايرة جهاز قياس طيف الامتصاص الذرى:

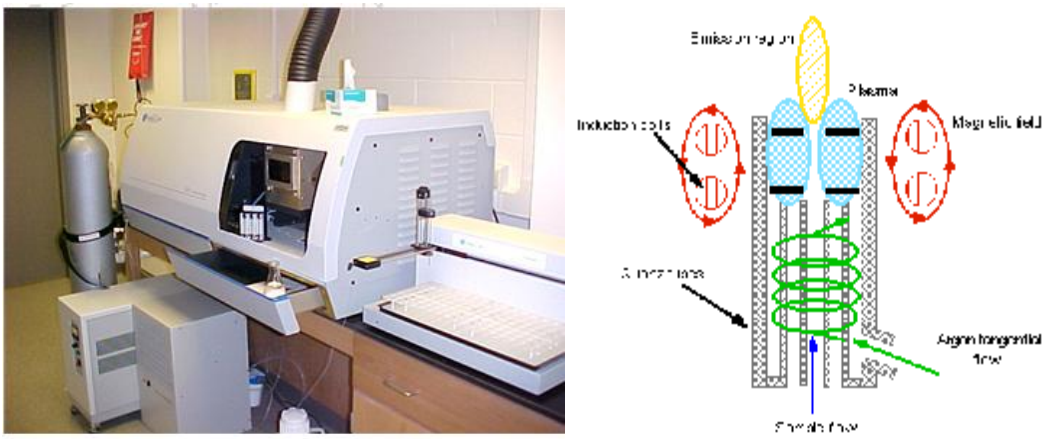
- تركب لمبة الكاثود الجوفاء الخاصة بالعنصر المراد قياسه وتحدد طول موجة القياس لهذا العنصر ويشغل الجهاز ويستخدم التيار المناسب للمبة.
- يترك الجهاز ليسخن حتى تثبت طاقة المصدر (١٠-٢٠ دقيقة) ثم يعاد ضبط التيار بعد تسخين الجهاز إذا لزم الأمر وكذلك طول موجة القياس.
- يركب الموقد المناسب ويضبط ارتفاعه ويمرر 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 القياسى فى اللهب ويسجل الامتصاص لها.
- يضبط وضع الموقد للحصول على أعلى استجابة.
- تستخدم المحاليل المرجعية للعنصر في رسم منحنى معايرة قياسى يبين العلاقة بين التركيز والامتصاص. يستخدم المنحنى فى قياس تركيز نفس العنصر فى عينات مجهولة.

جهاز قياس طيف الإنبعاث باستخدام بلازما الحث المزدوج

Inductively Coupled Plasma

تعتمد فكرة عمل الجهاز على نفس فكرة قياس طيف الانبعاث فى فوتمتر اللهب غير أن اللهب المستخدم فى هذه الحالة هو بلازما درجة حرارتها تصل إلى ٦٠٠٠ درجة مئوية، وتتكون البلازما من تأين الأرجون، ويعرض الشكل رقم (٣-٦) رسم تخطيطى لمصدر بلازما الحث المزدوج وجهاز قياس طيف الانبعاث باستخدام بلازما الحث المزدوج.



شكل رقم (٣-٦)

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 الإنبعاث باستخدام بلازما الحث المزدوج:

- يخفف ٢ ملليلتر من حمض النيتريك المخفف (١ +١) و١٠ ملليلتر من حمض الأيدروكلوريك المخفف (١+١) إلى ١٠٠ ملليلتر 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 الذري 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 القصديروز فى وسط حامضى وإزاحة بخار الزئبق بواسطة غاز النيتروجين أو الأرجون أو الهواء إلى خلية مصنوعة من الكوارتز وموضوعة فى المسار الضوئي لجهاز قياس الامتصاص الذرى 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 (٣-٧) جهاز ورسم تخطيطى لجهاز تحليل الزئبق.

شكل رقم (٣-٧)

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 ثوانى ثم تجرى ٣ تجارب غفل للتأكد من أن قيمة القراءات ضئيلة للغاية. ثم يقاس محلول قياسى من الزئبق يحتوى على ١٠٠ نانوجرام زئبق. ويستخدم هذا المحلول فى تحضير ٣ محاليل زئبق أخرى على الأقل بتركيزات مختلفة تغطى التركيزات المراد قياسها وتستخدم فى الحصول على منحنى معايرة. ويجب ألا تتجاوز فرق القراءات عن ± ١٠% ثم تجرى تجربة غفل عند نهاية القياس. تستخدم مصيدة للزئبق لامتصاص الزئبق ونواتج التفاعل وتختبر كفاءتها مرة كل شهر وتستخدم اجهزة الحماية الشخصية للوقاية من أخطار أبخرة الزئبق.

جهاز كروماتوجرافيا الأيونات Ion Chromatography

تقوم الفكرة على أساس تبادل الاتزان بين الأيونات التى بالمحلول والأيونات ذات الشحنة المماثلة الموجودة على سطح راتينج غير ذائب ذو وزن جزيئى 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 حمضى يمكن استبداله مع $^{+}M^{x}$، أما فى حالة أن يكون المطلوب استبداله هو أيون سالب (أنيون) $^{-}A^{x}$ فإن الراتينج يجب أن يحتوى على مجموعة $^{-}N(CH_3)_3{}^{+}OH$:

$$^{+}xRSO_3^{-}H^{+} + M^{x+} \leftrightarrow (RSO_3^{-}H^{+})_x\, M^{x+} + xH$$

صلب محلول صلب محلول

$$^{-}xRN(CH_3)_3{}^{+}OH^{-} + A^{x-} \leftrightarrow [RN(CH_3)_3{}^{+}]_xA^{x-} + xOH$$

صلب محلول صلب محلول

وتستخدم كواشف التوصيل الكهربى فى التقدير الكمى للأيونات الموجودة فى العينة حيث أنها بسيطة ورخيصة الثمن وسهل الحصول عليها وقليلة فى مشاكل التشغيل، المشكلة الوحيدة التى تواجه استخدام كواشف التوصيل

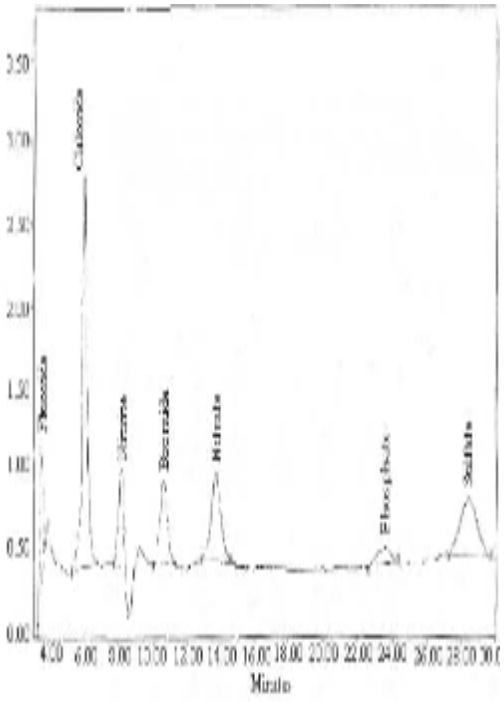
الكهربى فى عملية التبادل الأيونى هى استخدام التركيز العالى للإلكتروليت فى عملية الغسيل والتى تتداخل فى قياس كمية العينة المراد تحليلها، وللتغلب على هذه المشكلة فلقد تم إدخال عامود القمع (Suppresser Column) عند مخرج عامود فصل الأيونات مباشرة، حيث يستخدم راتينج فصل - أيونات آخر يقوم بتحويل أيونات مذيب الغسيل إلى جزيئات شحيحة التأين دون التأثير على أيونات العينة، فإذا كان المطلوب تعيين كاتيون موجب M^{x+} فإن عملية الغسيل تتم بحمض الهيدروكلوريك، ويحتوى عامود القمع على راتينج به مجموعة الهيدروكسيل مما يؤدى إلى تكوين الماء غير المتأين كناتج مع الأخذ فى 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 التأين وبالتالى فلا يؤثر على التوصيل الكهربى للعينة المراد تعيينها.

ويعرض الشكل رقم (٣-٨) 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- µS10).
- 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.



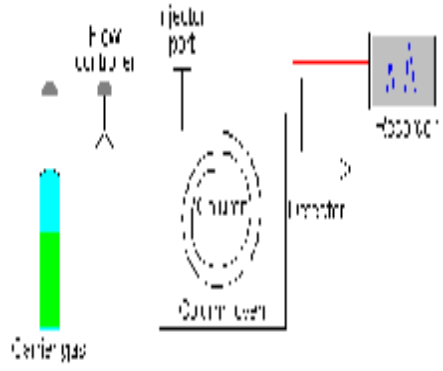
شكل رقم (٣-٨)

جهاز كروماتوجرافيا الأيونات والكروماتوجرام الصادر عنها

ثانياً: الأجهزة المستخدمة فى قياسات المركبات العضوية

جهاز كروماتوجرافيا الغاز Gas Chromatography

يستخدم هذا الجهاز فى فصل مكونات مخاليط تحتوى على مركبات عضوية وتقديرها كمياً، وفى هذا الجهاز تحقن العينة فى عمود فصل مناسب ومسخن عند درجة حرارة كافية لتبخير العينة التى يتم فصل مكوناتها على عمود الفصل حيث توزع المكونات نفسها بين الصنف السائل فى العمود والغاز المستخدم فى الإزاحة ثم تخرج مكونات المخلوط تباعا من عمود الفصل لتمر بالكاشف الذى قد يقيس التوصيل الحراري (Thermal Conductivity) أو التأين فى اللهب (Flame Ionization) أو اصطياد الإليكترونات (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 (٣-٩)

جهاز كروماتوجرافيا الغاز

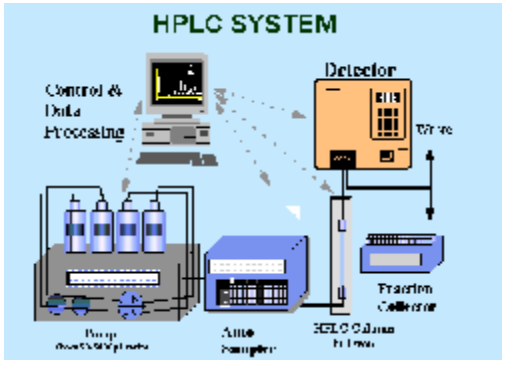
معايرة جهاز كروماتوجرافيا الغاز:

- تتبع التعليمات الواردة مع الجهاز فيما يتعلق بمعايرته.
- تحضر ٤ تركيزات من الماء المحتوى على كل من الطولوين وإيثر ميثيل ثلثى بيوتيل بتركيزات ١ و١٠ و٢٥ و و٥٠ و١٠٠ جزء فى المليون.
- يشغل جهاز الكروماتوجراف ويترك ليسخن لمدة ١٥ دقيقة وتفتح اسطوانتى الهواء المضغوط والأيدروجين وتضبط سرعة سريان الغازين.
- يشعل اللهب فى كاشف الجهاز (تأين اللهب). يتم ضبط برنامج الحرارة بحيث تزداد درجة الحرارة من ٤٠ إلى ٩٠°م.
- تغسل حقنة حقن العينات فى الأسيتون ثم الماء عدة مرات ثم يحقن ٤ ميكرولتر من العينات بدءا بالتركيز الأقل فالتركيز الأكبر مع التأكد من أن درجة الحرارة حوإلى ٤٠°م.
- تسجل قراءات الامتصاص وتجرى تجربة غفل ويرسم منحنى معايرة قياسى.

جهاز كروماتوجرافيا السائل تحت ضغط مرتفع

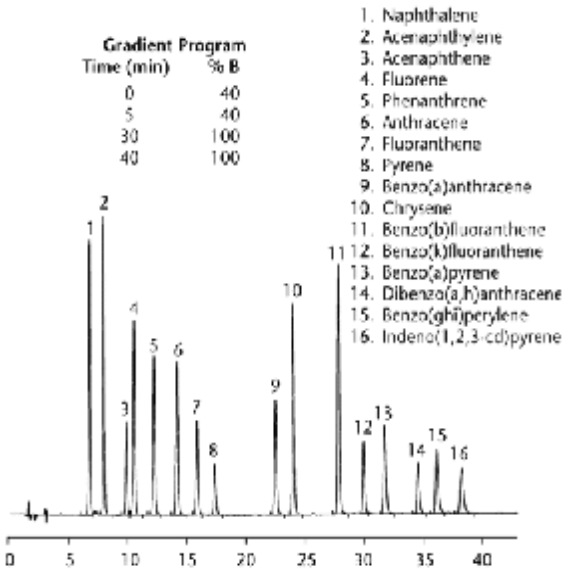
High Pressure Liquid Chromatography (HPLC)

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



شكل رقم (٣-١٠)

جهاز كروماتوجرافيا السائل تحت ضغط مرتفع



شكل رقم (٣-١١)

الكروماتوجرام الصادر عن جهاز كروماتوجرافيا السائل تحت ضغط مرتفع

معايرة جهاز كروماتوجرافيا السائل تحت ضغط مرتفع

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

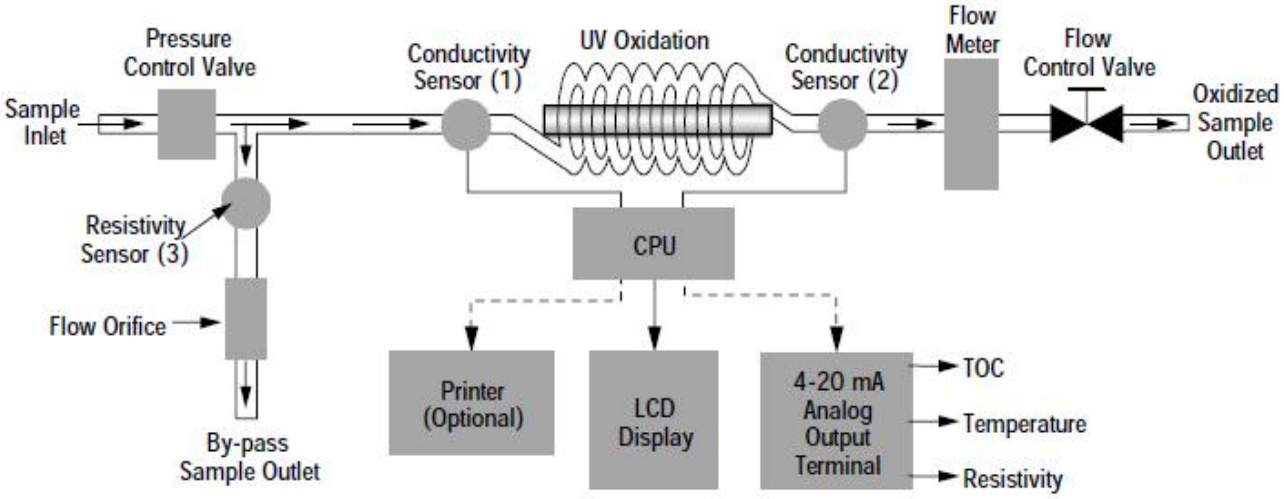
- يحضر من هذه المحاليل تركيزات ١٠٠ و٤٠ و١٠ و٢ ميكروجرام/ لتر.
- يختار عمود الفصل المناسب وظروف التشغيل والكاشف والمذيبات المناسبة بالرجوع إلى طرق التشغيل القياسية والتوجيهات المصاحبة للجهاز.
- يحقن ٥٠٠ ميكرولتر من المحاليل القياسية بدءا بالتركيزات القليلة.
- يسجل ارتفاع أو مساحة الإشارة وترسم مع التركيز للحصول على منحنى معايرة قياسي يستخدم فى تقدير المواد قياسها.

جهاز قياس الكربون الكلى Total Organic Carbon (TOC)

فى هذه الطريقة يتم تحويل كمية الكربون الموجودة فى صورة مركبات عضوية أو غير عضوية إلى صورة واحدة بسيطة وهى ثانى أكسيد الكربون (CO_2) والذى يمكن تقديره كميا بواسطة محلل الأشعة تحت الحمراء أو التوصيل الكهربى.

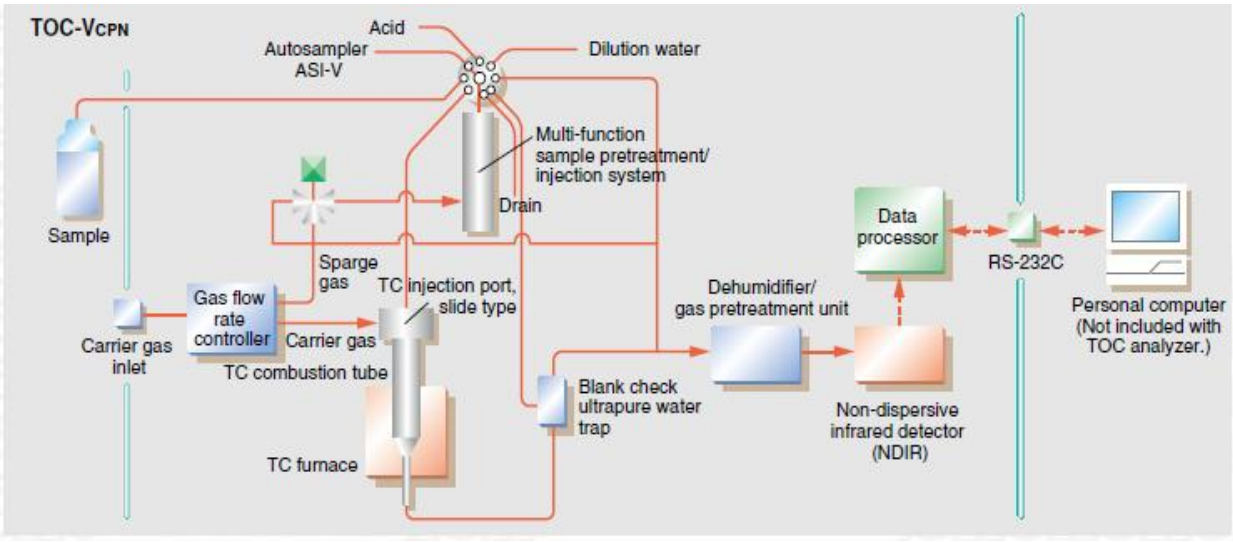
يتم حقن العينة فى غرفة ساخنة وفى وجود محفز فيتبخر الماء وتتحول المركبات العضوية إلى ثانى أكسيد الكربون والماء. يتم تعيين كمية ثانى أكسيد الكربون المتكونة من المركبات العضوية وغير العضوية. أما كمية الكربون غير العضوى فيتم تعيينها عن طريق حقن العينة فى غرفة تحتوى على حمض الفوسفوريك حيث يتحول كل الكربون غير العضوى إلى ثانى أكسيد الكربون مع عدم أكسدة الكربون العضوى. أما كمية الكربون العضوى فيتم حسابها بمعرفة كلا من كمية الكربون الكلى والكربون غير العضوى.

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



شكل رقم (٣-١٢)

جهاز قياس الكربون الكلى باستخدام كاشف التوصيل الكهربى



شكل رقم (٣-١٣)

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/ ملليلتر والمذاب فى الماء

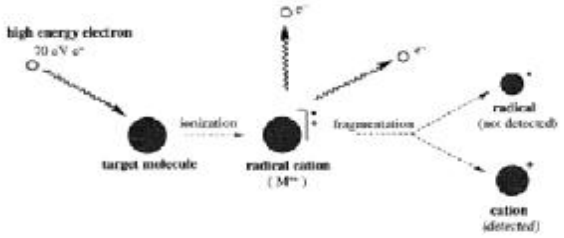
المحمض بحمض الفوسفوريك أو حمض الكبريتيك إلى اقل من pH 2 وكذلك من مواد غير عضوية مثل كربونات الصوديوم بتركيز ١,٠٠ ميلليجرام كربون/ ميلليلتر والمذاب فى الماء النقى غير المحمض وتخفف هذه المحاليل إلى مدى التركيزات المناسب والمتوقع.

- 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

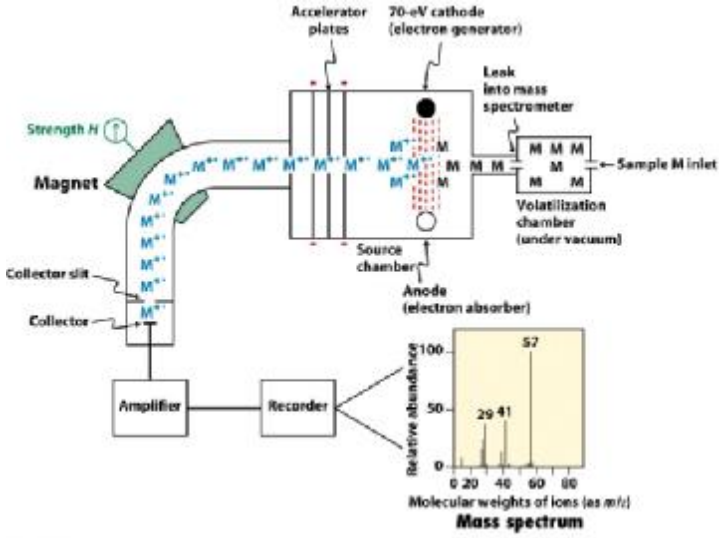
يستخدم هذا الجهاز فى التعرف على المركبات العضوية ومعرفة تركيبها الكيميائي ويعتمد على قذف المادة المراد تحليلها بإلكترونات ذات طاقة عالية (٧٠ إلكترون فولت) تعمل على تحويل المركب إلى أيون موجب يمكن قياسه وآخر أيون حر لا يمكن قياسه، كما هو موضح بالشكل رقم (٣-١٤) ثم يسمح للأيونات الناتجة بالمرور فى أنبوبة مفرغة تحت مجال مغناطيسى فتنفصل الأيونات الموجبة تبعا لكتلتها وتسجل، كما هو موضح بالشكل رقم (٣-١٥).

$$M + e \rightarrow M^{+} + 2e$$



شكل رقم (٣-١٤)

تأثير الإلكترونات ذات الطاقة العالية على المركبات العضوية



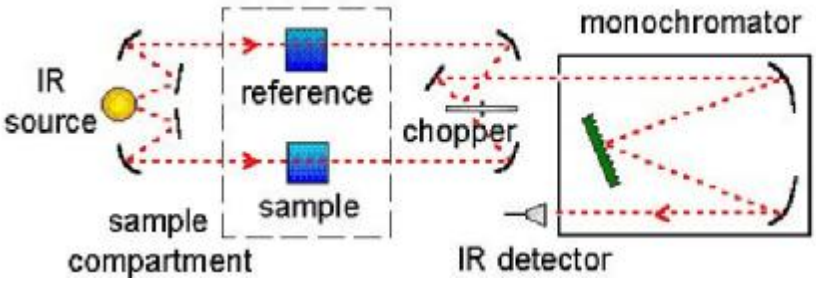
شكل رقم (٣-١٥)

جهاز قياس طيف الكتلة

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

جهاز قياس طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء Infrared Spectrometer

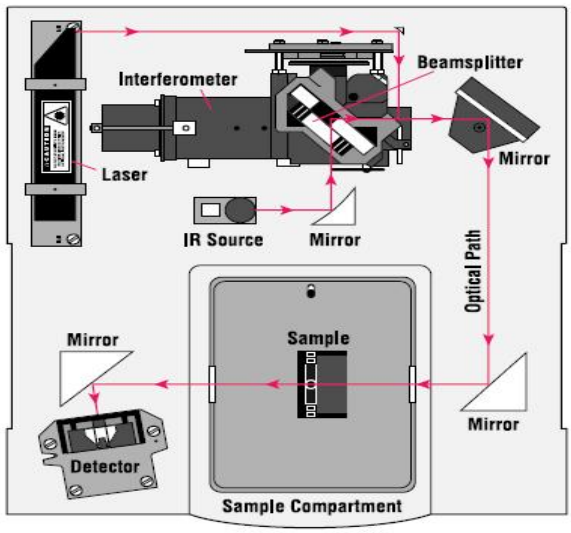
يستخدم هذا الجهاز فى التعرف على المجموعات الفعالة في المركبات العضوية وغير العضوية ويستخدم فى قياس الزيوت والشحوم فى المياه. ويختلف عن جهاز قياس طيف الأشعة فوق البنفسجية فى أن المصدر الضوئي عبارة عن مصدر حراري متوهج يعطى أشعة تحت حمراء تتداخل مع الروابط الكيميائية فى المركبات حيث يمكن قياسها. وتتكون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



شكل رقم (٣-١٦)

جهاز قياس طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء

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



شكل رقم (٣-١٧)

جهاز قياس طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء FTIR

معايرة جهاز قياس طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء:

الطريقة الأولى:

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

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

فعلى سبيل المثال يجب أن يظهر المنحنى 1944 cm^{-1} المسجل على شريحة البولى ستيرين القياسية عند 1944 (± 0.6)cm^{-1} حتي يمكن اعتبار الجهاز معايرا.

الطريقة الثانية:

- يحضر محلول من الزيت بنقل ١ ملليلتر (٠,٥ – ١,٠ جرام) من الزيت إلى قارورة عيارية سعة ١٠٠ ملليلتر وتغطى وتوزن وتخفف حتى العلامة بمذيب مناسب مثل ثلاثي كلوروثلاثى فلوروإيثان.
- إذا كان الزيت المراد قياسه غير معلوم طبيعته يستخدم عينة من الزيت المرجعى المكون من مخلوط ٣٧,٥% ايزواوكتان و٣٧,٥% هكساديكان و٢٥,٠% بنزين ويحفظ فى عبوة مغلقة جيدا لمنع التبخر.
- يحضر سلسلة بتركيزات مختلفة من الزيت فى المدي المطلوب قياسة
- 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 فى المدى من 3200 cm^{-1} إلى 2700 cm^{-1}.
- يقاس امتصاص العينات عند 2930 cm^{-1} ويرسم منحنى قياسى ويقارن امتصاص العينات بالمنحنى القياسى.
- إذا زاد الامتصاص عن ٠,٨ للعينة تستخدم خلايا ذات ممر ضوئي أقل أو تخفف العينة بالمذيب ويؤخذ فى 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 وثنائي الكلورامين فى مياه الشرب.

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

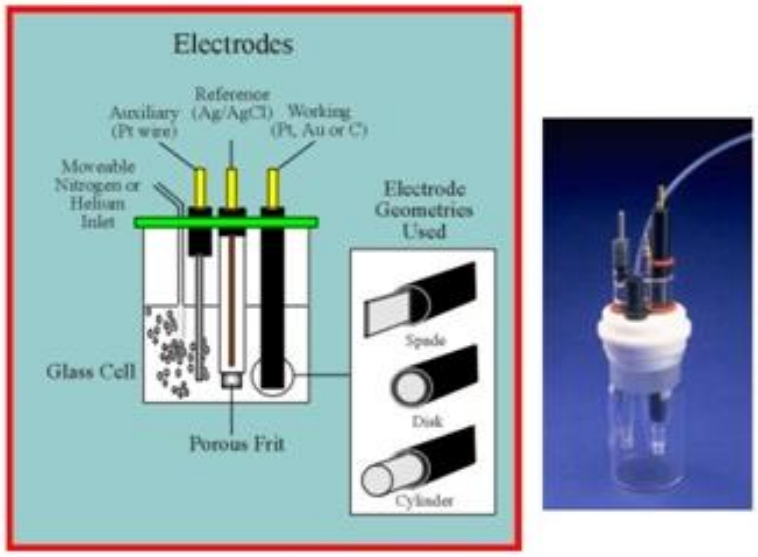
ويتكون الجهاز من خلية تحتوى قطبين معدنيين كاثود وأنود (بلاتين/ فضة أو ذهب/ نحاس) والأنود عبارة عن قطبين هما القطب المرجعى وقطب مساعد أو مكمل يعمل على ثبات التيار المقاس ويعرف النظام بثلاثى الأقطاب بالإضافة إلى سحاحة ومسجل للتيار الكهربى الناشئ، وتتميز الطريقة بحساسيتها العالية التى تصل إلى ٠,٥ جزء فى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

شكل (٣-١٨)
جهاز المعايرة الأمبيرومترية

معايرة جهاز المعايرة الأمبيرومترية:

عند عدم استخدام الجهار لمدة أسبوع أو أكثر أو عند تشغيل الجهاز لأول مرة تختبر الخلية الأمبيرومترية بإضافة بضع قطرات من محلول الكلور (كلوركس) إلى ٢٥ ملليلتر من ماء الصنبور فى 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 فى محلول ١:١ حمض نيتريك لمدة ساعتين ثم تغسل بالماء المقطر وتغمر فى محلول كلور مخفف لضمان ثبات القراءة عند القياس بعد ذلك.

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



شكل رقم (٣-١٩)
الخلية والأقطاب الأمبيرومترية

جهاز قياس السيانيد Cyanide Analyzer

يمكن أن يتواجد السيانيد فى الماء فى عدة صور (السيانيد الحر – السيانيد المتاح – السيانيد القابل للكلورة، والسيانيد الكلى) وتقدر صور السيانيد المختلفة فى الماء بطرق آلية كثيرة بعد إجراء عملية تقطير للعينة فى وسط حامضى ثم:

١ - التقدير الطيفى اللونى:

وذلك بتجميع الهيدروسيانيك المتصاعد فى محلول مائى ذو رقم أيدروجينى ٤,٥ ثم السماح للسيانيد بالتفاعل مع محلول الكلور ليكون كلوريد السيانوجين الذى يتفاعل بدورة مع كاشف البيريدين وحمض برباتيوريك ليكون لونا احمر تقاس كثافته بدلالة تركيز السيانيد باستخدام الطرق الطيفية اللونية.

٢ -التقدير الجهدى:

حيث يتم تقدير السيانيد فى 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 كارة للماء يسمح بمرور الهيدروسيانيك إنتقائيا إلى كاشف أمبيرومتري 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 (٣-٢٠)

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 (٣-٢١) على تشتت الضوء بواسطة محلول يحتوى على جسيمات عالقة ومنتشرة بهذا المحلول (Dispersed Particles)، وبالتالى فإن شدة الشعاع الساقط على العينة تنخفض نتيجة التشتت، إذا تم قياس التشتت 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 فان الطريقة الثانية تكون أكثر ملائمة.

شكل رقم (٣-٢١)
جهاز قياس العكارة

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

ويبين الجدول الآتى تقدير بعض الأيونات بالطريقتين:

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

T: Turbidity;
N: Nephelometry

معايرة جهاز قياس العكارة:

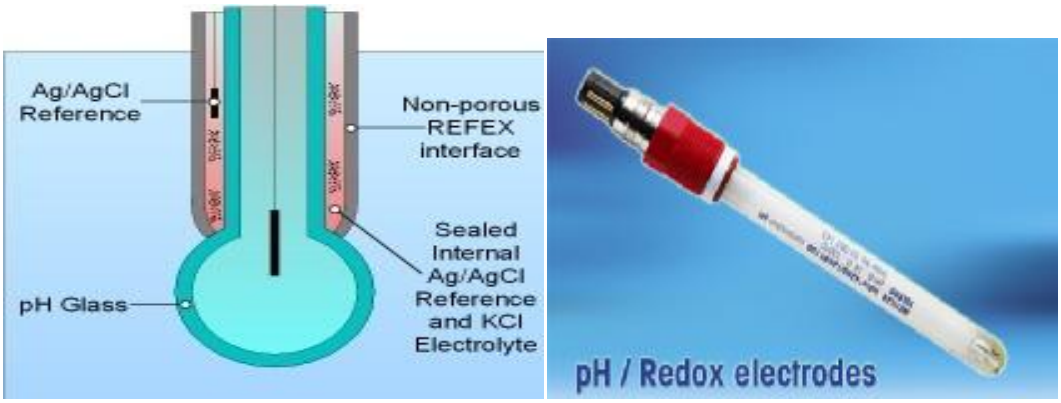
- يحضر المحلولين (١) و(٢) كما يلى:
- المحلول (١): يذاب١,٠٠٠ جرام من كبريتات الهيدرازين فى ماء مقطر ويكمل الحجم إلى ١٠٠ ملليلتر.
- المحلول (٢): يذاب ١٠ جرام من سداسي الميثيلين رباعى الأمين فى ماء مقطر ويكمل الحجم إلى ١٠٠ ملليلتر.
- يخلط ٥,٠ ملليلتر من المحلول (١) و ٥,٠ ملليلتر من المحلول (٢) فى قارورة عيارية سعة ١٠٠ ملليلتر ويترك المحلول لمدة ٢٤ ساعة ثم يخفف بالماء حتى العلامة.
- يرج المحلول جيدا. يعطي هذا المحلول القياسي عكارة قياسية قدرها ٤٠٠ وحدة عكارة (NTU)، يمكن تخزين واستخدام هذا المحلول لمدة شهر.
- يحضر معلق العكارة القياسى بتخفيف ٢٥ ملليلتر من المحلول إلى ١٠٠ ملليلتر باستخدام الماء المقطر للحصول على عكارة قدرها ١٠٠ وحدة عكارة (NTU) يحضر محلول آخر عكارته ١٠ وحدة عكارة بتخفيف المحلول السابق ١٠ مرات.
- يعاير الجهاز باستخدام محلول العكارة ١٠٠ وحدة ليعطى نفس القراءة ثم يكرر مع محلول العكارة ١٠ وحدة.
- ترج العينة المراد قياس عكارتها جيدا وينتظر حتى تختفى الفقاعات الهوائية ثم ينقل جزء منها إلى أنبوبة الجهاز وتقرأ العكارة مباشرة من الجهاز.

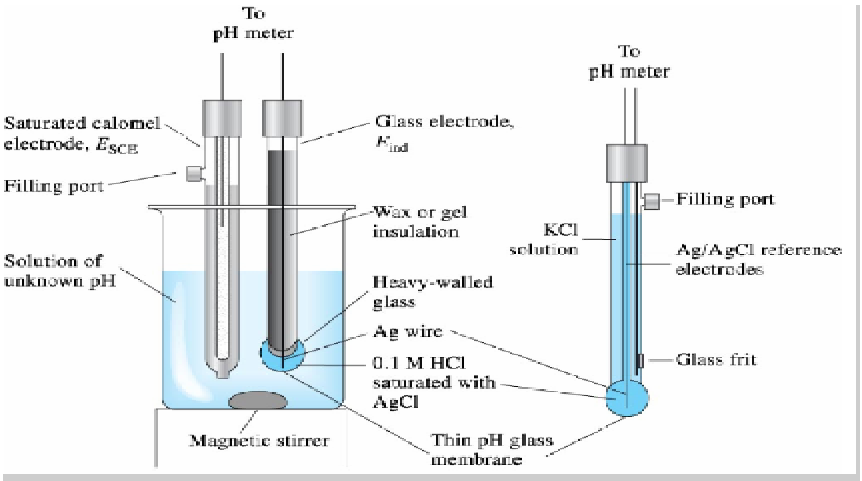
إذا كانت قراءة العينة خارج مقياس الجهاز تخفف إلى حجم معلوم ويراعى معامل التخفيف.

جهاز قياس الرقم الأيدروجينى pH-meters

فى هذه الطريقة يتم معرفة الرقم الأيدروجينى عن طريق قياس فرق الجهد الناشئ بين قطبين احدهما يستجيب لأيون (Glass electrode) والآخر قطب مرجعى (Reference electrode) وهو عادة ما يكون قطب كالوميل (Calomel electrode) أو قطب كلوريد فضة (Ag/ AgCl electrode) وذلك عن طريق غمر القطبين فى محلول العينة المراد قياس رقمها الأيدروجينى.

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





شكل رقم (٣-٢٢)

أقطاب قياس الأس الأيدروجينى

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

شكل رقم (٣-٢٣)
جهاز قياس الأس الأيدروجينى

معايرة جهاز قياس الأس الأيدروجينى:

- يوضع قطبى الزجاج والمرجع بعد غسلهما جيدا وتجفيفهما فى محلول منظم أسه الأيدروجينى ٧ مع قطب ضبط درجة الحرارة ويضبط الجهاز ليعطى قراءة ٧.
- يغسل القطبين ويعاد القياس باستخدام محلول منظم أسه الأيدروجينى ٤ وكذلك ٩ ومن المفضل أن يكون الضبط باستخدام محاليل منظمة قياسية ذات أس أيدروجينى قريب من العينات المراد فحصها والتعرف عليها.
- يستخدم ضابط الميل فى ضبط القراءات ليعطى قراءة تطابق أو أقرب ما تكون من قيمة الأس الأيدروجينى للمحلول المنظم القياسى المستخدم.

- يغمس القطبين مع قطب ضبط الحرارة بعد غسلهما فى المحلول المراد قياسة 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 قراءه للجهاز ٧ ثم يتم الضبط مرة اخرى عن طريق وضع القطب فى محلولين منظمين ذو رقمين أيدروجينين ٤ و١٠ وضبط القراءات مرة أخرى.

الأقطاب الأيونية المنتخبة ذات الأغشية Ion Selective Membrane Electrodes

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 الأقطاب 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 (٣-٢٤)
بعض الأقطاب الأيونية المنتخبة ذات الأغشية

معايرة الأقطاب الأيونية المنتخبة ذات الأغشية:

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

جهاز قياس التوصيل الكهربائي Conductometers

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

شكل رقم (٣-٢٥)
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 عيارى من كلوريد البوتاسيوم قبل القياس وتضبط درجة الحرارة عند ٢٥,٠± ٠,١ °م.
- يمكن تصحيح توصيل محلول ٠,٠١ عيارى من كلوريد البوتاسيوم عند درجات حرارة مختلفة باستخدام العلاقة:

(mS/m) = [141.٢ mS/m] / [1 + 0.0191 (t-25)]

أو العلاقة

(µmho/cm] = [1412 µmho/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 فى إليكتروليت مفصول عن العينات المراد قياسها بغشاء انتقائي من البولى إيثيلين أو التيفلون ويستخدم فى الخلية البولاروجرافية تيار كهربى خارجى لاستقطاب القطب المرجع. ويتناسب تيار الانتشار (Diffusion Current) مع تركيز الأكسجين.

شكل رقم (٣-٢٦)
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 فى تقدير الأكسجين المذاب مباشرة ولتطبيق هذه الطريقة تتبع الخطوات الآتية:
- يذاب ٤٨٠ جرام من كبريتات المنجنير الثنائى ($MnSO_4.4H_2O$) أو ٤٠٠ جرام من ($MnSO_4.2H_2O$) او ٣٦٤ جرام من ($MnSO_4.H_2O$) فى قليل من الماء ويرشح ويكمل المحلول إلى ١ لتر بالماء. وهذا المحلول يجب ألا يعطى لونا مع محلول النشا بعد إضافة محلول محمض من يوديد البوتاسيوم.
- يذاب ٥٠٠ جرام أيدروكسيد الصوديوم أو٧٠٠ جرام أيدروكسيد البوتاسيوم و١٣٥ جرام يوديد صوديوم أو١٥٠ جرام يوديد بوتاسيوم فى ماء مقطر ويكمل إلى ١ لتر بالماء. يضاف للمحلول ١٠ جرام من أزيد الصوديوم المذاب فى ٤٠ ملليلتر ماء. هذا المحلول يجب ألا يعطى لونا مع النشا عندما يخفف ويحمض.
- محلول قياسى (٠,٢٥ عياري) من ثيوكبريتات الصوديوم بإذابة ٦,٢٠٥ جرام من $Na_2S_2O_3\,5H_2O$ فى ١ لتر من الماء السابق غليه وتبريده لطرد الأكسجين ثم يضاف له ٢ جرام من أيدروكسيد الصوديوم.
- محلول قياسى (٠,٠٢٥ عياري) من ثيوكبريتات الصوديوم للمعايرة ويحضر بتخفيف المحلول السابق ١٠ مرات. تقاس قوتة بنقل ٢٠ ملليلتر من محلول أيودات هيدروجينية (٠,٠١٢٥ عياري) إلى دورق مخروطى يحتوى ١٠٠ ملليلتر من الماء المقطر ويضاف له ٢ ملليلتر من حمض الكبريتيك المركز متبوعا بـــ ٢ جرام يوديد بوتاسيوم ويعاير المحلول مع محلول ثيوكبريتات الصوديوم (٠,٠٢٥ عياري) باستخدام النشا كدليل.
- تملأ قارورة القياس ذات الفوهة الضيقة وسعة ٣٠٠ ملليلتر وذات غطاء زجاجى مصنفر بالماء ويضاف تحت سطح الماء ٠,٧ ملليلتر من حمض

الكبريتيك المركز (يحظر إضافة أكثر من ذلك) و١ ملليلتر من محلول برمنجنات البوتاسيوم و١ ملليلتر من محلول فلوريد البوتاسيوم ويجب أن يكون لون المحلول قرمزى دالا على وجود زيادة من البرمنجنات. تغطى القارورة وتقلب لخلط محتوياتها. يضاف ٠,٥ إلى ١,٠ ملليلتر من محلول ٢% أكسلات لإزالة لون البرمنجنات (٢ الي ١٠ دقيقة) تخلط محتويات القارورة جيدا وتوضع فى الظلام لمدة ١٠ دقائق.

- يزال غطاء القارورة ويضاف ٢ ملليلتر من كبريتات المنجنيز متبوعة ب ٢ ملليلتر من محلول (القلوى- اليوديد- الأزيد) تم تغلق القارورة وتخلط محتوياتها جيدا بقلب القارورة عدة مرات.
- يترك الراسب يرسب ثم يضاف ٢ ملليلتر من حمض الكبريتيك المركز بعد إزالة الغطاء مباشرة ثم يرجع الغطاء وترج القارورة جيدا حتى تمام ذوبان الراسب.
- يعاير اليود المنطلق بنقل ٢٠٣ ملليلتر من المحلول إلى دورق مخروطى ويعاير مع ٠,٠٢٥ عياري محلول ثيوكبريتات. كل ١,٠ ملليلتر من ٠,٠٢٥ عياري ثيوكبريتات = ١,٠ ملليجرام اكسجين مذاب /لتر.

الفصل الرابع

الأجهزة المساعدة والتقنيات المعملية

الفصل الرابع

الأجهزة المساعدة والتقنيات المعملية

أهداف التدريب (التعلم):

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

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

أولا: 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 (ترمومتر) وشاشة رقمية لإظهار درجة الحرارة داخل الفرن وتستخدم فى إزالة الرطوبة من العينات وتجفيفها وتعقيمها وتبخيرها. وهناك انواع مختلفة مثل:

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

أفران الحرق (Muffle Furnaces)

هى وحدات حرارية ذات حجوم وسعات مختلفة مبطـــنة من الداخل بمـــواد عازلة للحرارة مصنوعة من الياف 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 الالكترونى لدرجة الحرارة والوقت، والعزل الحرارى. وهذه الأفران مزودة بأبواب ثقيلة محكمة لمنع تسرب الحرارة خارجها ووحدة لضبط درجة الحرارة والوقت ومروحة للتبريد وسحب الغازات ونواتج الاحتراق الغازية من غرفة التسخين إلى مدخنة وكذلك شاشة رقمية خارجية لإظهار درجة الحرارة داخل الفرن وبعض هذه الوحدات قد يكون مزودا ببرنامج يعمل على التسخين المتدرج لفترات محددة. وهذه الأفران قد تكون أحادية الغرفة أو مزودة بأرفف 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 بسريان الهواء الساخن.
- لا يوضع بداخله مواد قابلة للاحتراق مثل الخشب والورق والكرتون.
- لاتزيد درجة الحرارة داخلة عن الحد الأقصى المسموح به.
- لاتلمس جدران الفرن من الداخل وهو ساخن.
- لايستنشق 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 تآكلها وتوصيلها بالأرضى.

(ب) (أ)

شكل رقم (٤-١)
فرن التجفيف (أ) وفرن الحرق (ب)

٢-الأوتوكلاف
Autoclaves

وعاء من الصلب الذى لا يصدأ محكم الغلق يستخدم فى تعقيم المعدات والأدوات والبيئات (الأوساط) وذلك بتعريضها لبخار الماء تحت ضغط مرتفع (٣psi 0) ودرجة حرارة مرتفعة (١٢١°م) لمدة ١٥ – ٢٠ 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:

(Geobacillus Stearothermophilus)، فإن كان الأوتوكلاف لا يعمل جيدا فإن منبتات (Spores) البكتيريا سوف تنمو ويؤدى نواتج أيضها إلى تغيير لون مادة حساسة للرقم الأيدروجينى. أما الأدلة الفيزيائية فهى سبائك معدنية من نوع خاص تنصهر 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 (٠،٨ متر من كل جانب).
- تستخدم نوعية مياه عالية الجودة (عسر لا يزيد عن ٠،٠٢ ميللى مول/ لتر- التوصيل الكهربى ٣ ميكروسيمنز/ سم – رقم ايدروجينى ٥-٧).
- التأكد من كفاية كمية الماء فى الأوتوكلاف عند بدء دورة التعقيم.
- التأكد من عدم تسرب البخار من الجهاز.
- إختبار 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 (٤-٢)
الأوتوكلاف

٣- الحضانات
Incubators

الحضانة هى وحدة معملية على هيئة صندوق معدنى متنوع الحجوم 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 -١٠٠ْم بدقة ± ٠,٢ْم وقد تزود بعض الحضانات بوحدة تبريد للحصول على درجات حرارة منخفضة. وتشمل الحضانة أيضا ساعة ميقاتية ولوحة رقمية لبيان درجة الحرارة وقد تحتوى على برنامج خاص بالتحكم فى درجة الحرارة.

شكل رقم (٤-٣)
حضانات معملية

التشغيل والصيانة

- يوضع الجهاز فى مكان مناسب غير ضيق لايتعرض لتغيرات حرارية.
- لا توضع بالقرب منه مواد قابلة للإشتعال.
- يترك فراغ كافى حول الحضانة (١٠ سم على الأقل) للسماح بسريان الهواء.
- تراقب درجة الحرارة داخل الحضانة يوميا للتاكد من ثباتها.
- لا يجب البقاء فترات طويلة أمام الحضانة وهى مفتوحة.
- تتم معايرة مقاييس درجة الحرارة للتأكد من ثباتها وتجانسها.
- تستخدم أدوات الوقاية الشخصية عند الإستخدام.
- تنظف الحضانة من وقت لآخر بالماء ومحلول منظف صناعى.
- 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 شيـــوعا الميزان علوي التحميل (Top Loading Balance) والميزان الإليكترونى (Electronic Balance) وتتنوع الأنواع حسب القدرة على مستويات مختلفة من الأوزان.

شكل رقم (٤-٣)
الميزان الإليكترونى والميزان علوي التحميل

التشغيل والصيانة

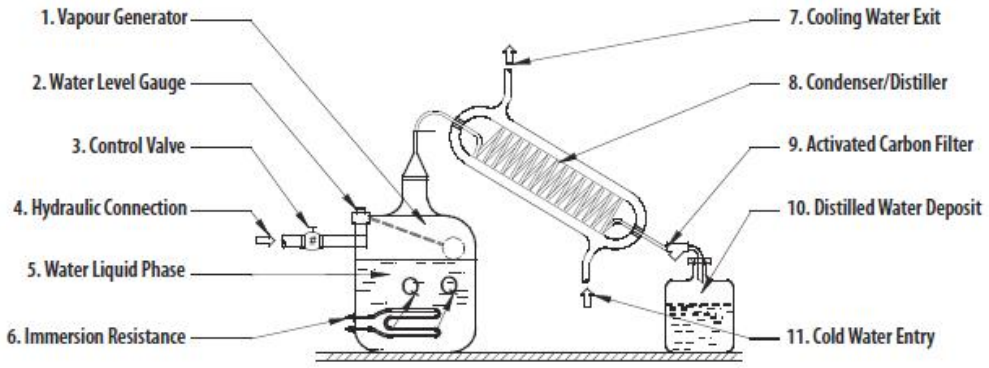
- يجب وضع الميزان فى مكان مناسب ليس به تيارات هوائية أو معرض لتغيرات مفاجئة فى درجات الحرارة.
- يجب وضع الميزان على طاولات مستوية تماما (طاولة موازين) معزولة عن أى اهتزازات.
- يجب عدم وضع الميزان أسفل أجهزة التكييف أو فى مكان تصله أشعة الشمس مباشرة.
- عدم وضع الميزان قريباً من أجهزة يصدر عنها مجال مغناطيسى عالى أو اهتزازات كأجهزة الطرد المركزى والموتورات والمولدات الكهربية.
- 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 فورا بقطعة من القماش مبللة بمحلول ٧٠% كحول إيثيلى منعا للتآكل او 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 الأيدروجينى من ٥،٤ – ٧،٢ والمقاومة الكهربية 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 (٤ - ٤)

شكل تخطيطى لجهاز تقطير المياه

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

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

ومعظم هذه الأجهزة تحتوي على ٤ وحدات:

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

وتصنف أنواع المياه النقية المعملية إلى عدة أنواع طبقا للاستخدام وهى أنواع ١،٢، ٣ كما هومبين فى الجدول رقم (٤-١)

جدول رقم (٤-١)

انواع المياه المعملية النقية

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

(أ)

(ب)

شكل رقم (٤ - ٥)
جهاز تقطير المياه (أ) وجهاز تنقية المياه (ب)

التشغيل والصيانة

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

٦ - الميكروسكوبات Microscope

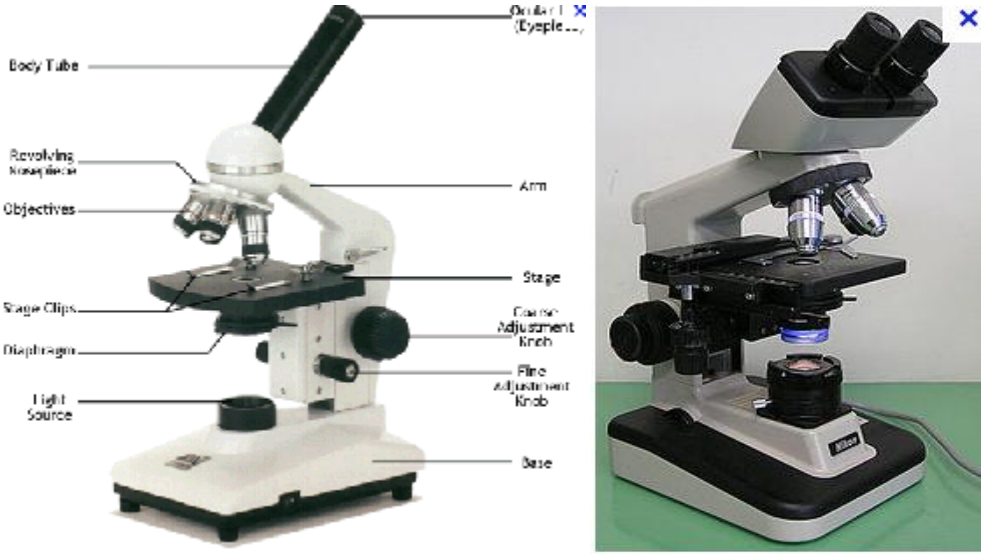
هى أجهزة عالية الدقة تستخدم كوسيلة للتشخيص والفحص البيولوجى فى معامل تحليل المياه. وهى تحتوى على:

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

وتتنوع الميكروسكوبات لتشمل:

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

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



شكل رقم (٤ - ٦)
الميكروسكوب

التشغيل والصيانة

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

٧- أجهزة هضم العينات Sample Digestion Equipment

كثير من العينات يلزم هضمها وإذابتها وتحويلها الى صورة قابلة للتحاليل الكيميائية وخصوصًا 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 ضغطا موجبا وآخر سالبا بالتناوب عندما تمر فى المادة، مما يتولد عنه موجات احتكاكية نتيجة تكون فقاعات فراغية صغيرة جدا 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 يؤدى إلى ذوبان العناصر الفلزية الموجودة. وتتميز الطريقة بقصر وقت الهضم إلى دقائق معدودات ومنع الأبخرة الحامضية من التصاعد فى جو المعمل ومنع تلوث العينات ومنع فقد العناصر المتطايرة واستخدام كميات ضئيلة من محاليل الهضم.

(أ)

(ب)

شكل رقم (٤ - 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 موجى -220 nm) 275 الصادرة من لمبة الزئبق مع العينات المضاف لها فوق أكسيد الهيدروجين حيث ينتج شق الهيدروكسيل (OH^-) النشط الذي يتفاعل مع المركبات العضوية المصاحبة للعناصر الفلزية ويفككها (Photolysis) وتستخدم درجات حرارة لا تزيد عن ١٢٠°م للتسخين وتساعد الحرارة الصادرة من لمبة الزئبق على سرعة التحلل.

الهضم بإستخدام الأحماض والقلويات Acid/Base Digestion:

يجرى هذا الهضم مع أحماض أو قلويات قوية فى أوعية مفتوحة على أقراص تسخين فى خزانة غازات للتخلص من الأبخرة وعادة 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 الى ٢٥٠ °م كحد اقصى فتعمل هذه الحرارة مع الضغط الداخلى على تفكك العينات وهضمها.

(أ) (ب)

شكل رقم (٤-٨)

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

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

التشغيل والصيانة

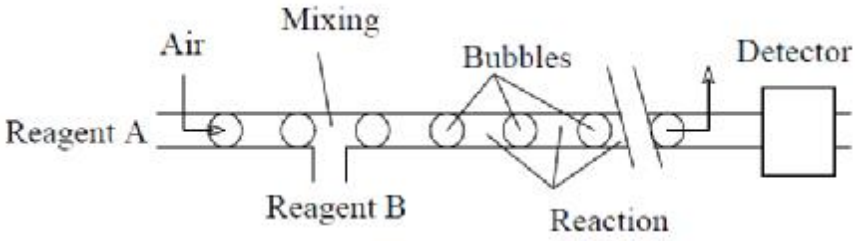
- تتبع التعليمات الواردة مع الأجهزة من المصنع بدقة فيما يتعلق بالتركيب والتشغيل والصيانة.
- ضرورة متابعة نظافة وحدات مصادرالطاقة والتأكد من صلاحيتها.
- التأكد من نقاء كواشف الهضم من أحماض وقلويات.
- عدم فتح الأجهزة أثناء التشغيل وقبل إتمام دورة الهضم.
- إرتداء الملابس الواقية.

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

الحقن فى تيار مستمر تقنية لأداء التحاليل بحقن العينات فى تيار متدفق من محلول حامل يضاف إليه الكواشف فتحدث تفاعلات تقاس نواتجها بالطرق الآلية المختلفة (طيفى لونى – وميضى – كهروكيميائى).

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

هواء مجزأ: (Air Segmented Continuous Flow Analysis) حيث يدفع تيار هواء مع محلول السريان وبعد خلط العينة مع الكاشف وحدوث التفاعل يتم التخلص من فقاعات الهواء ويقاس ناتج بالطرق القياسية (شكل رقم ٤-٩).

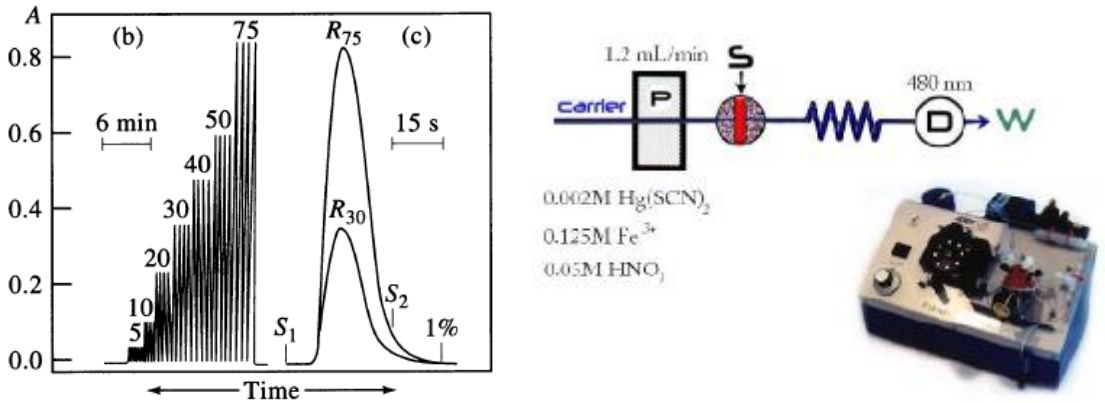


شكل رقم (٤-٩)

التحليل المستمر فى تيار هواء مجزأ

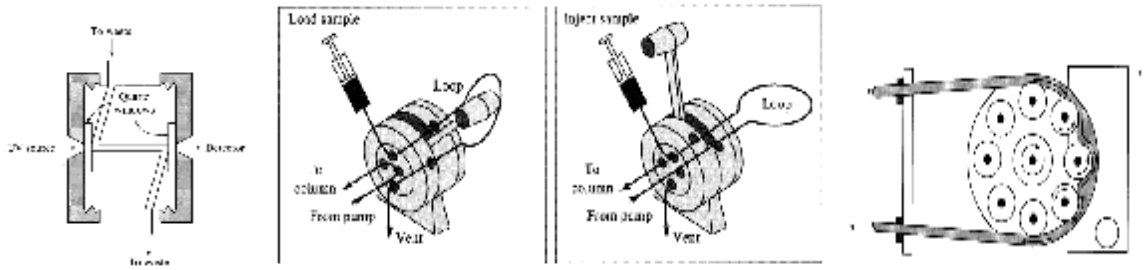
أما تقنية الحقن فى تيار مستمر (Flow Injection) فيتدفق المحلول الحامل بصورة مستمرة غير متقطعة ويلزم أجهزة مكونة أساسا من الأجزاء الآتية:

- 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 (٤-١٠)

جهاز الحقن فى تيار مستمر والإشارات الصادرة عنه



(أ) مضخة نبضية **(ب) صمام حقن** **(ح) خلية الكاشف**

شكل (٤-١١)
المكونات الرئيسية لجهاز الحقن فى تيار مستمر

التشغيل والصيانة

- التأكد من نظافة الخراطيم والوصلات وصمام الحقن والمضخة النبضية.
- إستخدام محلول السريان المناسب.
- معايرة حجم العينات المستخدمة فى الحقن من آن لآخر.
- معايرة المضخة النبضية للتاكد من سرعة تدفق المحلول الحامل.
- إختيارالكاشف المناسب والخلية المناسبة.
- وضع الجهاز فى مكان بعيد عن الأتربة والتقلبات الجوية.
- تغطية الجهاز بغطاء بلاستيكى عندما لا يستخدم.

ثانياً: التقنيات المعملية

١ - ضبط وتنظيم درجة الحرارة

جهاز التنظيم الفائق لدرجة حرارة المياه Ultra Thermostat

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

شكل رقم (٤-١٢)
جهازالتنظيم 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 الشحم المعملى أو مصنع بحيث لا يتطلب استخدام الشحم وبعض هذه المجففات أغطيتها مزودة بصنبور لإمكانية توصيلها بمضخة تفريغ. وهناك أيضا مجففات مصنوعة من مبلمر البولى اكريليك الشفاف تستخدم لنفس الغرض. وتستخدم مواد مجففة مناسبة مثل جل السيليكا أو كلوريد الكوبلت اللامائي أو كلوريد الكالسيوم اللامائى أو الجير الحى.

شكل رقم (٤-١٣)
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 (٤-١٤). 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 اوانتقائيا.

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 الأيونى. 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 قطبى أو محلول منظم ذو رقم أيدروجينى مناسب لاسترجاع المادة المطلوبة لإجراء التحاليل. وتتميز الطريقة بسهولتها وفاعليتها.

قمع الفصل المستخدم فى الإستخلاص (سائل/سائل)

اعمدة الفصل المستخدمة فى الإستخلاص (صلب/سائل

شكل رقم (٤ - ١٤)
أقماع وأعمدة الفصل المستخدم فى الإستخلاص

٤ - الترشيح
Filtration

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

شكل رقم (٤-١٥)
الأدوات المستخدمة فى الترشيح

٥- التقطير Distillation

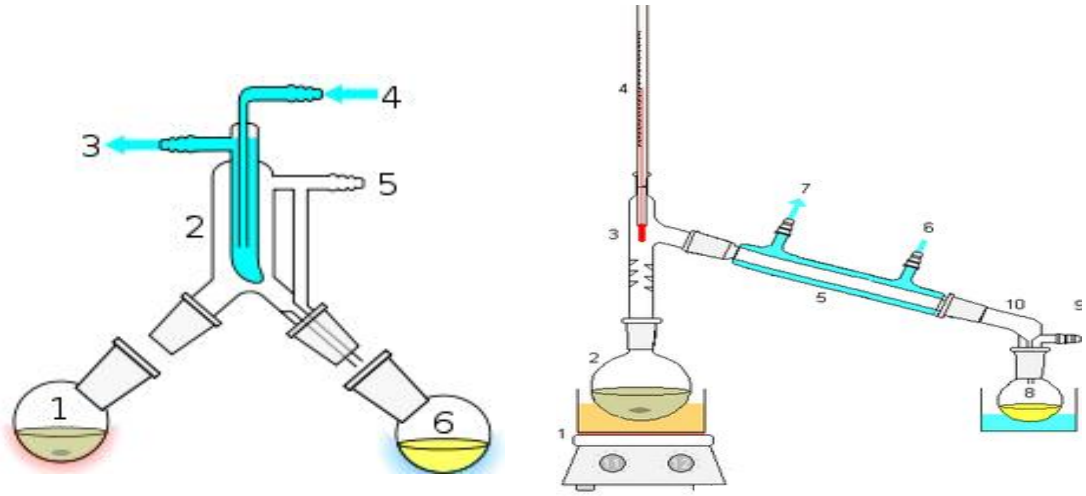
هى طريقة فيزيائية لفصل مواد سائلة من مخلوط سائل اعتمادا على تطايرها بالتسخين. وهى أنواع مختلفة مثل:

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

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 غليانهما 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 التجزيئ فى فصل عدة مكونات للمخلوط بعضها عن بعض وذلك بتكرار دورة التبخير والتكثيف باستخدام عمود تجزئة. وتستخدم طريقة التقطير البخارى التقطير البخارى لفصل مركبات حساسة للحرارة وذلك 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.

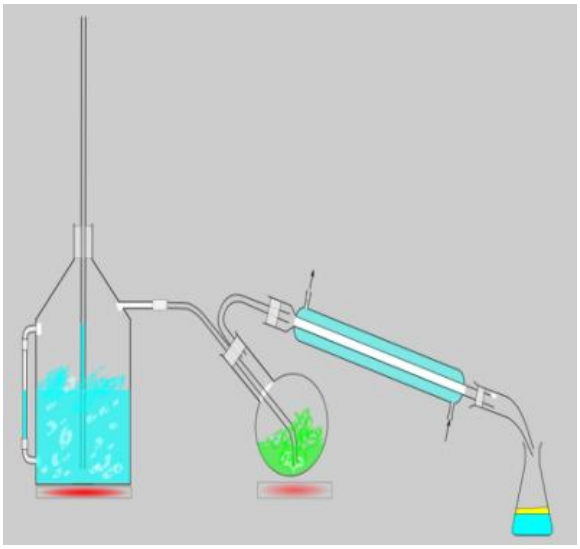


أجهزة التقطير تحت الضغط الجوى العادى باستخدام المكثف

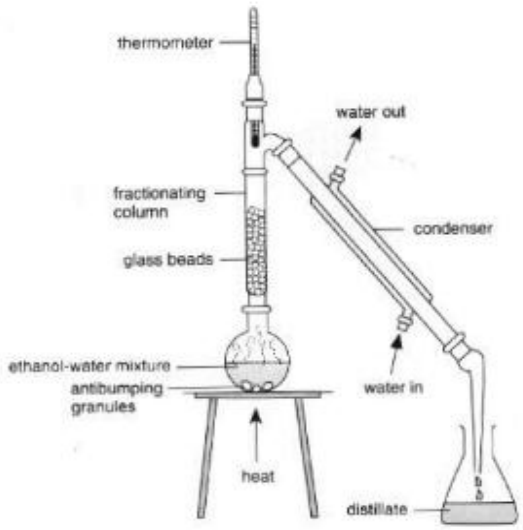
أجهزة التقطير تحت الضغط الجوى العادى باستخدام الممر القصير

شكل رقم (٤-١٦)

أجهزة التقطير تحت الضغط الجوى العادى باستخدام المكثف أو الممر القصير



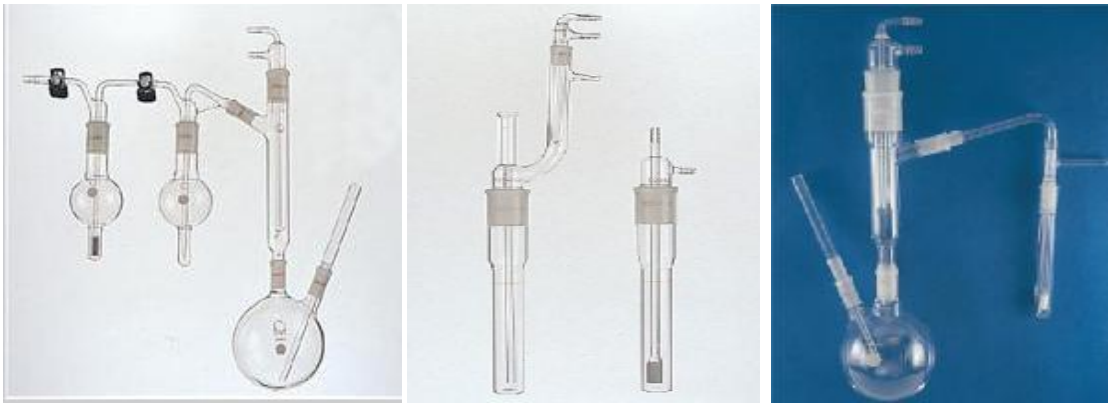
أجهزة التقطير البخارى



أجهزة التقطير التجزيئى

شكل رقم (٤-١٧)

أجهزة التقطير التجزيئى و البخارى



شكل رقم (٤-١٨)

أجهزة التقطير المستخدمة فى التقدير الميكرونى لبعض الملوثات مثل السيانيد والأمونيا

الفصل الخامس

تقنيات جمع عينات المياه للتحاليل

الفصل الخامس

تقنيات جمع عينات المياه للتحاليل

أهداف التدريب (التعلم):

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

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

العينات الممثلة واختيار موقع أخذ العينات

إن أخذ عينة من مجرى مائي أو خزان تختلط فيه المياه خلطا جيدا يعتبر أمرًا يسيرًا، ولكن كثير من المصادر لا تكون مياهها متجانسة أو جيدة الخلط، وبذلك فإن الحصول علي عينة ممثلة متجانسة يعتمد علي 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 تمثيلا، ويعتمد الحجم الذي يجب تجميعه علي عدد وأنواع الاختبارات المطلوب إجرائها.

يجب اختيار موقع يمثل تماما الوضع والظروف الحقيقية ويسمي (النقطة الممثلة)، ويعتمد اختيار هذا الموقع علي عدة أمور:

١. تجانس العينة حيث تؤخذ من المواقع التي تختلط فيها المياه، ثم تمزج بطريقة متجانسة.
٢. عند أخذ عينات صرف صناعي مثلا من مواقع غير متجانسة فإن مستويات الملوثات تتفاوت ولا تمثل الحقيقة فتفاوت الكثافات للمكونات يؤدي إلي طفو بعض المكونات (زيوت مثلا)، وإلي ترسب المواد العالقة. كما أن التفاعلات الكيميائية والبيولوجية الناشئة عن وجود الطحالب علي سطح المياه تسبب تغيرا ملحوظا في مستوي 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 فى موقع جمع العينة:

١. تكون موزعة بانتظام على كل الشبكة.
٢. تمثل نوعيات المياه المختلفة التى تدخل الشبكة ومصادرها.

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

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

خطة مراقبة وتأكيد الجودة فـــي جمع العينات

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

أ - معايير عامة لضمان الجودة.
ب- منع تلوث العينات.
جـــ- 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 أساسا علي العينات التي تصل إلي المعمل فإن هناك إجراءات يجب إتباعها، والتقيد بها حتى يمكن التأكد من أن العينات المرسلة للتحليل ممثلة تماما للواقع ولم تتعرض لأي تلوث أثناء

أخذها أو لأي تحلل نتيجة لتخزينها. ونظرا لأن مصادر التلوث متعددة فنذكر فيما يلي بعض الاحتياطات الواجب 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. أغطية العبوات المستخدمة لتجميع العينات المطلوب تحليل مواد عضوية بها تغلف برقائق ألمنيوم أو شرائط تيفلون.
٩. عدم لمس السطوح الداخلية للعبوات وأغطيتها 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 تركيزا يعادل ما هو موجود في العينة وحدها مضافا إليه ما أضيف من الكمية القياسية.

د. تجهيز العبوات

تكون العبوات (الأوعية) التي توضع فيها العينات مصنوعة إما من الزجاج المتعادل المقاوم للكيماويات ولها فوهة مصنفرة، وغطاء مصنفر محكم الغلق، أو من البولي إيثيلين، ويكون محكم الغلق أيضا، 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، وأغطيتها المستخدمة في تجميع العينات لإجراء التحاليل الكيميائية والميكروبيولوجية.

١. غسل العبوات، وأغطيتها بمنظف صناعي لا يحتوى 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 فى تجميع عينات للفحص الميكروبيولوجي، وذلك بحفظها فى أوتوكلاف لمدة ٢٤ ساعة.

وفى بعض الأحوال تعالج العبوات معالجة خاصة مثل:

١. العبوات المستخدمة فى 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 فى نهاية عملية المعالجة أو عملية التنقية).

ويجب ألا يسمح ببقاء أى فقاعة غازية أو أى جزء غير مملوء ما بين سطح الماء داخل الوعاء وبين السدادة عند ملء الوعاء. ويراعى عند سحب العينة وضع فوهة الوعاء بعكس 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 فى 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 فى وقت معين من مكان محدد إذا كانت مياه المصدر ذات طبيعة ثابتة مثل المسطحات المائية. أما إذا كانت مياه المصدر ذات طبيعة متغيرة مثل مياه الصرف فتسحب أكثر من عينة مفردة على فترات مناسبة طبقاً لظروف تغير المصدر.

ويفضل أخذ هذه العينات عندما يكون المصدر المائي غير منتظم التدفق ومحتواة لا يتغير كثيراً مع الوقت، وكذلك عندما يتطلب الأمر إجراء بعض الاختبارات مثل قياس الأكسجين المذاب – القولونيات – الكلور المتبقى – درجة الحرارة – الأس الايدروجيني، وكلها تتغير تغيراً كبيراً إذا تركت العينة قبل 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 أوتوماتيكى 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 ملليلتر ومنه إلى وعاء تجميع العينة. ويجب مراعاة حفظ العينات الجزئية المجمعة أولا بأول، وعند تمام تجميع العينات تخلط وتمزج جيداً.

تقنيات جمع عينات المياه

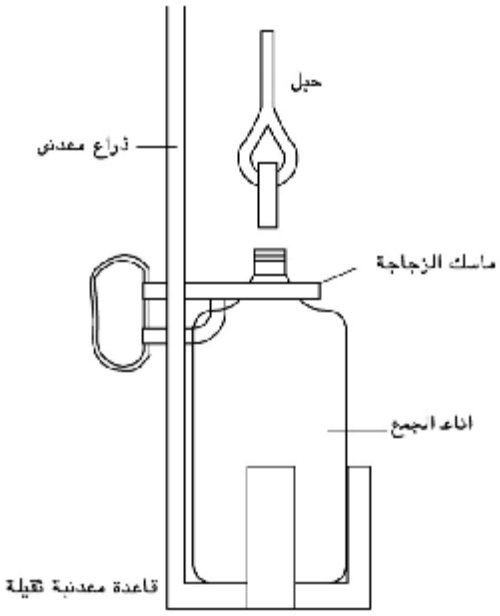
١. جمع عينات المياه السطحية

يتم جمع عينات المياه السطحية من الأنهار بإحدى طريقتين:

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 ٥-١) 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 (٥-١)
الطريقة اليدوية لجمع عينات المياه السطحية

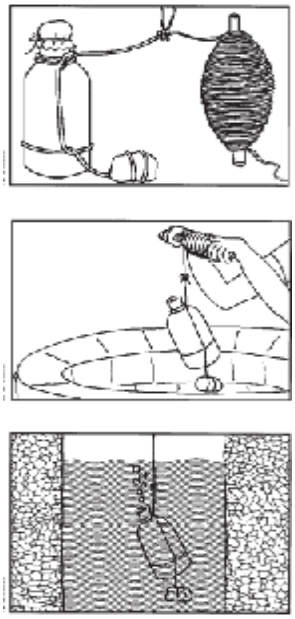
وفى الطريقة الثانية يثبت إناء الجمع على قاعدة معدنية ذات ذراع طويل وتغطى فوهة الإناء بسدادة متصلة بحبل من النايلون الذى لا يتشرب الماء ولا يتعطن. ثم يتم توجيه فوهة الإناء ناحية التيار ويغمر الإناء أسفل سطح الماء ثم يتم جذب الحبل بسرعة ليسمح للماء بالدخول وملء الإناء (شكل رقم ٥-٢).



شكل رقم (٥-٢)
الطريقة الآلية لجمع عينات المياه السطحية

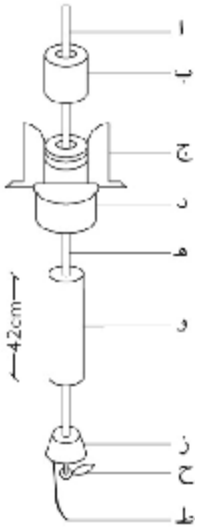
٢. جمع عينات مياه الأعماق

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 (٥-٣).



شكل رقم (٥-٣)
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 (٥-٤).



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.

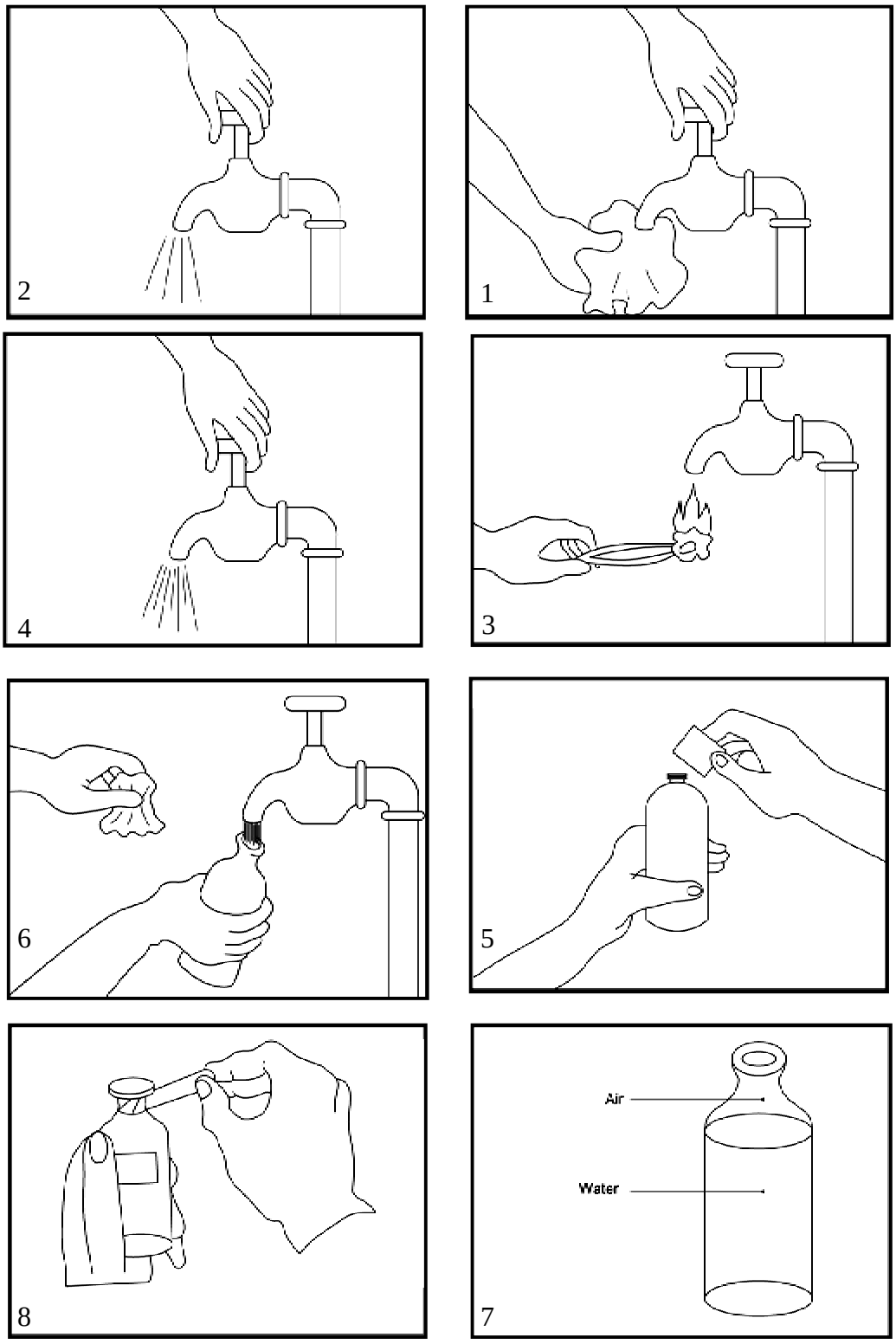
شكل رقم (٥-٤)
جهاز كيمرر لجمع العينات من الأعماق

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 الخراطيم– 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 متجها لأسفل لمنع دخول أتربة وتثبت العبوة تحت تيار الماء وتملئ عبوة ١٠٠ سم^{3} مع عدم تناثر المياه أثناء التعبئة مع مراعاة ترك مسافة فارغة ٢،٥ سم فوق المحلول فى حالة الجمع بغرض الفحص الميكروبيولوجى ليسهل عملية الرج.
- تغطى العبوة بالسدادة جيدا وتلف بورق حماية مثبت بحلقة مطاطية.
- تلصق 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 الأيدروجينى). ويجب مراعاة إبقاء وعاء التجميع مغلقاً لحين ملئه.
- تحفظ العينة عند درجة حرارة ١- ٥°م فى ثلاجة بعيداً عن ضوء الشمس المباشر وترسل للمعامل .
- يتم الفحص الميكروبيولوجى فور جمع العينة. وإذا لم يمكن تحليلها فى ظرف ساعة وجب حفظها باردة فى مبرد حتى وصولها للمعمل فى غضون ٦ ساعات على الأكثر، على أن تكون درجة حرارتها أقل من ١٠°م. ولا يوصى بتحليل عينة بكترويولوجيا بعد ٢٤ ساعة من تجميعها.

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



شكل رقم (٥-٥)

خطوات جمع عينات من مياه مرشحة بالصنبور

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 الشـــأن 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 تواجدها بالقرب من العينات.
٣. وجوب ارتداء قفازات مطاطية ونظارة وبالطو أثناء أخذ العينات.
٤. منع التدخين أثناء أخذ العينات.
٥. منع أى مصدر إشعال بالقرب من أماكن أخذ العينات التى تحتوى على مركبات عضوية متطايرة قابلة للاشتعال.

تكرارية جمع العينات

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

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

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

جدول رقم (٥-١)
تكرارية جمع عينات مياه الشرب للاختبار المعملى

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

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

جدول رقم (٥-٢)

متطلبات جمع العينات بناءً على الكثافة السكانية*

الكثافة السكانية المخدومة	أقل عدد للعينات فى الشهر
٢٥ - ١٠٠٠	١
١٠٠١ - ٢٥٠٠	٢
٢٥٠١ - ٣٣٠٠	٣
٣٣٠١ - ٤١٠٠	٤
٤١٠١ - ٤٩٠٠	٥
٤٩٠١ - ٥٨٠٠	٦
٥٨٠١ - ٦٧٠٠	٧
٦٧٠١ - ٧٦٠٠	٨
٧٦٠١ - ٨٥٠٠	٩
٨٥٠١ - ١٢٩٠٠	١٠
١٢٩٠١ - ١٧٢٠٠	١٥
١٧٢٠١ - ٢١٥٠٠	٢٠
٢١٥٠١ - ٢٥٠٠٠	٢٥
٢٥٠٠١ - ٣٣٠٠٠	٣٠
٣٣٠٠١ - ٤١٠٠٠	٤٠
٤١٠٠١ - ٥٠٠٠٠	٥٠
٥٠٠٠١ - ٥٩٠٠٠	٦٠
٥٩٠٠١ - ٧٠٠٠٠	٧٠
٧٠٠٠١ - ٨٣٠٠٠	٨٠
٨٣٠٠١ - ٩٦٠٠٠	٩٠
٨٦٠٠١ - ١٣٠٠٠٠	١٠٠
١٣٠٠٠١ - ٢٢٠٠٠٠	١٢٠
٢٢٠٠٠١ - ٣٢٠٠٠٠	١٥٠
٣٢٠٠٠١ - ٤٥٠٠٠٠	١٨٠
٤٥٠٠٠١ - ٦٠٠٠٠٠	٢١٠
٦٠٠٠٠١ - ٧٨٠٠٠٠٠	٢٤٠
٧٨٠٠٠١ - ٩٧٠٠٠٠	٢٧٠
٩٧٠٠٠١ - ١٢٣٠٠٠٠	٣٠٠
١٢٣٠٠٠١ - ١٥٢٠٠٠٠	٣٣٠
١٥٢٠٠٠١ - ١٨٥٠٠٠٠	٣٦٠
١٨٥٠٠٠١ - ٢٢٧٠٠٠٠	٣٩٠
٢٢٧٠٠٠١ - ٣٠٢٠٠٠٠	٤٢٠
٣٠٢٠٠٠١ - ٣٩٦٠٠٠٠	٤٥٠
٣٩٦٠٠٠١ - أو أكثر	٤٨٠

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

سجلات العينات

يجب تعريف كل عينة وذلك باستخدام لاصق مقاوم للرطوبة ولا يسهل إزالته تكتب عليه البيانات اللازمة الضرورية أثناء أخذ العينة كما يلازم 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 – تفتيش).
٥. تاريخ سحب العينة.
٦. وقت سحب العينة.
٧. طبيعة العينة (مياه شرب معالجة – مياه خام).
٨. درجة حرارة العينة وقت سحبها.
٩. درجة حرارة الجو وقت سحب العينة.
١٠. نوع العينة (مفردة – مركبة).
١١. الفترة بين العينات الجزئية فى حالة العينة المركبة.
١٢. المواد الحافظة التى أضيفت.
١٣. طرق المعالجة أو التعقيم إذا كانت مستعملة ونسبة المواد المستخدمة فى المعالجة أو التعقيم.
١٤. الفحص الظاهري للعينة (لون – رائحة – عكارة – رواسب).
١٥. الاختبارات المطلوب إجراؤها.
١٦. الأس الايدروجيني.
١٧. اسم 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 مسئوليته جدول رقم (٥-٣).

جدول رقم (٥-٣)
نموذج لتقرير تسلسل الحيازة للعينة

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

ويبين الجدول رقم (٥-٤) 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 (٥ - ٤)

الاشتراطات الواجب اتباعها عند سحب العينة وحفظها للتحليل الكيميائي*

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

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

تابع جدول رقم (٥-٤)

الاشتراطات الواجب اتباعها عند سحب العينة و حفظها للتحليل الكيميائي

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

تابع جدول رقم (٥-٤)

الاشتراطات الواجب اتباعها عند سحب العينة وحفظها للتحليل الكيميائي

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

تابع جدول رقم (٥-٤)

الاشتراطات الواجب اتباعها عند سحب العينة وحفظها للتحليل الكيميائي

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

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

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

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

الفصل السادس

التحاليل الكيميائية لمياه الشرب

الفصل السادس

التحاليل الكيميائية لمياه الشرب

أهداف التدريب (التعلم):

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

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

أنواع التحاليل التى تجرى على المياه

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

توجد أربعة أنواع من التحاليل التى تجرى على المياه هى:
التحاليل الفيزيائية، والتحاليــل الإشــعاعية، والتحاليــل الكيميائيــة، والتحاليــل البيولوجية.

التحاليل الفيزيائية

- درجة الحرارة
- الرائحة
- الطعم
- اللون
- العكارة

التحاليل الإشعاعية

المواد المشعة (مشتقات من فصيلة ألفا، بيتا).

التحاليل الكيميائية

- الأس الأيدروجينى.
- 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 وطبيعـــــة المواد التى يجرى تحليلها فى 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 أوالقاعدية.

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).

ثالثا: المولدة للغازات:

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

طرق التعبير عن نتائج التحاليل

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

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

وتسجل نتائج الاختبارات الكيميائية والفيزيائية عادة بالميللجرام/ 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	ملليجرام / لتر من المحلول	ملليجرام/لتر (mg/L)
	جرام / لتر من المحلول	جرام/لتر (g/L)
نسبة الوزن	ملليجرام / كيلوأولتر من المحلول	جزء فى المليون (ppm)
نسبة حجم	ميلليلتر / لتر من المحلول	ملليلتر/ لتر (ml/L)
الكثافة	كتلة المحلول / وحدة الحجم	جرام/ملليلتر (g/ml)
النسبة المئوية وزناً	وزن المذاب × ١٠٠ / وزن المذاب + وزن المذيب	% وزناً (%wt)
النسبة المئوية حجماً	حجم المذاب × ١٠٠ / وزن المذاب + وزن المذيب	حجم% (Vol%)
العيارية	وزن مكافئ جرامى من المذاب / لتر من المحلول	ع (N)
المولارية	الوزن الجزئي الجرامى للمذاب / لتر من المحلول	مولاري (M)

جدول رقم (٦-٢)

وحدات الوزن المستخدمة الأصغر من الجرام، وقيمتها ورمزها

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

طرق التحاليل الكيميائية

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

وهناك العديد من صور تلوث المياه، وكلٍ له تأثير وأمكن تقسيم هذه الملوثات إلي:

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 إلي التحلل اللاهوائي للمواد العضوية والتي ينتج عنها تكوين الغازات الضارة مثل كبرتيد الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان.

ولقد أمكن تقيسم طرق الاختبارات الكيميائية إلي:

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:

$$V1\ C1 = V2\ C2$$

حيث أن:

V1 = حجم المحلول معلوم التركيز

Volume of solution of known concentration

C1 = تركيز المحلول
Concentration of known concentration
V2 = حجم المحلول المراد تعيين تركيزه
Volume of solution of unknown concentration
C2 = 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 اللونى UV/Visible Spectrophotometer.
٢- تفاعلات كيميائية ليس لها لون مميز وتستخدم أجهزة الامتصاص الذرى 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 هى 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 والثبات لجزئ كربونات الكالسيوم، هذا بإلاضافة إلى تأثيرها على ذوبان

الأملاح فى الماء، كما أن لدرجة حرارة الماء تأثير كبير على جميع أطوار الأحياء المائية، وتقاس درجة حرارة الماء عادة باستخدام الترمومتر الزئبقى. ولابد من قياس هذه الصفة التحليلية فى مكان تجميع 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 للكلور 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 يؤدى إلى التغير فى لون الماء. ويقاس لون الماء عن طريق المقارنة البصرية بين عينة محضرة من محلول معلوم التركيز من مادتى الكوبالت- البلاتين وعينة الماء المراد معرفة درجة اللون به.

التداخلات:

تسبب العكارة تداخل عند تحديد لون العينة ولذلك لابد من إزالة العكارة قبل قياس شدة اللون. ويمكن إزالة العكارة بالترشيح المباشر على ورق الترشيح العادى (Whatman No. 4) أوباستخدام جهاز الطرد المركزى.

الأجهزة المستخدمة:

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

الطريقة:

١. يذاب ١,٢٤٦جم من potassium chloroplatinate K_2PtCl_6 + ١جم من crystallized cobaltous chloride $CoCl_2.6H_2O$ فى ماء مقطر يحتوى على ١٠٠مللى 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 الرئيسي مثل ٠,٥. ١. ١,٥. ٢. ٢,٥مللى ... 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 فى الماء على الإختبار الشخصى Panel Test باستخدام حاسة الشم لدى الأنسان. حيث يتم تسخين مقدار معلوم من العينة واستقبال الأبخرة المتصاعدة عند التسخين. ومن المواد التى تكسب الماء رائحة هو وجود بعض المبيدات الحشرية فى الماء وبعض عناصر الفلزات. وتقاس رائحة العينة مباشرة بمجرد وصول العينة إلى المعمل وبمجرد فتح زجاجات العينات.

٤. الطعم يعتمد قياس الطعم فى الماء (مثل الرائحة) على حاسة الأنسان والتى يستطيع عن طريقها تمييز الطعم المالح من العذب أوالطعم الحار من الطعم المر.

٥. العكارة تعتبر العكارة مؤشراً هاما عند تحديد نوعية المياه سواء فى المجال الصناعى أو الاستخدام الآدمى. وتنتج العكارة فى المياه الطبيعية من نموبعض الكائنات الدقيقة ووجود بعض حبيبات الطمى مختلفة الأحجام.

تعريف العكارة:

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

ويحضر محلول الفورمازين من:

مخلوط كبريتات الهيدرازين والهكسامين

Hydrazine Sulfate $(H_2N)_2H_2SO_4$

Hexamethylene-tetramine. $(CH_2)_6N_4$

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 الذى يحدث للضوء إذا وضع عائق فى مساره. حيث يسير الضوء فى خط مستقيم. ويستخدم جهاز قياس العكارة (Turbidymeter)

الطريقة:

- ترج العينة بشدة وتترك حتى تختفى كل الفقاقيع منها ثم تصب العينة فى أنبوبة جهاز تقدير العكارة وتقرأ درجة العكاره مباشرة من الجهاز.
- تقاس درجة عكارة العينة مباشرة بمجرد وصول العينة إلى المعمل ولايتم 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 معيارة الجهاز فى كل مرة عن طريق قياس المحلول القياسي Standard ولابد 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 ٥ 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 µmho/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:

$$Conductivity\ at\ 25℃ = \frac{Conductivity\ Readuing\ (ms/m\ or\ \mu\ mho/\ cm)}{1+0.0191\ (T-25)}$$

حيث:

T: هى درجة الحرارة التى يجرى عندها القياس.

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

الاحتياطات:

١. تحفظ الخلية أو أقطاب التوصيل فى ماء مقطر فى فترة عدم الاستخدام.
٢. تسجل درجة الحرارة ويجرى تصحيح للقيم المقروءة.
٣. تجرى معايرة للخلية المستخدمة.
٤. يستخدم ماء توصيل (Conductivity Water) عند تحضير المحاليل القياسية.
٥. يجرى قياس التوصيل بأسرع ما يمكن.

دلالة الاختبار:

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 الكهربي 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 الهيدروجينى

يمثل الأس الهيدروجينى للمحلول نشاط أيونات الهيدروجين فى هذا المحلول ويعبر عنه رياضيا كالآتى:

الأس الهيدروجينى = - لو.١ (يد)

ويعتبر نظام الكربونات فى المياه الطبيعية هو النظام الرئيسى الذى يتحكم فى تحديد الأس الهيدروجينى، ويتكون نظام الكربونات من ثانى أكسيد الكربون وحامض الكربونيك وأيونات البيكربونات والكربونات.

وترجع أهمية الأس الهيدروجينى فى تحديد التركيبات الحيوية والكيميائية فى المياه الطبيعية حيث أن درجة تحلل أو تفكك الأحماض والقواعد الضعيفة تعتمد على التركيز الأيونى للهيدروجين.

كذلك وجد أن قابلية بعض الأملاح للذوبان فى الرواسب الطينية يعتمد على تركيزات أيونات الهيدروجين فى الماء، وتعود أهمية التحكم فى الأس الهيدروجينى فى مياه الشرب حيث يمكن أن تسبب تآكل شبكات المياه والمواسير بالإضافة إلى تأثيرها الضار على عمليات المعالجة التى 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 للرغوة... إلخ، تغير من الرقم الهيدروجينى 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 الهيدروجينى ذا القطب الزجاجى لتقدير الرقم الهيدروجينى فى 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 فى وعاء زجاجى أو بلاستيك نظيف ويجب عدم إضافة مواد حافظة.

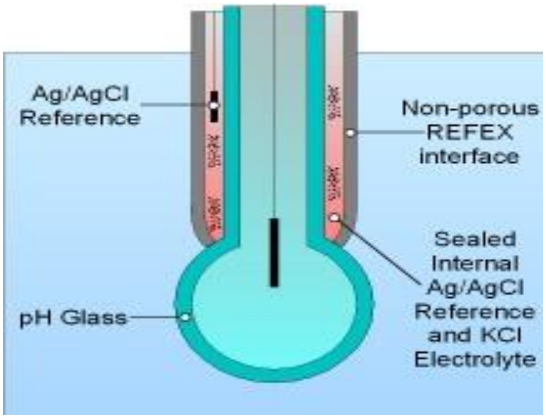
الطريقة:

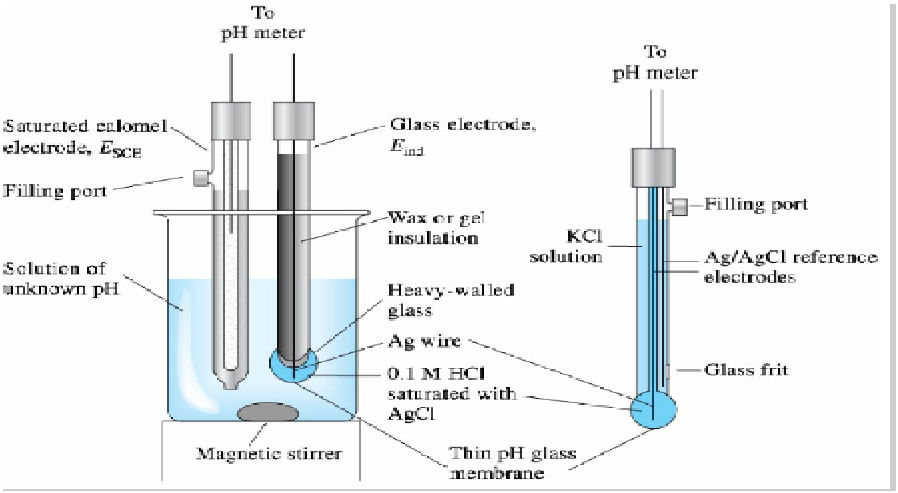
للتأكد من سلامة جهاز قياس الأس الهيدروجينى لابد من أخذ قرائتين باستخدام المحاليل القياسية لجهاز الأس الهيدروجينى Buffer solution 4 &7 قبل قياس العينة.

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

خطوات التشغيل القياسية لجهاز pH:

يقدر الرقم الأيدروجينى بقياس الجهد الناشئ بين قطبين أحدهما يستجيب لأيون الأيدروجين (قطب زجاجى – Glass Electrode) وآخر قطب مرجعى (Reference Electrode) وذلك عند غمر القطبين فى محلول العينة المراد قياس رقمها الأيدروجينى.





شكل رقم (٦-٢)

الأقطاب الزجاجية لجهاز pH

- وكل وحدة رقم أيدروجين pH = ٥٨,١٦ مللى فولت عند درجة حرارة ٢٥°م
- تغسل الأقطاب بالماء المقطر وتجفف قبل إجراء القياس.
- يضبط جهاز القياس عند درجة حرارة العينة المقاسة يدوياً أو أوتوماتيكياً ويعاير باستخدام المحاليل المنظمة [Buffer Solution (pH_7. pH_4. pH_{10})] وطبقا لكتالوج الجهاز.

<u>محلول ثابت الأس الهيدروجينى رقمه الهيدروجينى ٤ (Buffer Solution 4):</u>

يذاب ١٠,٢ جم من ثانى فثالات البوتاسيوم اللامائية ($K_2C_8H_4O_4$) باستخدام ماء سبق غليه ثم تبريده ويخفف إلى لتر واحد.

محلول ثابت الأس الهيدروجين رقمه الهيدروجينى 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 التالى ثم يخفف إلى لتر واحد. يستخدم الماء الذى سبق غليه وتبريده.
- يراعي ملء المحلول الداخلي للقطب المرجعي حتى المستوى المناسب.
- يقاس الأس الايدروجيني للمحاليل قبل إضافة مواد حافظة لها.
- يعاير الجهاز قبل القياس باستخدام محاليل منظمة قياسية.
- تترك الأقطاب مغمورة في الماء المقطر بعد القياس.
- يتم قراءة قياس العينة مباشرة بعد غمر الألكترود في العينة (بعد ثبات القراءة خلال ٣٠ ثانية).
- يسجل الأس الأيدروجيني فى موقع أخذ العينة أوبمجرد استلامها.
- تسجل درجة الحرارة التى تم عندها القياس حيث تعتمد قيمة الرقم الهيدروجينى 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 الايدروجيني للمياه الطبيعي عادة بين ٤ و٩، وتميل معظمها إلى القلوية لوجود البيكربونات والكربونات لبعض عناصر الأقلاء والأقلاء الأرضية. ويجب أن يتراوح مستوى الأس الأيدروجينى فى مياه الشرب بين ٦,٥ و٨,٥.

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 ١٠٥م°.

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 ١٠٥م°.

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 ١٢٠م° (أو عند ١٨٠م° 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 (٥٥٠م°) 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 مائى ولا توضع العينة مباشرةً فى فرن التجفيف.

بعد تمام جفاف العينة على الحمام المائى يتم نقل البوتقة إلى فرن التجفيف عند درجة حرارة ١٠٥م°، تترك العينة فى فرن التجفيف لمدة نصف ساعة ثم تخرج من الفرن وتوضع فى 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 السليولوزى Membrane Filter 0.45mm ثم يتم تجفيف ورقة الترشيح عند درجة حرارة ١٠٥م° فى 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 فى 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 فى مياه الشرب يتم تجفيف حجم معلوم من عينة الاختبار بعد ترشيحها خلال ورق الترشيح السيليولوزى Membrane Filter 0.45 mm ثم تجفيفها بطريقة غير مباشرة على حمام مائى. ثم تنقل إلى فرن التجفيف عند ١٢٠ ± ١ °م لمدة نصف ساعة ثم توضع فى 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 ضبطة على درجة حرارة ١٢٠ ± ١°م.

الطريقة:

- ترشيح العينة بعناية ويؤخذ حجم من العينة يقدر بـــ 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 ١٢٠ ± ١°م حتـــى تمـــام 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 $و_{٢} - و_{١} / ح \times ١٠^{٦}$

حيث أن:

$و_{١}$ هى الكتلة بالجرامات للطبق الفارغ

ح حجم العينة بالميليمترات

$و_{٢}$ 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

والهيدروكسيلات أما أملاح اليورات والبورات والسليكات والفوسفات فإن تأثيرها محدود جدا ولا يذكر. $CO_2 + CaCO_3 + H_2O$ **à** $Ca(HCO_3)_2$

أسباب ارتفاع وانخفاض القلوية:

إذا مرت المياه السطحية أوالجوفية على صخور جيرية فإنها تصـــبح عالية القلوية وكذلك تتأثر القلوية بالملوثات ارتفاعاً أوانخفاضاً حسب نوعية الملوثات الصناعية إذا كانت ذات طبيعة حمضية أوقاعدية.

أساس الطريقة:

يتم تقدير القلوية بالطريقة الحجمية وذلك بمعايرة حجم معين من العينة مع حمض الكبريتيك ٠,٠٢ عيارى وتحسب القلوية بالملليجرام كربونات الكالسيوم ويتوقف نوع القلوية على تركيز أيون الهيدروجين للعينة (pH) فإذا كان الأس الهيدروجينى للعينة >٨,٥ فان المعيارة تتم على مرحلتين ففى المرحلة الأولى تتم المعيارة حتى تصل قيمة الأس الهيدروجينى إلى ٨,٢ والتى عندها يتحول لون الفينولفثالين الوردى إلى عديم اللون أما المرحلة الثانية فتتم المعايرة حتى الأس الهيدروجينى ٤,٥ (عند هذه النقطة تتحول الكربونات إلى البيكربونات) باستخدام المثيل البرتقالى ككاشف التى يتحول لونها إلى الوردى عند نقطة التعادل.

أما بخصوص العينات ذات الأس الهيدروجينى أقل من ٨,٤ فانه يتم المعايرة حتى الأس الهيدروجينى ٤,٥ باستخدام المثيل البرتقالى ككاشف التى يتحول لونها إلى الوردى 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 هيدروكسيلات من تعيين قلوية الفينولفثالين والقلوية الكلية وعلى هذا الأساس فإن هناك خمسة إحتمالات كما يلى:

- قلوية الهيدروكسيد:

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

- قلوية الكربونات:

إذا كانت العينة تحتوى على الكربونات فإن الأس الهيدروجينى 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 الهيدروجينى للعينة أكبر من ١٠ ويمكن حساب القلوية كالآتي:

قلوية الهيدروكسيد = القلوية الكلية – قلوية الكربونات.

- الكربونات والبيكربونات:

الأس الهيدروجينى 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. & CO_3 alk.
   No HCO_3 alk.
2. pH 9.4 → 8.3: CO_3 alk. & HCO_3 alk.
   No OH alk.
3. pH 8.3 → 4.6: HCO_3 alk.
   No CO_3 alk.. No OH alk.
4. pH 4.6 → 3.0
   Mineral acids

So. according to pH value:

a. $OH = 2P - T$ & $CO_3 = 2(T - P)$
b. $CO_3 = 2P = T$
c. $CO_3 = 2P$ & $HCO_3 = T - 2P$
d. $HCO_3 = T$

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 عياريتة بالمعيارة Potetiometric مع محلول كربونات الصوديوم.

٣. كاشف الفينولفثالين Phenolphethaline:
يوزن ١٠٠ مللجم من ملح الفينولفيثالين 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 المعيارة باستخدام حمض الكبريتيك ففى حالة الفينولفثالين تتم المعيارة 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 $CaCO_3$)

= ح١ × ع × ٥٠٠٠٠/ ح٢.

حيث أن:

ح١ = حجم الحامض ٠,٠٢عيارى
ح٢ = 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.

٤. العسر الكلى

التعريف بعسر المياه وأنواعه:
يعرف عسر المياه باحتواء الماء على عنصرى الكالسيوم والمغنسيوم ويعبر عنه بتركيز كربونات كالسيوم (مجم/ لتر) وينعكس فى عدم قدرة الماء على تكوين رغوة مع الصابون وينقسم العسر 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 أوكبريتات وكلوريدات المغنسيوم والتي تذوب بصورة طبيعية في المياه طالما وجدت هذه الأملاح في التربة التي تمر بها المياه.

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

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

وفى حين يمكن التخلص من العسر 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 التكثيف والتناضح العكسى (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) فى وجود اريكروم بلاك تى كدليل لتقدير نسبة العسر الكلى فى 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 والماغنسيوم عند أس هيدروجينى أعلى من ١٠,٠ ± ٠,١ فإن المحلول يصير لونه أحمراً خمرياً. وعند اضافة (EDTA) كمحلول معايرة فإن الكالسيوم والماغنسيوم 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 ١٠,٠ ± ٠,١ المفضل فى الطريقة.

الكواشف:

١. محلول ثابت الأمونيا Ammonia buffer:

يذاب ١٦,٩جم 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 ١٠,٠ ± ٠,١.

٢. دليل الاريكروم بلاك ت (Eriochrom Black T):
يحضر مخلوط من المسحوق الجاف عن طريق خلط ٠,٥جم 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 ١جم 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 كميا فى قارورة حجمية سعة ١٠٠٠ مللى. يكون ١ مللى من هذا المحلول القياسى مكافئا 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 دورق مخروطى. يضاف من ١ إلى ٢ مللى محلول ثابت الأمونيا، وعادة يكون ١ مللى كافيا 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 بملليجرام كربونات كالسيوم فى اللتر من الصيغة: ح$_{١}$ × ١٠٠٠ / ح$_{٢}$

حيث أن:

ح$_{١}$ = حجم محلول الـ EDTA

ح$_{٢}$ = العينة بالملليمترات

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 ٢٠مللى من محلول ١عيارى من حمض الهيدروكلوريك ثم يتم معادلة المحلول عند أس هيدروجينى ٧ بإستخدام محلول ١عيارى 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 معقدا عند رقم هيدروجينى ١٢ الى ١٣.

الكواشف:

محلول هيدروكسيد الصوديوم Sodium Hydroxide (١عيارى).

دليل الميروكسيد (بيربورات المونيوم) Murexide (Ammonium Perpurate)، يكون المخلوط المطحون لمسحوق الصبغة وكلوريد الصوديوم، دليلا 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) القياسى 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 الصوديم، أو حجم كاف للحصول على رقم هيدروجينى من ١٢الى 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 بملليجرامات الكالسيوم فى اللتر من الصيغة التالية: ح١ × ١٠٠٠ / ح٢

حيث أن:

ح١ = حجم محلول الـــ EDTA

ح٢ = 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 مقـــداره ٠,٤ مجم مكافئ لكل كيلوجرام من العسر للاستخدام الصناعي فى الغلايات، وأعلـــى مستوى يسمح به من العسر الكلي هو ١٠٠ مجم/ لتر، بحد أقصى ٥٠٠ مجـــم/ 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 أوضعيفة القلوية المحتوية على الكرومات باستخدام نترات الفضة ويترسب 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 المـــاء وتضـــاف نترات الفضة لتكوين راسب أحمر خفيف يترك لليـــوم التـــالى ثـــم يرشـــح ويخفف إلى اللتر بالماء المقطر.

٢. محلول كلوريد الصوديوم القياسى Sodium chloride (٠,٠١٤١ عياري):

يذاب ٠,٨٢٤٣ جم من كلوريد الصوديوم السابق تجفيفة عند ١٤٠°م لمـــدة ٣٠ دقيقة فى ٥٠٠ مللى من الماء يخفف المحلول إلى ١٠٠٠ مللى بالمـــاء المقطر، كل ١ مللى من هذا المحلول يحتوى على ٠,٥ ملجم كلوريد.

٣. محلول نترات الفضة القياسى Silver nitrate (٠,٠١٤١ عياري):

يذاب ٢,٣٩٦جم من نترات الفضة فى ١٠٠٠مللى من الماء وتتم معايرتـــه 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 صـــينى أبـــيض أوقـــارورة مخروطيـــة موضوعة على سطح أبيض.

- يضاف ١مللى 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:

ح١ × ت × ٣٥,٤٦ × ١٠٠٠ / ح٢

حيث أن:

ح١: حجم محلول نترات الفضة (مللى) المستخدم فى التقدير.

ح٢: هوالحجم بالمليلترات 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 ٢٠٠-٥ مجم/ لتر. وكميات الكلوريدات التى يفرزها فرد آدمي واحد فى اليوم تصل إلى ٦ جم/ فرد. وحيث أن الكلوريد لا يتم معالجته، أوالتخلص منه فى أى مرحلة من مراحل المعالجة، لذلك فارتفاع مستوى الكلوريد يعتبر مؤشراً على تسرب أو تلوث من مصادر الصرف ولايجب أن يزيد مستوى الكلوريد فى مياه الشرب عن ٢٥٠ ميللجرام/ لتر.

٦. الكبريتيد

أساس الطريقة:

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

ميثيل – بارا – فينيلين داى أمين فى وجود كلوريد الحديديك 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 أوهواء لمنع أكسدة الكبريتيد.
٣. التأكد من عدم وجود الكبريتيت والثيوكبريتات والهيدروكبريتيت.
٤. تجنب استخدام الطريقة الطيفية إذا كانت العينة عكرة أوملونة.

طريقة الحساب:

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

حيث:

A = حجم اليود المضاف أوالمستخدم فى التجربة.

B = حجم ثيوكبريتات الصوديوم المكافئ لليود المتبقى.

وحدة القياس= (mg/L).

دلالة الاختبار:

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

٧. تقدير الكبريتات Sulfate

أساس الطريقة:

تترسب أيونات الكبريتات SO_4 فى وجود حمض الهيدروكلوريك HCl وكلوريد الباريوم $BaCl_2$ مكونة كبريتات الباريوم $BaSO_4$ ذات العكارة التى يمكن قياسها

عند طول موجى ٤٢٠ نانومتر بإستخدام 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 سيليكا 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. السبكتروفومتر Spectrophotometer
ج. ساعة ايقاف

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 الإثيلى 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 حجمًا معينًا من العينة فى إناء زجاجى مخروطى ضف ٥ مل من الكاشف conditioning reagent واخلط المحلول باستخدام المقلب المغناطيسى وخلال

عملية التقليب ضف حوالى ١ جم من حبيبات كلوريد الباريوم وابدأ بتشغيل ساعة الإيقاف واستمر لمدة دقيقة فى التقليب. 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 (SO_4) / لتر = أ × ١٠٠٠ / حجم العينة بالمليمتر

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 ١لتر 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 دورق مخروطى ويجرى عليه مثل تحليل العينة تماماً، يتم تسجيل قراءات الجهاز للتركيزات المعروفة والتى 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 فى الطبيعة فى صورة مركبات ولاتتواجد فى صورة حرة، وفى حالة وجود تركيز عالى من عنصر المغنسيوم تتفاعل السليكا معه مكونة ترسيبات فى أجهزة الغلايات، وتتفاعل السليكا مع موليبدات الأمونيوم عند أس هيدروجينى ١,٢ مكونة مركب سليكات الموليبدنيم والذى له لون أصفر مميز يتم قياسه عند طول موجى ٤٢٠. كما تصل حساسية هذه الطريقة إلى ١ ملليجرام/ لتر.

الكواشف:

١. حمض الهيدروكلوريك Hydrochloric acid المخفف إلى ١+١
٢. موليبدات الأمونيم Ammonium molybdate:
يذاب ١٠ جم من ملح موليبدات الأمونيم فى ١٠٠ مللى ماء مقطر.
٣. محلول حمض الأوكزيلك Oxalic acid:
يذاب ١٠ جم من ملح حمض الأوكزليك فى ١٠٠ مللى ماء مقطر.

الطريقة:

فى هذه الطريقة السليكا التى يتم تقديرها هى السليكا الذائبة فقط ولذلك لابد من ترشيح العينة على ورق الترشيح السليولوزى Membrane filter 0.45µm.

يؤخذ حجم مناسب من العينة + ١ مللى من حمض الهيدروليك (١+١) ثم يضاف ٢ مللى من محلول موليبدات الأمونيم. يرج المحلول جيداً ثم يضاف ٢ مللى من محلول حمض الأوكزيلك ويقاس اللون الأصفر المتكون بعد مرور ١٠ دقائق عند طول موجى ٤٢٠.

إعداد منحنى السليكا القياسى:

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

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

١. كرومات البوتاسيوم Potassium chromate:

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

٢. محلول البوركس Sodium borate decahydrate (Borax):

يتم إذابة ١٠ جم من بورات الصوديوم والتى تحتوى على عشر جزيئات من الماء Na2B4O7.10H2O فى 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 SiO_2= قراءة $\mu gSiO_2$ (فى حجم محلول نهائى ٥٥ مللى)/ حجم العينة.

٩. مجموعة النيتروجين

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

وتعتبر المخلفات الصناعية والآدمية 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 (الميثاموجلوبينيميا) 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.

الأمـــــونيا 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 الإيثيلى ويكمـــل إلى حجم نهائى ١٠٠ مللى، ويجب ملاحظة أن محلول الفينول قبل التخفيف بالكحول ثابت إلى فترة طويلة إذا تم حفظه فى الثلاجة وفى زجاجـــة بنيـــة معتمة، ولكن المحلول بعد تخفيفه بالكحول الإيثيلى غير ثابت ولذلك يجـــب أن لا يتم تخفيف كميات كبيرة منه، ويفضل تحضير كميـــات صـــغيرة لأن مدة ثباته أسبوع واحد فقط من تاريخ التخفيف على أن يحفظ فـــى زجاجـــة بنية معتمة داخل الثلاجة.

٢. نيتروبروسيد الصوديوم Sodium nitroprusside:
يذاب ٥ جم من نيتروبروسيد الصوديوم فى ١٠٠مللى ماء مقطر. ويحفظ المحلول فى زجاجة بنية معتمة لمدة شهر واحد فى الثلاجة.

٣. محلول قلوى السترات Alkaline citrate:
يذاب ٢٠٠جم من سترات ثلاثى الصوديوم مع ١٠ جم من هيدروكسيد الصوديوم فى 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 فى زجاجة بنية معتمة.

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

إعداد منحنى الأمونيا القياسى:
يستخدم محلول محضر من كلوريد الأمونيا Ammonia chloride لإعداد منحنى الأمونيا القياسى حيث يذاب ٣,٨١٩ جم من كلوريد الأمونيا NH_4Cl فى الماء المقطر ويكمل إلى ١لتر، وبذلك تكون قوة هذا المحلول ١مللى= ١,٢٢ملجم NH_3، يتم تحديد التركيزات المطلوبة والتى يتم من خلالها رسم منحنى 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 أوخفض هذه السلسلة، ويراعى أن هناك إتزاناً بين الأمونيا، وأيون الأمونيوم.

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

فعند أس أيدروجيني أكبر من ٧ يكثر وجود غاز الأمونيا، وأقل من أس أيدروجينى 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: NO_2

أساس التجربة:

لقد وجد أن الطريقة اللونية الناتجة عن تفاعل ايون النيتريت مع حمض الصلفونيلاك فى الوسط الحامضى مكونة املاح الدايزونيم والتى تتحد مع النفثيل اثيلين ثنا ئى الامين ثنائى الهيدروكلوريد (NED) مكونة لون احمر وردى يمكن قياسه. وحساسية هذه الطريقة تتراوح بين ١٠ إلى ١٠٠٠ميكروجرام 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 ٥ م أو بإضافة ٤٠ مجم من أيون الزئبقيك علي كل لتر من العينة وحفظها عند ٤ ٥ م.

الأجهزة والأدوات:

جهاز المطياف الضوئى (Spectrophtometer) ويستخدم عند طول موجة ٥٢٠ نانومتر.

الكواشف:

١. حمض السلفانيليك Sulphanilic acid:

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

٢. ألفا نفثيل أمين هيدروكلوريد α-naphthylamine hydrochloride:

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

٣. خلالات الصوديوم Sodium acetate:

يذاب ١٦٦,٤ جم NaC2H3O2 أو ٢٧,٢ جم NaC2H3O2.3H2O فى ١٠٠ مللى من الماء المقطر.

الطريقة:

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

محلول نيتريت الصوديوم القياسى:Stock Nitrite Solution:

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

من هذا المحلول (محلول رقم ١) يتم أخذ ١٠٠مللى ثم يكمل إلى ١لتر بالماء المقطر (محلول رقم ٢)، ثم يؤخذ من هذا المحلول (رقم ٢) ٥٠ مللى ويخفف إلى ١ لتر بالماء المقطر (محلول رقم٣)، تركيز هذا المحلول (رقم ٣) يكافئ ١ مللى= ١,٦ ميكروجرام نيتريت (NO_2)، يتم تحديد التركيزات المطلوب رسم منحنى القياس لها من خلال طبيعية العينات الواردة. يؤخذ من المحلول رقم ٣ التركيزات المطلوبة ويكمل إلى ٥٠ مللى مثل العينة وتجرى 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 فى المياه السطحية أوالجوفية، ويؤدي وجود النيتريتات فى مياه الشرب إلى تكوين نيتروزأمينات فى الجسم وهى مركبات مسرطنة.

طريقة تعيين النترات NO_3

باستخدام الصوديوم ساليسالات Sodium Salicylate

أساس الطريقة:

يتفاعل أيون النيتريت مع الصوديوم ساليسالات فى وجود حمض الكبريتيك المركز مكونا حمض النتروسلساليك ذو اللون الأصفر والذى يمكن قياسه عند ٤٢٠ نانومتر فى وجود محلول بوتاسيوم صوديوم ترترات.

التداخلات (Interferences):

١. احتواء العينة على مواد صلبة، ففى 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 ساليسالات.

الكواشف:

١. صوديوم ساليسالات (Sodium Salicylate):
يذاب ٠,٥ جم من ملح سالسالات 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 البوتاسيومى 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، ولابد من حفظ هذا المحلول فى عبوات بلا ستيكية ولا يحفظ فى عبوات زجاجية.

٣. حمض كبريتيك مركز Sulphuric acid

الطريقة:

يؤخذ ٥٠ مللى من العينة ويضاف ١ مللى من محلول ساليسالات 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 ترتارات الصوديوم البوتاسيومى ثم يترك المحلول حتى يبرد تماماً،

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

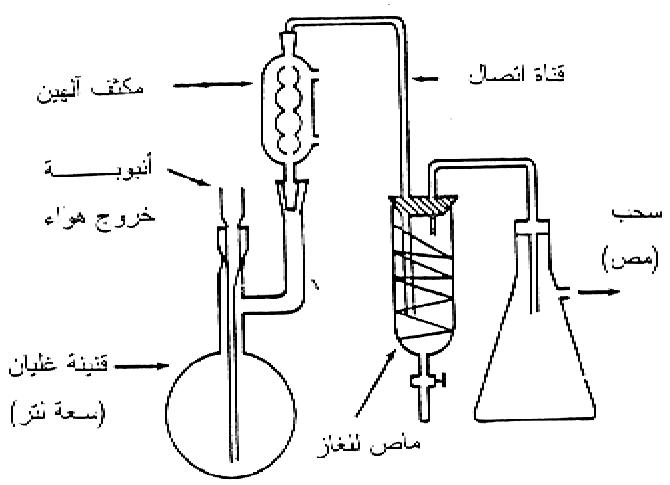
محلول نترات الصوديوم القياسى:Stock Sodium nitrate Solution:
ويتم بإذابة ٠,٦٠٧١ جم من نترات الصوديوم ويخفيف الى واحد لتر. ويعتبر هذا المحلول تركيزه ١ مل = ١٠٠ ميكروجرام NO_3-N (محلول رقم ١)، يتم تخفيف ١٠٠ مللى من محلول (١) ويكمل إلى ١ لتر بالماء المقطر (محلول رقم ٢) بحيث يصبح تركيز هذا المحلول ١ مل = ١٠ ميكروجرام NO_3-N)، يتم تحديد التركيزات المطلوب رسم المنحنى القياسى من خلالها ويتم معاملة التركيزات المختلفة كما سبق فى العينة.

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

١٠. السيانيد

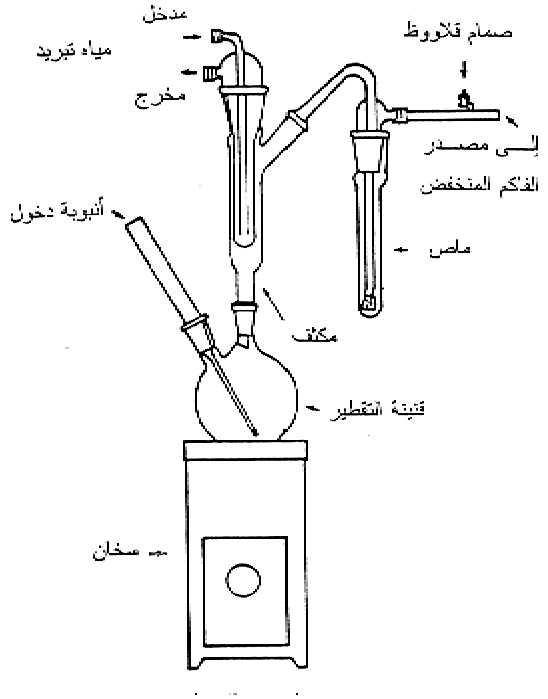
أساس الطريقة:
تعتمد الطريقة على تقطير العينة المحمضة وجمع حمض الهيدروسيانيك الناتج فى أيدروكسيد صوديوم وتقديره بالمعايرة الحجمية أو القياس الجهدى باستخدام قطب السيانيد الأيونى افنتقائي، أوبتحويله إلى كلوريد السيانوجين وتفاعلة مع بيريدين بيرازولون اوحمض بيريدين باربتيورك وقياس كثافتة الضوئية عند ٦٢٠ و٥٧٨ نانومتر على الترتيب، ويمكن قياس أيون السيانيد الناتج بإستخدام الطرق الجهدية مع القطب المنتخب لأيون السيانيد.

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



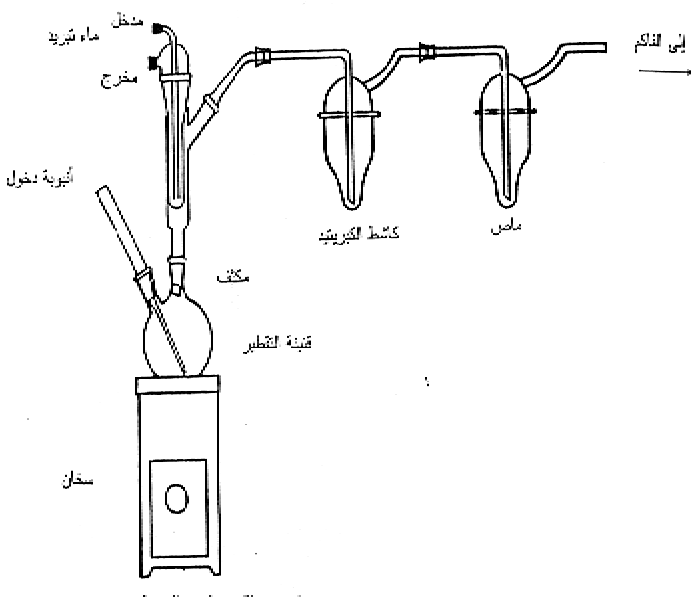
شكل رقم (٦-٦)

جهاز تقطير السيانيد، نموذج (أ)



شكل رقم (٦-٧)

جهاز تقطير السيانيد، نموذج (ب)



شكل رقم (٦-٨)

جهاز تقطير السيانيد، نموذج (جـ)

الاحتياطات:

١. يضاف حمض الأسكوربيك فى وجود الكلور فى العينة.
٢. تحفظ العينة فى وسط قلوى (أس أيدروجيني أكبر من ١٢).
٣. تحلل العينة بمجرد جمعها.
٤. فى وجود النتريت أو النترات يجب إضافة حمض السلفاميك.
٥. وجود أحماض الأليفاتيـــة يتـــداخل فـــى التقـــديراللونى ويجـــب إزالتهـــا باستخلاصها بمذيب عضوي.
٦. فى حالة وجود أيون كبريتيد فى العينة يجب إمرار الحمض المتطاير فـــى مصيدة تحتوى على محلول خلات الرصاص.

طريقة الحساب:

(١) طريقة المعايرة الحجمية:

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

حيث:

A = حجم نترات الفضة المستخدمة فى معايرة العينة المأخوذة من ٢٥٠ سم^{٣} هو الحجم الكلي.

B = حجم نترات الفضة المستخدمة فى التجربة الغفل.

N = عيارية نترات الفضة.

(٢) الطريقة الطيفية:

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

حيث:

A = وزن السيانيد (ميكروجرام) من منحنى المعايرة.

B = حجم العينة المأخوذة للمعايرة.

C = حجم العينة المأخوذة للقياس الطيفي.

وحدة القياس: µg/L

دلالة الاختبار:

يعتبر وجود السيانيد دليلا على وجود تلوث خطير شديد السمية ينشأ من النشاط الصناعي. وتعتبر الأسماك فى مياه الأنهار مؤشراً حساساً للتلوث بالسيانيد. ومعظم السيانيد الحر يتواجد فى هيئة حمض هيدروسيانيك المتطاير HCN ولا يسمح بتركيز أعلى من ٠,٠٥ مجم/ لتر من السيانيد فى 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 التى لها العديد من الاستخدامات سواء فى الأسمدة الزراعية أو فى العديد من الصناعات مثل صناعة المنظفات.

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

المليبدوفوسفات والذى له لون أزرق مميز عند أضافة كلوريد الزرنيخ، كما تصل حساسية هذه الطريقة إلى ٣ ميكروجرام فوسفات/ لتر.

الاحتياطات:

١. الأخذ فى 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. موليبدات الأمونيوم Ammonium molybdate:
يذاب ٢٥جم من موليبدات الأمونيوم فى 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 ٢,٥جم من كلوريد الزرنيخ فى ١٠٠ مللى جلسرين.

٣. محلول حمض الكبريتيك Sulphuric acid:
يضاف ٣١٠مللى 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 ٠,٤جم من كبريتات البوتاسيوم المزدوجة Potassium persulfate، يغلى المحلول لمدة نصف ساعة ثم يترك حتى يبرد تماماً ثم يعاد إلى حجمه الأصلى ثم يضاف ٢ مللى من محلول موليبدات الأمونيوم + ٣ نقط من محلول كلوريد الزرنيخ والذى يعطى لون أزرق مع مركب الموليبدوفوسفات 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 ١مللى من حمض الكبريتيك المحضر + ٢ مللى موليبدات 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 الآدمى، ولا تحتوى المواصفة المصرية لمياه الشرب على حدود محددة مسموح بها لتواجد الفوسفات فى مياه الشرب، ويمكن اعتبار الحد الأقصى المسموح به ١ ميلليجرام/ لتر فى ضوء التركيز الأقصى المسموح به للصرف على مياه نهر النيل.

١٢. الحديد Fe يعتبر الحديد رابع العناصر التى تدخل فى تكوين قشرة الأرض من حيث الوزن، وهو عنصر شائع فى الصخور والتربة وجزء أساسى فى التربة الطينية، ويوجد فى الماء بكميات مختلفة وذلك اعتماداً على التكوينات الجيولوجية للمنطقة والمكونات الكيميائية للمجرى المائى والحديد عنصر ضرورى 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.

وتأتى المخلفات الصناعية فى مقدمة مصادر التلوث بالحديد مثل تصريف مياه المناجم والمياه الجوفية الحاملة للحديد ويترسب الحديد فى الماء فى وجود الاكسجين على هيئة هيدروكسيد الحديديك الأصفر أو أكسيد الحديديك الأحمر، كما أن حساسية هذه الطريقة تصل إلى ١٠ ميكروجرام حديد/ لتر.

<u>الطريقة اللونية لتقدير نسبة الحديد والتى يستخدم فيها الفينانثرولين:</u>

يقوم التسخين الابتدائى بواسطة الحمض بإزالة السيانيدات والنتريتات التى تتداخل إذا كانت موجودة ووجود المواد المؤكسدة القوية بتركيز كاف يقوم باتلاف الهيدروكسيلامين، وإضافة كمية زائدة من الهيدروكسيلامين يمنع الخطأ الناتج عن هذه المواد.

<u>أساس الطريقة:</u>

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

<u>الكواشف:</u>

١. محلول خلات الصوديوم Sodium acetate:

يذاب ٢٠٠ جم من خلات الصوديوم $NaC_2H_2O_2.3H_2O$ فى ٨٠٠ مللى من الماء المقطر.

٢. محلول مثبت الأس الهيدروجينى من خلات الأمونيوم
Ammonium Acetate Buffer Solution:
يحضر بإذابة ٢٥٠ جم من خلات الأمونيوم $NH_4C_2H_2O_2$ فى ١٥٠ ملى ماء مقطر. يضاف ٧٠٠ مللى من حمض الخليك المركز.

٣. محلول هيدروكلوريد الهيدروكسيلامين
Hydroxylamine hydrochloride Solution:
يذاب ١٠ جم من هيدروكلوريد الهيدروكسيلامين ($NH_2OH.HCl$) فى ١٠٠ مللى ماء مقطر.

٤. محلول ١. ١٠ الفينانثرولين 1.10 Phenanthroline:
يذاب ٠,١ جم من الفينانثرولين C12H8N2.H2O فى ١٠٠ملى ماء مقطر مع التقليب المستمر، يتم التخلص من المحلول إذا تغير لونه.

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

الطريقة:
١. تقدير الحديد الكلي في العينة Total Iron:
تمزج العينة جيداً وينقل ١٠٠ مللى من العينة إلي 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 $NH_4C_2O_2H_2$، ثم يضاف ٤ مللى من محلول الفنثرولين، 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.

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

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 $Fe(NH_4)_2(SO)_2.6H_2O$ 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 مللي 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 خلات الصوديوم (بدلاً من خلات 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 $(NH_4)S_2O_8$ Ammonium Persulphate

٢. محلول الكاشف الحامضي الخاص Special Reagent:

يحضر بإذابة ٧٥جم من كبريتات الزئبق Mercuric sulphate ($HgSO_4$) في ٤٠٠ مللى من حمض النتريك Nitric acide (HNO_3) المركز، ٢٠٠ مللى من ماء مقطر ويضاف ٢٠٠ مللى من حمض الفسفوريك ٨٥ % Phosphoric acide (H_3PO_4)، 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 فى دورق مخروطى سعته ٢٥٠ مللى ثم يضاف ٥ مللى من المحلول الكاشف الخاص بالمنجنيز special reagent، يوضع الدورق على السخان ليغلى حتى يقل حجمه إلى حوالى ٨٠-٩٠ مللى ثم يضاف ١ جم من فوق كبريتات الأمونيوم الصلبة ويترك المحلول يغلى لمدة دقيقة، ثم يعرض المحلول للتبريد الفجائى 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 فى حمام مائى لعد ساعات (حوالى ٦ساعات) أو أن يترك فى أشعة الشمس المباشرة عدة أيام (إذا كان المحلول يحتوى على شوائب يمكن أن يرشح خلال مرشح زجاجي

أوورق الترشيح (Whatman) ويعاير مع اكسالات الصوديوم Sodium oxalate ($Na_2C_2O_4$) أويمكن استخدام Oxalic acide.

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 ١٠مللى حمض كبريتيك ٥٠٪، ثم يسخن المحلول في الحال بالقرب من درجة الغليان. يعاير محلول أوكسالات 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 ١٠٠ملجم من أكسالات الصوديوم يستهلك ١٥مل من البرمنجنات تقريباً.
٥. يجري اختبار ضابط (Blank) من الماء المقطر وحمض الكبريتيك تحسب عيارية البرمنجنات كالآتي:

= جم من أكسالات الصوديوم / (أ – ب) × 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 ١مللى 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 كبرتيت الصوديوم ١٠ % (Sodium bisulphate) ($NaHSO_3$)

نقطة نقطة حتي يختفي لون البرمنجنات، يغلي المحلول لطرد 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 ١جم 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 فى مصادر المياه بصورة طبيعية كما إنه يتواجد بتركيزات فى الحدود المسموح بها حيث تتم فى بعض الأحيان إضافة الفلوريد للمحافظة على تركيزه وخاصة فى 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 فى العينة، مما يؤدى إلى انفصال جزء منه إلى أنيون مجمع عديم اللون (2 ZrF6 -) وصبغ، حيث كلما زاد تركيز الفلوريد يؤدى 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

فى 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 octahydrate $ZrOCl_2.8H_2O$ في المـــاء حوالي ٢٥ مللى من الماء المقطر ثم يضـــاف ٣٥٠ مللـــى مـــن حمـــض الهيدروكلوريك المركز. يبرد المحلول ثم يكمـــل إلـــى ٥٠٠ مـــل بالمـــاء المقطر.

٣. كاشف خليط Zirconyl-SPADNS:

يتم خلط أحجام متساوية من كلا من محلول صـــبغة SPADNS ومحلـــول 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 ٥مللى من كل كاشف على حدا أو أن يتم إضافة ١٠ مللى من الخليط الكاشف (محلول رقم ٣) للعينة الواحدة.

٤. المحلول المرجعي Reference solution (Blank):

يتم إضافة ١٠ مللى من محلول SPADNS إلـــى ١٠٠ مللـــى مـــن المـــاء المقطر، يخفف ٧ مللى من حمض الهيدروليك 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.

<u>الطريقة:</u>

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 اللونى عند طول موجى ٥٧٠ مع ملاحظة ضبط صفر الجهاز باستخدام المحلول المرجعى (Reference solution).

إعداد منحنى القياس:

١. محلول الفلوريد القياسي:

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

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

دلالة الاختبار:

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

١٥. الألومنيوم Al

يوجد الألومنيوم في القشرة الأرضية بصور عديدة من اتحاده مع السليكون والأكسجين لتكوين الفلسبار، الميكا micas ومعادن الطين. ويستخدم كبريتات الألومنيوم البوتاسيومى (الشب) في عمليات معالجة المياه لتجميع الجسيمات العالقة وتكوين الندف مما يؤدى إلى وجود ألومنيوم متبقى فى الماء المنتج من محطات مياه الشرب، والألومنيوم هو مكون غير أساسى للنباتات والحيوانات حيث أن تركيزات تتجاوز ١,٥ملجم/ 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 الألومنيوم عند تركيز ٦ميكروجرام ألومنيوم/ لتر.

الكواشف:

١. حمض الكبريتيك H_2SO_4: 0.0_2N

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 الألومنيوم Buffer reagent:

يذاب ١٣٦ جرام من خلات الصوديوم $NaC_2H_3O_2.3H_2O$ 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 حوالي ٩ إلى حوالي ٢٠٩ 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 البرتقالى ثم يجرى لها معايرة مع حمض الكبريتيك ٠,٠٢ عيارى إلى اللون الوردى الخافت.

٢. يؤخذ كميتين متساويتين من العينة ٢٥ مللى وتوضع كل منهم فى دورق عيارى سعته ٥٠ مللى ويضاف إلى كل منهم كمية حمض الكبريتيك التى تم تحديدها من الخطوة السابقة + ١ زيادة عن الحجم الذى تم تحديده.
٣. إلى أحد الدورقين الذين يحتويين على العينة يتم إضافة ١ مللى من محلول الإيديتا وهذا الدورق يمثل الـ Blank الذى يتم على اساسه ضبط جهاز الطيف اللونى، محلول الإيديتا يعمل على إزالة العكارة أوإحتواء 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 $AlK(SO_4)_2 12H_2O$. 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 الألمنيوم القياسي:

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 دورق 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 $MnSO_4.4H_2O$ أو ٤٠٠ جم من ملح $MnSO_4.2H_2O$ ٣٦٤ أو ٣٦٤ جم من ملح $MnSO_4.H_2O$ 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) أو ١٥٠ جرام من ملح يوديد البوتاسيوم Potassium iodide (KI) في 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 حوالى ٢٤ ساعة ثم ينقل المحلول العلوى Supernatant الرائق إلى زجاجة بيضاء نظيفة لها غطاء محكم وتوضع فى الثلاجة، هذا المحلول سريع التلوث وبالتالى إذا لم تتوافر محاليل الحفظ من التلوث لا داعى لتحضير كميات كبيرة منه ويكتفى بتحضير حوالى 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 $Na_2S_2O_3.5H_2O$ في 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 داى كرومات البوتاسيوم Primary standard وذلك بالخطوات التالية:

- محلول داى كرومات البوتاسيوم:

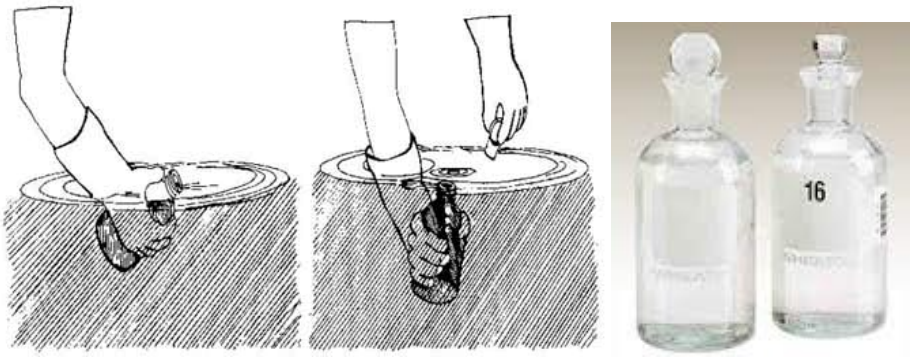
يذاب ١,٢٢٥ جم من ملح داى كرومات البوتاسيوم فى ١ لتر من الماء المقطر.

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

<u>الطريقة:</u>

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 فى 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 - الأزيد حيث يتكون راسب بنى.
٢. تغلق الزجاجة جيداً وتترك لمدة ساعاتان من إضافة أملاح التثبيت. يضاف ٢ مللى من حامض الكبريتيك المركز وتغلق الزجاجة 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 القشى 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 ٣٠٠مللى

١٧. الكلور

أساس الطريقة:

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

الاحتياطات:

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

طريقة الحساب:

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

حيث:

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

B = حجم اليود (عيارية ٠,٠٢٨٢).

C = حجم العينة (سم^3).

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 تســتهلك منه بواسطة المواد العضوية الأخرى، الحديد، الهيدروجين، الكبريتيد، المنجنيز، النترات، والأمونيا. ولابد من تلبية كل الاحتياجات المطلوبـــة للاســتهلاك مـــن 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:

$Cl_2 + H_2O$ **à** $HOCl + H^+Cl^-$

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 أيدروجينى 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) $Na_2SO_3.5H_2O$ فى واحد لتر من الماء المقطر ويتم معيارتة باستخدام محلول ٠,٠٢٥ عيارى من البوتاسيوم ثنائى الكرومات $K_2Cr_2O_7$، وهو نفس المحلول المستخدم فى طريقة تقدير الأكسجين الذائب.

الطريقة:

- يضاف الى ١٠٠مللى من العينة (أو تخفيفها) ٥ مل من حمض الخليك المركز أو أكثر وذلك لاختزال الأس الهيدروجينى ليصبح الوسط حامضى فى الحدود ٣-٤ ثم يضاف حوالى ١ جم من يوديد البوتاسيوم (KI) وترج العينة جيدا.
- يتم معيارة 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 وبالتالى يتم إضافة النشا مباشرة.

لون أزرق بعد إضافة ١مللى من محلول النشا

لون أصفر فاتح بعد إضافة جزء من الثيوسلفات

لون أصفر داكن

شكل رقم (٦-١٠)
الطريقة الأيودية لتقدير الكلور

حساب النتائج:

مليجرام من الكلور محسوب على هيئة Cl_2 / لتر

= (أ × ع × ٣٥,٤٥) / حجم العينة بالمليمتر × 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 مليجرام من ملح الـ EDTA ثم يكمل المحلول إلى اللتر، يحفظ هذا المحلول فى زجاجة بيضاء اللون وفى الثلاجة بصفة مستمرة وذلك لسرعة نمو الكائنات الدقيقة فيه ولذلك من الأفضل تحضير كميات صغيرة منه (حوالى ٢٥٠ مللى فى كل مرة).

٢. محلول كاشف الDPD:

يذاب ١ جم من ملح الDPD-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 فى حدود من ٠,٠٥ - 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 (الـــ Break Point) حيث تكون العينة بها العكارة الطبيعية للماء وهوما يمثل عائق لصحة قراءة جهاز الطيف اللونى. وعلى ذلك يمكن ايضاً استخدم الطريقة العيارية باستخدام كبريتات الحديدوز الأمونية لإزالة لون الـــ DPD. هذا فى حالة استخدام الـــ 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. سحاحة Automatic burette.
٤. دورق عيارى ١ لتر، ٢٥٠ مللى Measuring flask.

الكيماويات 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. داى 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 (0.025N) Standard sodium thiosulphate 0.025N سبق الشرح فى قياس الأكسجين الذائب

تحديد جرعة الكلور المثلى:

ملحوظة هامة:

لحساب جرعة الكلور المثلى 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 هوالذى 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 الزجاجة بصفة مستمرة فى الثلاجة ولا تخرج منها إلا عند الاستخدام وترج الزجاجة 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 =

$$\frac{\text{قراءة السحاحة} \times ٠,٩ \text{ (عيارية محلول الثيوسلفات} \times \text{الوزن الجزيئ للكلور } ٣٥,٥)}{\text{حجم العينة (الكمية المضافة من محلول غاز الكلور)}}$$

= 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

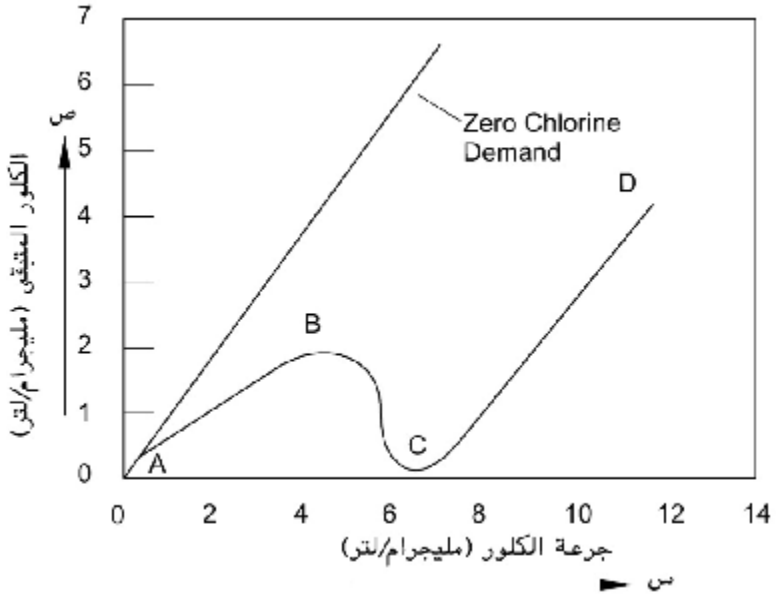
٥ مليجرام كلور/ لتر = ص٥ مللى كلور/ لتر

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 (التى سبق حسابها من المعادلة السابقة مع الأخذ فى الأعتبار أن الحسابات المذكورة للتر الماء الخام أما كمية الماء الخام المستخدمة فهى ٢٥٠ مللى أو٥٠٠ مللى وبالتالى لابد 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 ١مللى 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 الشبة (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 بعداد سرعة للقلابات وموقف زمني من (صفر – ٦٠ دقيقة).

شكل رقم (٦-١٣)

تحديد الجرعة المثلى من الشبة (تجربة Jar Test)

الكيماويات والزجاجيات المطلوبة: Chemicals and Glass ware

الزجاجيات:

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

الكيماويات 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 = ١٠مليجرام/ لتر.

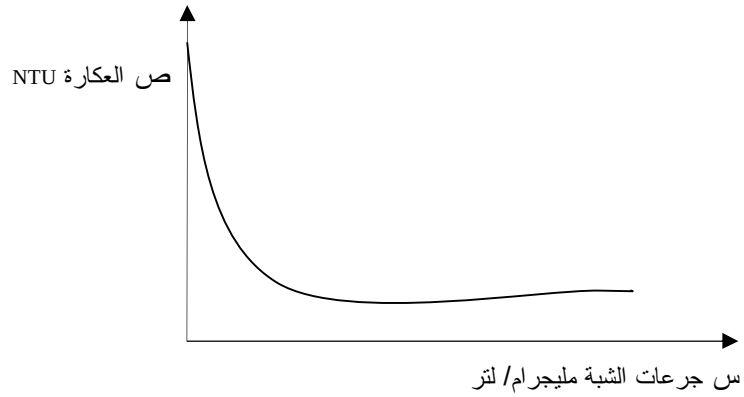
خطوات العمل Procedure:

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 مليجرام/ 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 للترسيب Sedimention، 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.

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 الأكسجينى البيولوجى Biochemical Oxygen Demand (BOD):**

يجرى اختبار الاحتيلج 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 فى محطات معالجة المخلفات.

الكواشف:

١. محلول متعادل الفوسفات Phosphate buffer:

يذاب فى ١ لتر من الماء المقطر كل مما يأتى:

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 $MgSO_4.7H_2O$ فى ١ لتر من الماء المقطر.

٣. محلول كلوريد الكالسيوم Calcium chloride:

يذاب ٢٧,٥ جم من ملح CaCl2 فى ١ لتر من الماء المقطر.

٤. محلول كلوريد الحديديك Ferric chloride:

يذاب ٠,٢٥ جم من ملح $FeCl_3.6H_2O$ فى ١ لتر من الماء المقطر.

الطريقة:

- تستخدم نفس الزجاجات المستخدمة مع الـــ 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 فى 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 الـــ DO (٢ مللى من كبريتات المنجنيز ثم ٢ مللى من يوديد الأزيد) 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 تعاير مع محلول ثيوسلفات الصوديوم تماماً مثل الـــ 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 ٢٢م° لمدة خمسة أيام.
٧. تخرج الزجاجات من الحضانة ويضاف أملاح التثبيت إلى الزجاجات (٢ مللى من كبريتات المنجنيز ثم ٢ مللى من يوديد الأزيد) 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 الـــ DO، لا يتم إذابة الراسب لإجراء المعايرة إلا بعد مرور أكثر من ساعتان من إضافة أملاح التثبيت.

حساب النتائج:

كمية الاحتياج الأكسجينى الحيوى مليجرام O_2/ لتر =

$$\frac{(\text{أ}_1 - \text{أ}_2) - (\text{ب}_1 - \text{ب}_2) \times ٣٠٠}{\text{حجم العينة}}$$

حيث أن:

أ١ قراءة العينة المثبتة فور الملء.

أ٢ قراءة العينة بعد أيام التحضين.

ب١ قراءة الكنترول فور الملء.

ب٢ قراءة الكنترول بعد أيام التحضين.

٢. **الاحتياج الأكسجينى الكيميائى** Chemical Oxygen Demand (COD):

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

الطريقة اللونية للداى كرومات Closed Reflux:

الكواشف:

١. محلول الهضم من داى كرومات البوتاسيوم Digestion solution:

يذاب ١,٠٢٢ جم من داى كرومات البوتاسيوم Potassium Dichromate $K_2Cr_2O_7$ (سبق تجفيفه عند ١٥٠م° لمدة ساعتان) فى ٥٠٠ مللى من الماء المقطر + ١٦٧ مللى من حمض الكبريتيك المركز + ٣٣,٣ جم من ملح كبريتات الزئبق Mercuric sulphate $HgSO_4$، يترك المحلول حتى يبرد تماماً ثم يكمل إلى اللتر.

٢. كاشف حمض الكبريتيك:

يضاف ملح كبريتات الفضة Silver sulphate Ag2SO4 إلى حمض الكبريتيك المركز Sulphuric acid Conc. H2SO4 بواقع ٥,٥ جم لكل كيلوجرام، يوضع هذا المحلول فى زجاجة بنية معتمة ويحفظ فى الظلام لمدة يوم أو يومين قبل الإستخدام حيث أنه لا يذوب بسهولة وبالتالى لا يمكن تحضيره واستخدامه فى 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 ١٠مللى. كما يلاحظ أنه يتناسب حجم المحلول فى الأنابيب مع سعة الأنبوبة كما هو مبين فى الجدول رقم (٦-٤):

جدول رقم (٦-٤)
تناسب حجم المحلول مع سعة الأنبوبة

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

٢. سخان حرارى للهضم عند درجة حرارة ١٥٠م°: يتميز هذا السخان بوجود فتحات مناسبة للأنابيب، ويجب ملاحظة أنه لا يتم الهضم بوضع الأنابيب فى الفرن للمخاطر التى 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 النهائى 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 الـــ Potassium hydrogen phthalate وذلك للتأكد من دقة منحنى القياس، وهذا فى كل مرة تقاس فيها عينة لتقدير الأحتياج 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 الـــ (Potassium hydrogen phthalate ($HOOCC_6H_4COOK$)) 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 آنية مفتوحة تحت الضغط الجوى المعتاد أوحت ضغط أو باستخدام أفران الميكروويف أو الأشعة فوق البنفسجية أو فوق الصوتية.

الاحتياطات:

١. تحميض العينات وإجراء عملية هضم كاملة.
٢. قياس طيف الامتصاص الذري عند الطول الموجي المناسب لكل عنصر.
٣. عمل منحنى قياس بتركيزات تتناسب مع ما هو متوقع فى العينة.
٤. استخدام اللهب المناسب أو الفرن 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:

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

- الصوديوم:

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

- العناصر الفلزية الثقيلة والسامة:

يتراوح تأثير العناصر الموجودة فى مياه الشرب بين ما هو غير ضار، وما قد يؤدي إلى مشاكل، وما هو سام وذو خطورة عالية.

وفيما يلي بيان بأمثلة من هذه العناصر وتأثيرها:

- عنصر الكادميوم:

سام ويؤدي إلى أمراض خطيرة من ارتفاع لضغط الدم وأنيميا إلى الفشل الكلوي وسرطان البروستاتا. ولقد حددت منظمة الصحة العالمية تركيز ٠,٠٠٥ مجم/ لتر كحد أقصى لوجوده فى المياه، والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب فى التشريعات المصرية هو ٠,٠٠٣ مجم/ لتر.

- عنصر النحاس:

لا يسبب تسمماً بالتراكم، ويمكن تجنب التسمم به بالاعتماد على التذوق، 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 فى مياه الشرب فى 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 فى الغسيل والأحواض. والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب فى 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 فى مياه الشرب فى التشريعات المصرية ٠,٤ مجم/ لتر.

- عنصر النيكل:

هو ما بين العناصر المنتشرة نظراً لإدمصاصه على أكاسيد العناصر الأخرى، وحبيبات الطمى، والمواد العضوية، ومعظم أملاحه تذوب فى الماء، ومصدره الرئيسي هو التلوث الصناعي.

- عنصر الرصاص:

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

- عنصر الخارصين:

هو عنصر يؤدي وجوده إلى خلل فى الفحص البكتريولوجي للعينات لأن وجود الخارصين يعمل على القضاء على البكتريا، ويسبب تسمماً للكائنات الدقيقة، وليس له ضرر كبير على صحة الإنسان، والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب فى التشريعات المصرية هو ٣ مجم/ لتر.

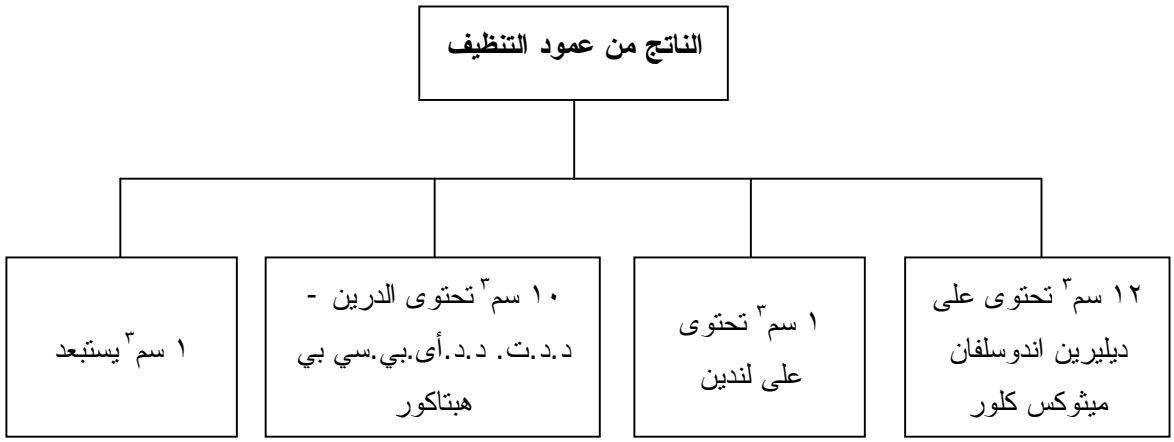
- عناصر أخري:

يمكن تواجد بعض العناصر الفلزية الأخرى السامة فى مياه الشرب نتيجة التلوث الصناعى 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 والمركبات العضوية Pesticides and Organic Compounds

أساس الطريقة:

يؤخذ لتر من العينة ويضاف له ٢٠ سم^3 من الهكسان العادي ويستخلص الجزء العضوي ويتم هذا مرتين، ويجفف المستخلص باستخدام كبريتات الصوديوم الجافة، ويجرى التحليل باستخدام كروماتوجرافيا الغاز، ويمكن تنظيف العينات بإمرارها فى عمود زجاجي (طوله ١٠ سم ونصف قطره ٥ مم) محتوى على سليكا جيل منشطة بالتسخين عند درجة حرارة ١١٠°م ويغسل العمود بـ١٥ سم^3 من مخلوط أيزوأوكتان بنزين بنسبة (٩٥: ٥) و١٠ سم^3 من مخلوط أيزوأوكتان بنزين بنسبة (٧٠: ٣٠) ثم ١٠ سم^3 من البنزين ويجمع 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 – كلوروهيدروكربونات – 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 السيانيد، 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 الأيدروجينى عند ١٠ قبل إضافة ٤- أنتى امينوبيرين، 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:

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

وحدة القياس: (mg/L) أو (µg/L)

٢٠. المواد المشعة توجد المواد المشعة فى مصادر مياه الشرب بتركيزات ضئيلة جدا ويلتصق الكثير منها على أسطح عبوات التجميع أو على أسطح حبيبات المواد العالقة وتستخدم عبوات من البولى ايثيلين أو الزجاج لتجميع العينات المزمع قياس المواد المشعة بها. ويستخدم جهاز (Thin-window. Proportional Counter) أوعداد جيجر لقياس نشاط ألفا وبيتا الإشعاعى، وتجري عملية معايرة باستخدام أحد النظائر المشعة مثل عنصر السيزيوم (Cesium – 137).

أساس الطريقة:

تنقل عينة من المياه لتعطى راسبا أكبر من ٢٠٠ ملجم (لقياس بيتا) أو ١٠٠ ملجم (لقياس ألفا) ويمكن الاستدلال على ذلك بقياس التوصيل الكهربى.

قم بالتبخير على قرص تسخين أو حمام مائي حتى قرب الجفاف ثم أكمل التجفيف فى فرن تجفيف عند درجة حرارة ١٠٣ – ١٠٥ ^{0}م ثم يبرد الراسب ويحفظ جافا إلى حين الفحص الإشعاعى، فى حالة قياس النشاط الإشعاعى فى المواد الذائبة الكلية ترشح العينة على غشاء ترشيح ٠,٤٥ µm قبل إجراء عملية التبخير، يتبع تعليمات تشغيل الجهاز.

طريقة الحساب:

النشاط الإشعاعى (ألفا):

Alfa = net cpm x 1000/2.22 eγ

Where:
cpm = Counts per minute
e =Calibrated overall counter efficiency
γ = Volume of sample counted. ml

النشاط الإشعاعى (بيتا):

Beta. pCi/L = (B-AM) / 2.22 x D x V)

Where:

B = Net beta counts at the beta plateau
A = Net alpha counts at the alpha plateau

M = Alfa amplification factor (from ratio plot).
2.22 = dpm/p Cimple
D = Beta counting efficiency. cpm/dpm
V = sample volume. liter
dpm = Disintegrations per minute

الفصل السابع

التحليل البكتريولوجى لمياه الشرب باستخدام طريقة الأنابيب المتعددة

الفصل السابع

التحليل البكتريولوجي لمياه الشرب باستخدام طريقة الأنابيب المتعددة

أهداف التدريب (التعلم):

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

مقدمـــة

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

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

طرق التحاليل البكتريولوجية

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

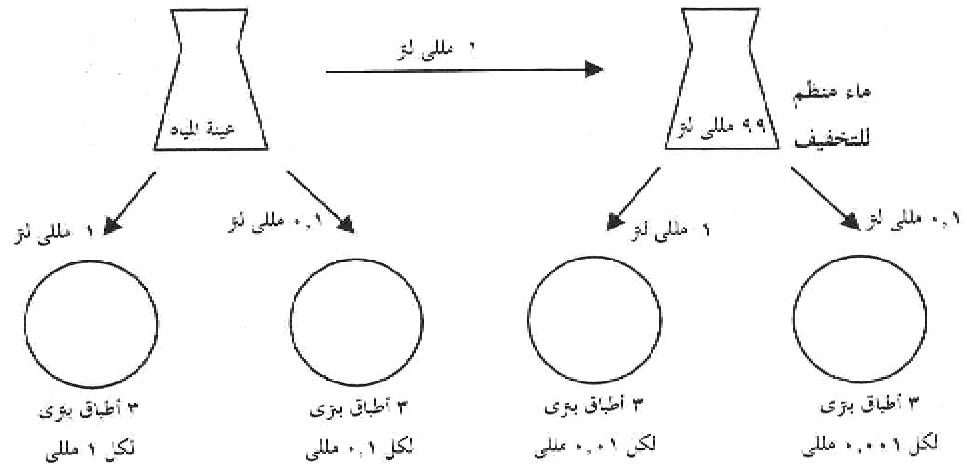
وحيث أن الأمراض التى تنتقل بالماء تحدث نتيجة لوجود مواد غائطية، لذا يمكن تقدير الخطورة على الصحة من خلال تقدير نسبة وجود هذه البكتريا. ويدل وجود البكتريا الغائطية (E. Coli) على وجود تلوث غائطى حديث.

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

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

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

ويمكن اختيار كميات العينات وتخفيفاتها لتصل إلى هذا المدى وخصوصاً عينات مياه المجارى والمياه العكرة والمياه الملوثة الأخرى. ويوضح الشكل رقم (٧-١) طريقة تخفيف العينات للفحص البكتريولوجى.



شكل رقم (٧-١)
طريقة تخفيف العينات للفحص البكتريولوجى

ويعتبر العدد الكلى للبكتريا الحية فى درجة ٣٧°م أكثر دلالة على تلوث المياه منه عند ٢٠°م، إذ تجرى التجربة عند درجة حرارة مماثلة لدرجة حرارة جسم الإنسان فيزداد نمو وتكاثر البكتريا التى تعيش فى جسم الإنسان أو الحيوان مما يكون أكثر دلالة على تلوثها بفضلات الإنسان أو الحيوان.

ولا يفضل التخفيف بالمياه المعقمة لأننا فى هذه الحالة نزيل المواد المغذية (Nutrient). كما أنه لا يفضل أن يمضى أكثر من ٢٠ دقيقة بعد عمليات التخفيف لزرع البكتريا حتى لا تعطى نتائج خاطئة.

أولاً: اختبار 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 للعينة قد لا يفكك هذه التجمعات البكتيرية (Bacterial Cluster) مما يتعذر معه التفرقة 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 للعينة باستخدام ماصة (معقمة فى فرن فى درجة حرارة ١٦٠ - ١٨٠°م لمدة ساعة) وتوضع فى طبق بترى سعة ١٠٠مم^{٣} بعد إسالة بيئة مستنبت خميرة الآجار، وتصب فيها وتمزج العينة مع بيئة الآجار بحركة دائرية للطبق وتترك لتتجمد.
- توضع العينة فى حضانة عند درجة حرارة ٣٥-٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة.
- يتم عد المستعمرات البكتيرية فى الطبق بعد ذلك وتكون النتيجة: عدد المستعمرات البكتيرية/١ مللى لتر من العينة. أو (العدد الكلى للبكتريا/ ١ مللى لتر عند ٣٥°م).
- تتم نفس الخطوات السابقة وتحضن العينة عند درجة حرارة ٢٠°م لمدة ٤٨ ساعة وتكون النتيجة: العدد الكلى للبكتريا/١ مللى لتر (عند درجة ٢٠°م).

ثانياً: طرق الكشف عن المجموعة القولونية وبكتريا القولون البرازى

هناك طريقتان للفحص البكتريولوجى للمياه:

١. طريقة تخمر الأنابيب المتعددة (Multiple Tube Fermentation Method).
٢. طريقة الترشيح الغشائى (Membrane Filter Method).

١. التحليل البكتريولوجي باستخدام طريقة تخمر الأنابيب المتعددة
Multiple Tube Fermentation Method

الغرض من الطريقة:

تستخدم هذه الطريقة لتعيين وجود 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 الأولى.
  - ٢- الاختبار التأكيدى.
  - ٣- الاختبار المكمل.

ومن الممكن إيقاف فحص عينة المياه عند نهاية أى من هذه المراحل إذا ما تحقق الهدف من الاختبار أو استكمال الفحص مباشرة من مرحلة إلى المرحلة التالية.

- والاختبار المكمل (Complete Test) هو الاختبار القياسى لتعيين مدى مطابقة المياه للمعايير القياسية وصلاحيتها للشرب من الوجهة البكتريولوجية. وتحت هذه المقاييس يمكن أن ينتهى الفحص بعد الاختبار التأكيدى، ولكن بعد أن يثبت أن الاختبار التأكيدى قد أعطى نتائج مكافئة للاختبار المكمل بسلسلة من الاختبارات المتوازنة.

- فى المعمل الروتينى توقف الاختبارات البكتريولوجية لمعظم مصادر المياه العامة عند نهاية الاختبارات التأكيدية. والاختبار التأكيدى له أهمية كبيرة فى فحص عينات من مصادر إمداد المياه ومن الأجزاء المختلفة فى محطة معالجة المياه.

- طريقة الأنابيب المتعددة مبنية على قوانين 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:

$$\text{العدد الاحتمالى} = \frac{\text{عدد العينات التى أعطت نتائج إيجابية} \times ١٠٠}{\sqrt{\text{عدد الملليلترات من العينات التى أعطت نتائج سلبية} \times \text{عدد الملليلترات من العينات فى كل الأنابيب}}}$$

وهناك عدة طرق مختلفة لزرع العينة منها:

- الزرع المبدئى لخمسة أجزاء كل منها ٢٠ مللى لتر ويستخدم فى اختبار نوعية مياه الشرب.
- الزرع بطريقة السلسلة العشرية وهى: زرع خمسة أجزاء كل منها ١٠ مللى لتر، خمسة أجزاء ١ مللى لتر، خمسة أجزاء ٠,١ مللى لتر. وتطبق فى اختبار المياه الخام أو عندما يكون معلوماً أن بكتيريا المجموعة القولونية موجودة، ويكون الغرض من هذا الاختبار فى هذه الحالة هو تعيين العدد.

وطبقاً لكثافة بكتيريا المجموعة القولونية المتوقعة، يمكن توضيح السلسلة العشرية (خمس أنابيب لكل منها) لكل ١٠٠ مللى لتر كما فى الجدول رقم (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	٠,١، ٠,٠١، ٠,٠٠١ مللى لتر
٢٠٠٠ - ٥٤٢٠٠٠	٠,٠١، ٠,٠٠١، ٠,٠٠٠١ مللى لتر

المبدأ الأساسى:

فى طريقة الأنابيب المتعددة، تلقح سلسلة من الأنابيب المحتوية على مستنبت مرقى مناسب بمقادير اختبارية من عينة الماء. وبعد مدة حضانة معينة فى درجة حرارة محددة، يعتبر كل أنبوب يتكون به غاز (إيجابياً ظنياً) (Presumptive positive) لأن هذا يدل على احتمال وجود قولونيات. ولكن بما أن الغاز قد ينتج بواسطة جراثيم أخرى، يستلزم تأكيد ذلك بإجراء اختبار لاحق. ويعرف الاختباران بالاختبار الظنى والاختبار المؤكد على التوالي.

ففى حالة الاختبار المؤكد، يلقح مستنبت أكثر انتقائية بجزء مأخوذ من الأنابيب الإيجابية. وبعد فترة مناسبة تفحص الأنابيب لمعرفة ما إذا كان قد تكون غاز. وعندها يمكن تقدير درجة تركز الجراثيم فى العينة من عدد الأنابيب الملقحة وعدد الأنابيب الإيجابية فى الاختبار المؤكد. ويمكن تقدير العدد الأكثر احتمالاً ((Most Probable Number (MPN) للجراثيم الموجودة باستخدام جداول إحصائية مبتكرة خصيصاً لهذا 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 ملليلتر، فى خمسة أنابيب يحتوى كل منها على ١٠ ملليلتر 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 ملليلتر من العينة فى كل من خمسة أنابيب يحتوى كل منها على ١٠ ملليلتر من مستنبت مزدوج القوة.
٢. ١,٠ ملليلتر من العينة فى كل من خمسة أنابيب يحتوى كل منها على ١٠ ملليلتر من مستنبت مفرد القوة.
٣. ١,٠ ملليلتر من تخفيف ١ : ١٠ من العينة (أى ٠,١ ملليلتر من العينة) فى كل من خمسة أنابيب يحتوى كل منها على ١٠ ملليلتر من مستنبت مفرد القوة.

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

وإذا كان عبء العمل ثقيلاً جداً والوقت المتاح محدوداً، يمكن خفض عدد الأنابيب على ثلاثة فى كل سلسلة. ولكن تلقيح 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 بسريان 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 ± ٠,٥ °م. 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 فى درجة حرارة ١٢١° م.

د- ماصات:

هناك حاجة لاستخدام ماصات ذات أحجام مختلفة.

ه- أجهزة تحضير البيئات:

هذه تتطلب حاويات من الزجاج أو الفولاذ غير القابل للصدأ. ويجب أن تكون أجهزة التسخين وأدوات التحريك المستخدمة فى 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 بالات (Vials) مقلوبة (أنابيب دورهام) (Durham):

يجب أن تكون الأنابيب والبالات ذات أحجام تسمح بملء البالة تماماً بالمستنبت وتغطيسها فى الأنبوب.

ح- رفوف أنابيب الاختبار:

يجب أن تكون كبيرة بحيث تتسع لأنابيب المستنبتات الأكبر قطراً.

ط- إبرة تلقيح (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) فى 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 فى الأسواق عملية تحضير مرق الزرع، ولذلك يوصى باستعمالها فى المختبر، وتنتج هذه الأوساط كمساحيق يمكن وزنها بسهولة وإذابتها فى ماء مقطر ووضعها فى أطباق وأنابيب الزرع تمهيداً لتعقيمها.

وهناك مستنبتات مختلفة متعددة متاحة للاختبار الظني، مثل:

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

ويشيع استعمال هذه الأوساط الثلاثة فى بلدان عديدة. وتعتمد انتقائية مرق ماك كونكي ومرق لوريل تربتوز على التوالي على وجود أملاح الصفراء (Bile salts) والعامل السطحي النشاط (Surface-active)، كبريتات اللوريل، أما مرق لاكتوز فهو وسط غير انتقائي.

ويستعمل مرق لاكتوز الصفراء الأخضر اللامع (BGB) أو مرق الماكونكي على نطاق واسع كوسط تأكيدي (Confirmatory medium) لفحص 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 فى ماء مقطر للحصول على وسط ظنى مزدوج أو مفرد القوة (فى حالة التحليل التأكيدي يستعمل الوسط المفرد القوة فحسب).

ب- وزع الحجم المطلوب فى أنابيب زرع تحتوى على أنبوب (Durham) مقلوب، وغط أنابيب الزرع.

ج- عقم الأنابيب فى جهاز التعقيم أو آنية طهى بالضغط (Pressure Cooker) فى درجة حرارة ١١٤°م لمدة ١٠ دقائق (أو حسب توصيات الصانع). ومن المهم بصفة خاصة عدم وضع الأوساط التى تحتوى على مواد ثنائية السكريات (Disaccharides)، مثل اللاكتوز، فى جهاز التعقيم، وفى درجة حرارة أكثر ارتفاعاً.

د- يجب أن يخزن الوسط المعقم فى درجة حرارة الغرفة (٢٥°م تقريباً)، للإبقاء على 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 فى المستنبتات. ويحضر الماء من محلول أصلي (Stock) مركز من محلول منظم فوسفاتي (Phosphate Buffer) و محلول كلوريد ماغنسيوم.

تحضير محلول منظم فوسفاتى (محلول ١):

لتحضير المحلول الأصلي، يذاب ٣٤,٠ جراماً من فوسفات ثنائي هيدروجين البوتاسيوم (KH_2PO_4) فى ٥٠٠ مل من الماء المقطر. ويجب أن يكون الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول ٧,٢ (ينبغي التحقق من ذلك بواسطة قياس الرقم الهيدروجيني). ويمكن زيادة الرقم الهيدروجيني إذا لزم ذلك بإضافة قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) تركيزه مول واحد باللتر (٤,٠ جرام مذاب فى ١٠٠ ملليلتر من الماء المقطر). ثم يضاف قدراً كافياً من

الماء المقطر حتى يصبح الحجم لتراً واحداً. وعند عدم استعمال المحلول ينبغى 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 ($MgCl_2.6H_2O$)وتضاف إلى ١ لتر من ماء مقطر.

تحضير ماء التخفيف:

يحضر محلول التخفيف المستعمل وقت إجراء التجربة على النحو التالي:

- ١,٢٥ ملل من المحلول رقم (١).
- ٥ ملل من المحلول رقم (٢).
- ١٠٠٠ ملل ماء مقطر.

ثم يصب فى أنابيب بحجم ٩ ملليلتر أو ٩٩ ملليلتر فى كل أنبوبة وتعقم فى جهاز التعقيم لمدة ١٥ دقيقة.

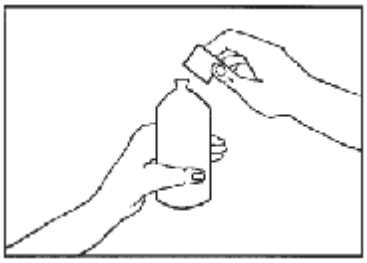
التطبيق على المياه غير الملوثة:

الطريقة:

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

أ. أنزع الورق الملفوف على زجاجة العينة.

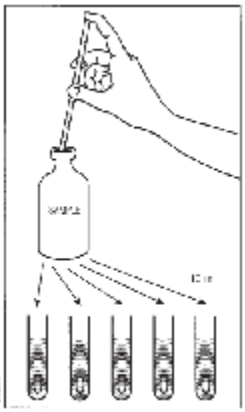
ب. رج الزجاجة بقوة بينما السدادة فى موضعها وذلك حتى تتوزع الجراثيم توزيعاً متساوياً، وإذا كانت الزجاجة ممتلئة فإنزع السدادة وأفرغ منها ٢٠-٣٠ ملليلتر، وبعد ذلك ضع السدادة ورج الزجاجة حتى تمام المزج.



(أ)

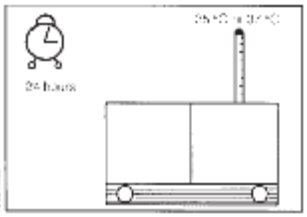
(ب)

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



(ج)

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

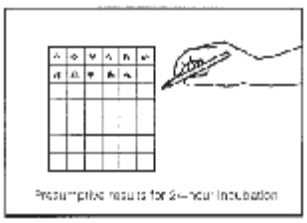


(د)

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

(هـ)

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

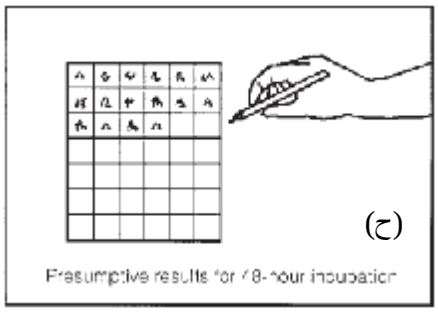


(و)

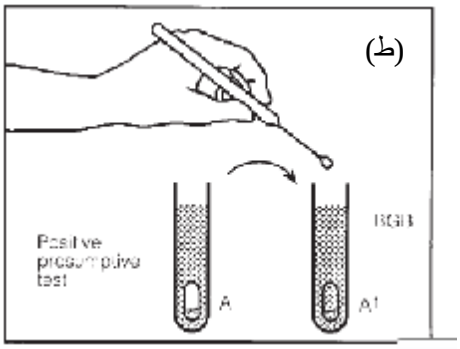
ز. أعد حضانة الأنابيب السلبية لمدة ٢٤ ساعة أخرى وبعد انتهاء هذه المدة افحص الأنابيب من جديد بحثاً عن الغاز

كما فى الخطوة هـــ ويعتبر الغاز المنتج فى نهاية ٢٤ ساعة أو ٤٨ ساعة من الحضانة تأكيد لوجود قولونيات فى العينة

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

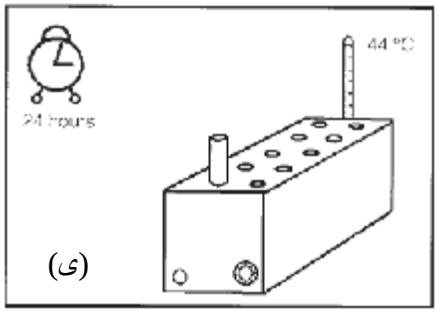


ط. يجرى الفحص التأكيدي فى نهاية كل من الحضانة لمدة ٢٤ ساعة ولمدة ٤٨ ساعة على السواء. وباستعمال عروة أنقل نقطة أو نقطتين من كل أنبوبة ذات نتيجة إيجابية ظنية إلى أنبوبة مقابلة معقمة تأكيدية حجمها ١٠ ملليلتـــر وتحتـــوى مثلاً على مرق لاكتوز الصفراء الأخضر المتـــألق BGB. وقبل كل عملية نقل تعقم العروة على لهب ثم تترك لتبرد.



ى. إذا أريد أيضاً تحرى وجود القولونيات الغائطية تزرع مزارع ثانوية فى أنبوبتين تحتويان على مرق تأكيدي (مثل مرق لاكتوز الصفراء الأخضر المتألق BGB)، وتحضران من كل من الأنابيب الإيجابية الظنية.

ك. لتأكيد وجود القولونيات أحضن فـــى الحاضـــنة أنبوبـــة 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 ملليلتر، 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 ملليلتر

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

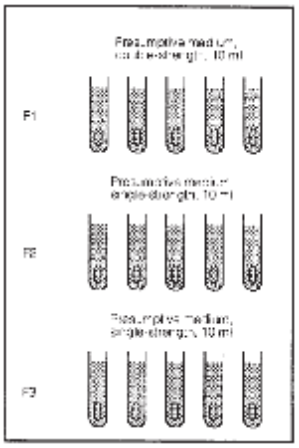
فإذا كانت هناك ثلاثة أنابيب إيجابية مؤكدة بالنسبة لمجموعة إجمالي القولونيات، فمن الجدول يمكن أن نرى أن القيمة المقابلة للعدد الأكثر احتمالاً (MPN) هى ٩ إجمالي القولونيات فى كل ١٠٠ ملليلتر من العينة. وفيما يختص بالقولونيات الغائطية، لم يكن هناك سوى أنبوبة إيجابية واحدة مؤكدة فحسب. وبالتالي فإن قيمة العدد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

التطبيق على المياه الملوثة (بطريقة التخفيف):

الطريقة:

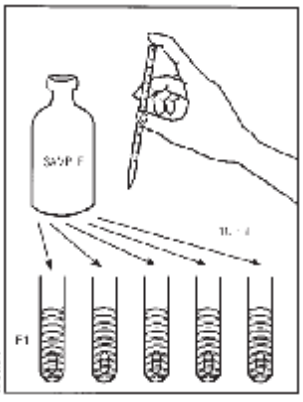
الطريقة التى تستعمل لفحص مياه يتوقع أن تكون ملوثة حتى ولو كان قد سبق معالجتها مبينة فيما يلي، وهى فى جوهرها مماثلة للطريقة الموصوفة سالفاً، باستثناء استعمال تخفيفات متعددة فى هذه الطريقة.

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



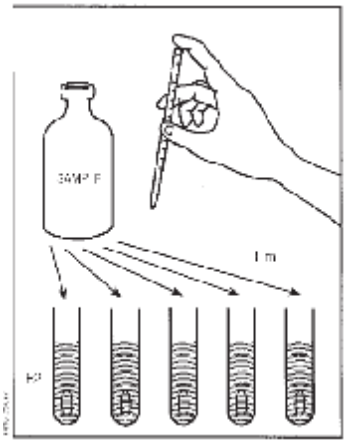
(أ)

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



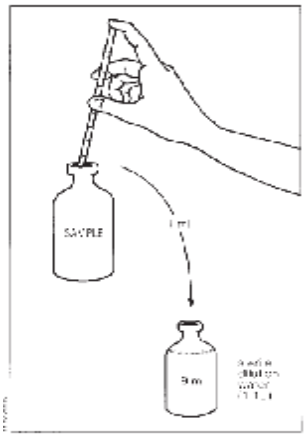
(ب)

ج. ضع ١ مل من العينة فى كل من الأنابيب الخمســـة فـــى الصف ف٢ باستعمال ماصة معقمة.



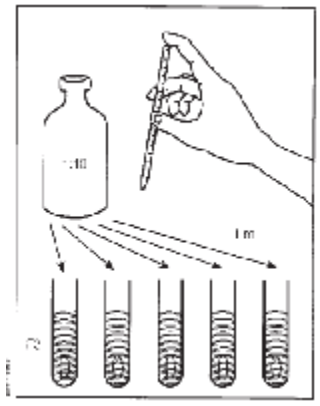
(ج)

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



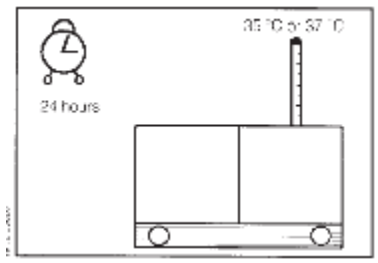
(د)

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



(هـ)

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



(و)

تعيين العدد الأكثر احتمالاً:

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

ويبين المثال التالي كيفية الحصول على النتائج:

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

- ٥ أنابيب إيجابية فى الصف ف١ (حجم العينة الملقحة ١٠ مل).

- ٣ أنابيب إيجابية فى الصف فـ٢ (حجم العينة الملقحة ١ مل).
- أنبوبة إيجابية واحدة فى الصف فـ٣ (حجم العينة الملقحة ٠,١ مل).

وهكذا يمكن أن يرمز للنتائج بالأرقام ٥-٣-١، وهى تمثل الاختبار المؤكد للقولونيات. ويشير الجدول رقم (٧-٤) بأن النتيجة المشفرة ٥-٣-١ (٥ × ١٠ مل إيجابي، ٣ × ١ مل إيجابي، ١ × ٠,١ مل إيجابي) تعطى قيمة العدد الأكثر احتمالاً وقدرها ١١٠، أى أن عينة الماء تحتوى على حوالى ١١٠ قولونيات فى كل ١٠٠ مل تقريبا.

ويجرى الاختبار المؤكد للقولونيات الغائطية بنقل ما تحمله إبرة التعقيم من كل أنبوبة اختبار إيجابية ظنياً إلى أوساط تأكيدية، ووضعها فى الحاضنة فى درجة ٤٤ ± ٠,٥°م لمدة ٢٤ ساعة. ولنفرض أن هذا الاختبار يعطى 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 ملليلتر من العينة، ثم لنأخذ مثالاً لماء شديد التلوث، فقد تعطى الطريقة الموضحة أعلاه نتيجة مشفرة قدرها ٥-٥-٥,٠ 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 التى تمثل الأحجام ٠,١، ٠,٠١، ٠,٠٠١ مل من العينة. وقيمة العدد الأكبر الذي يتم الحصول علية من الجدول رقم (٧-٤) يجب أن تضرب فى ١٠٠ للحصول على العدد الأكثر احتمالاً لهذه العينة بالذات (أنظر أدناه)، وتكون النتيجة فى هذه الحالة هى ١٧٠٠٠ لكل ١٠٠ مل.

وأحياناً قد يجد عامل المختبر صعوبة فى تعيين معامل الضرب لاستخدامه فى الحصول على العدد الأكثر احتمالاً (MPN) المناسب لعينة جرى فحصها. فالطريقة البسيطة لتعيين العدد الأكثر احتمالاً هى تقسيم قيمته التى يتم الحصول عليها من الجدول رقم (٧-٤) على حجم العينة ممثلاً بالعدد الأوسط فى الرمز المختار. فعلى سبيل المثال، خذ رمزاً (Code) قدره ٥-٢- صفر يمثل فيه العدد ٢ حجم عينة قدرها ٠,٠١ مل، كما هو موضح بالجدول رقم (٧-٤). فالعدد الأكثر احتمالاً للرمز ٥-٢- صفر من الجدول رقم (٧-٤) هو ٤٩. لهذا تكون قيمة العدد الأكثر احتمالاً للعينة المفحوصة = ٩ / ٠,١ = ٤٩ × ١٠٠ = ٤٩٠٠.

ويبين الجدول (٧-٥) أمثلة للعوامل التى 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

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

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

جدول رقم (٧-٥)

أمثلة لعوامل الضرب لتعيين العدد الأكثر إحتمالاً للتخفيفات المختلفة للعينة

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

التطبيق على المياه الملوثة (الطريقة "المختصرة):

إن إجراءات الطريقة المختصرة هى فى الواقع مماثلة للطريقة المذكورة سابقاً، والفرق الوحيد هو أن ثلاثة أنابيب فقط من كل حجم تلقح بدلاً من خمسة أنابيب، مما يجعل من الضروري استخدام جدول مختلف 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 ملليلتر، يتعين إجراء الاختبار المؤكد الخاص بالقولونيات والقولونيات الغائطية فى جميع الأنابيب التى يتكون فيها الغاز. ولكن إذا تضمن التلقيح خمسة أنابيب أو ثلاثة لكل من أحجام العينات التى تزيد عن ثلاثة (مثلاً ١,٠، ٠,١، ٠,٠١، ٠,٠٠١ مل) عندها لا يكون من الضروري إجراء الاختبارات التأكيدية على كل الأنابيب الإيجابية.

ويعرض الجدول رقم (٧-٦) الأعداد الأكثر احتمالاً لتوافيق مختلفة 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 (٧-٦)
الأعداد الأكثر احتمالاً

عدد الأنابيب التى تعطى تفاعلاً إيجابيا من أصل			
٣ كل منها ١٠ مل	٣ كل من ١ مل	٣ كل منها ٠,١ مل	العدد الأكثر احتمالاً
صفر	صفر	صفر	< ٣
صفر	صفر	١	٣
صفر	١	صفر	٣
١	صفر	صفر	٤
١	صفر	١	٧
١	١	صفر	٧
١	١	١	١١
١	٢	صفر	١١
٢	صفر	صفر	٩
٢	صفر	١	١٤

إذا كانت الأنابيب الخمسة (الثلاثة) كلها إيجابية فى تخفيفين متتاليين أو أكثر. عندها يتعين انتقاء مجموعة الأنابيب التى تمثل الأصغر بين أحجام العينة التى 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:

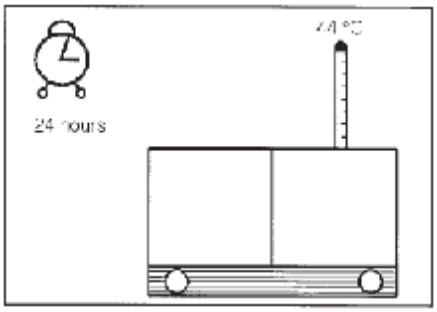
بعد وضع الأنابيب فى الحاضنة لمدة ٢٤ ساعة كانت النتائج الإيجابية فى خمسة أنابيب سعة كل منها ١٠ مل، وخمسة أنابيب سعة كل منها ١,٠ مل، وخمسة أنابيب سعة كل منها ٠,١ مل، وأربعة أنابيب كل منها ٠,٠١ مل، وأنبوبة واحدة سعة ٠,٠١ مل وهكذا. وإجراء الاختبار المؤكد على الأنابيب التى لقحت فى البداية بمقادير من العينة مقدارها ٠,١ مل و ٠,٠١ مل و ٠,٠٠١ مل.

الطريقة المباشرة لفحص القولونيات الغائطية:

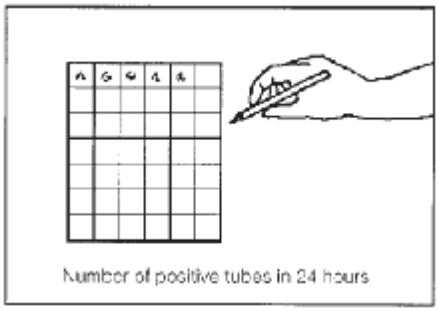
في حالة فحص ماء غير مكلور من مرفق مياه مجتمعي صغير، ويكون فيه الاهتمام منصبا علي القولونيات الغائطية فحسب، يمكن استخدام طريقة الأنابيب المتعددة مباشرة لفحص القولونيات الغائطية. ويمكن أن تستخدم هذه الطريقة فى البلدان النامية أو أثناء الاستقصاءات الميدانية إذا كان المكان والقوى العاملة وتسهيلات الحضانة محدودة. وتقوم هذه الطريقة على طريقة العدد الأكثر احتمالاً العادية التى يستخدم فيها مرق لاكتوز كوسط للفحص الظني، ولكن تتم حضانة الأنابيب فى حمام مائي فى درجة ٤٤ ± ٠,٥° م بدون فحص مسبق لإجمالي القولونيات فى درجة ٣٥°م أو ٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة.

وهذه الطريقة مماثلة لتلك المذكورة فيما يتعلق بفحص الماء الملوث، 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.

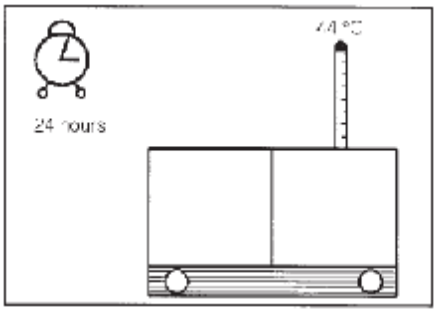
بعد رج الأنابيب برفق لخلط المحتويات ضع الخمس عشرة أنبوبة فى درجة ٤٤°م ± ٠,٥°م فى الحاضنة لمدة ٢٤ ساعة.



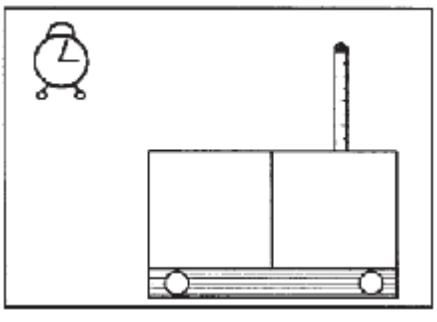
أفحص كل أنبوبة لاكتشاف وجود غاز فيها ثم سجل عدد الأنابيب الإيجابية بعد ٢٤ ساعة فى الجدول المناسب.

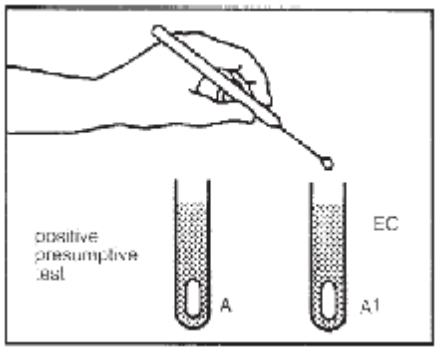


يجب أن توضع الأنابيب السلبية فى الحاضنة ثانية لمدة ٢٤ ساعة أخرى، وأن تفحص بعد ذلك بحثاً عن وجود غاز فيها.



تأكد من النتائج الظنية بعد ٢٤ ساعة و٤٨ ساعة بنقل جزء من المرق بواسطة العروة إلى مرق تأكيدي ووضعه فى الحاضنة فى درجة ٤٤°م لمدة ٢٤ ساعة.





يتأكد وجود القولونيات الغائطية إذا تكون غاز باستخدام المرق التأكيدي بعد ٢٤ ساعة فى درجة حرارة ٤٤°م. عين العدد الأكثر احتمالاً MPN

استمارات التسجيل يعطى التحليل الذي يجرى لعينة معينة نتائج متعددة، وينبغى أن تكون الاستمارة التى تعد لتسجيل هذه النتائج كاملة، وليس بالضرورة أن تكون معقدة، وينبغى 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 الصحى ب.....)

رقم العينة:

المنطقة:

الموقع الذي جمعت منه العينة:

المكان:

المصدر:

المرسل:

تاريخ أخذ العينة: ــــــــ/ ــــــــ / ــــــــ الوقت:

تاريخ التحليل: ــــــــ/ ــــــــ / ــــــــ الوقت:

الكلور الحر المتبقي		ملليجرام/ لتر

النتائج

إجمالي القولونيات	/١٠٠ مل
القولونيات الغائطية (باسيل القولوني النموذجي)	/ ١٠٠ مل
المياه من الناحية الجرثومية	.....

فني المختبر

جيدة / غير مقبولة .....

(توقيع)

مدير المعمل

شكل رقم (٧-٢)

نموذجً للبروتوكول المستخدم

فحص البكتريا السبحية المعوية:

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

٩ جم	خلاصة لحم
٣٠ جم	تربتون
١٥ جم	جلوكوز
١٥ جم	ملح طعام
٠,٤ جم	صوديوم أزيد

٢ مل بروموكريزول قرمزى (بربل) (بعد إذابة ١,٥ جم فى ١٠٠ مل كحول)

فى حالة استخدام البيئة السابقة بوزن ٧٠ جم/ لتر.

تحضير ألأوساط (البيئية):

تخلط المقادير جيداً وتعقم بعد ضبط الرقم الهيدروجيني ٧,٢-٧,٤ وتعبأ فى أنابيب معقمة ١٠ مل فى كل أنبوبة.

إجراء الاختبار:

أ. تحقن خمس أنابيب من المستنبت المضاعف التركيز بعشرة مل من العينة المراد فحصها فى كل أنبوبة بواسطة ماصة معقمة وتحضن عند درجة حرارة ٣٧° م لمدة ٤٨ ساعة.

ب. تقرأ الأنابيب التى أعطت عكارة والتى من المحتمل احتوائها على بكتريا المجموعة السبحية المعوية، ويلزم بعد ذلك إجراء الاختبارات التأكيدية التالية:

الاختبار التأكيدي الأول:

باستخدام بيئة كاناميسين اسكولين أزيد أجار. وتركيبه كالآتي:

٢٠ جم	تربتون
٥ جم	خلاصة خميرة
١ جم	كلوريد الصوديوم
١ جم	صوديوم سترات
١ جم	اسكولين
٥ جم	سترات أمونيوم أحادية
٠,١٥ جم	صوديوم أزيد
١٠ جم	ماء مقطر

وفى حالة استعمال البيئة السابقة التجهيز يوزن ٤٢,٦ جم/لتر.

طريقة تحضير البيئة:

تخلط المكونات ويضبط الرقم الهيدروجيني ٧,٢ وتعقم وتبرد 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، ويحضن 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 بروث.

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.

ه. وكانت كل الاختبارات التأكيدية السابقة إيجابية، ويعرض الجدول رقم (٧-٧) العدد الاحتمالي للبكتريا السبحية المعوية بالنسبة لعدد الأنابيب الإيجابية فى الاختبار التمهيدي والاختبارات التأكيدية.

جدول رقم (٧-٧)
العـــدد الاحتمالي

عدد الأنابيب الإيجابية فى الاختبار التمهيدي والاختبارات التأكيدية	العدد الاحتمالي للبكتريا السبحية المعوية
أنبوبة واحدة	٢
٢	٥
٣	٩
٤	١٦
٥	أكثر من ٢٣

وتكون العينة صالحة للاستهلاك الآدمي إذا كانت خالية من البكتريا السبحية المعوية.

ملحوظة:

فى حالة استخدام البيئة سابقة التجهيز تتبع تعليمات الشركة المنتجة.

طريقة تحضير البيئة:

تخلط المقادير حتى الذوبان وتعقم عند درجة ١٢٠° م لمدة نصف ساعة ثم تبرد وترشح عند درجة ١٠٠°م وتضاف إليها ١٥ جم أجار فى فصل الشتاء ومن ٢٠-٢٥ جم فى فصل الصيف وبعد إذابة الآجار 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 aeruginose) سودوموناس ايروجنوزا تستخدم طريقة العد الاحتمالي (MPN) باستعمال بيئة الاسبارجين.

وتركيبها كالآتي:

ملحوظة:

فى حالة فحص عينة من الماء ١٠ سم^3 فأكثر تحضر البيئة مضاعفة التركيز أى تضاعف الكميات الآتي بيانها:

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

تحضير البيئة:

تخلط المكونات جيداً أو ترج وتوضع عند درجة ١٠٠°م فـــى الأوتـــوكلاف 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 التركيـــز + ١٠ مل من العينة المراد فحصها.
٣. خمسة أنابيب فى كلاً منها ١٠ مل من البيئة مضاعفة التركيز + ١ مـــل من العينة المراد فحصها.
٤. تقرأ الأنابيب الإيجابية السودوموناس ذات اللون الأخضر البراق.

الاختبار التأكيدي:

يجري عليها الاختبار التأكيدي التالي باستخدام بيئة الاسيتاميد آجار

(Acetamid agar) تركيبها كالآتي :

١٠ جم	استياميد
١٥ جم	آجار
١,٤ جم	أحادي هيدروجين ثنائي بوتاسيوم
٠,٠٧ جم	ثنائي هيدروجين أحادي بوتاسيوم
٥ جم	ملح طعام
٠,٥ جم	كبرتيات ماغنسيوم
٠,٠١٢ جم	دليل أحمر فينول
١٠٠٠ مل	ماء مقطر

تحضير البيئة:

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

طريقة إجراء الاختبار التأكيدي:

يتم فرد ٠,١ مل من الأنابيب الموجبة ذات اللون الأخضر البراق على سطح بيئة الاستاميد وتحضن عند درجة ٣٧°م لمدة من ٢٤ ساعة إلى ٣٦ ساعة، وتعتبر الأنبوبة موجبة فى حالة ارتفاع الرقم الهيدروجيني للبيئة وذلك بتغيير لون الاستاميد إلى اللون القرمزي، وتقرأ النتائج من جدول العد الاحتمالي.

فحص بكتريا المكورات العنقودية :

لفحص هذا النوع من البكتريا (Staphlococcus aureus) تستخدم طريقة العد الاحتمالي (MPN) على بيئة (M. Staphlococcus broth) ستافيلوكوكس مانيتول بروث.

ملحوظة:

فى حالة فحص عينة من الماء ١٠ سم^3 فأكثر تحضر البيئة مضاعفة التركيز أى تضاعف الكميات الآتي بيانها:

١٠ جم	تربتون
٢,٥ جم	خلاصة خميرة
٢ جم	لاكتوز
١٠ جم	مانيتول
٥ جم	ثنائي بوتاسيوم أحادي هيدروجين فوسفات
٧٥ جم	ملح طعام
٠,٠٤٩ جم	صوديوم أزيد
١٠٠٠ جم	ماء مقطر

تحضير البيئة:

تذاب المكونات وتعقم فى الأوتوكلاف عند درجة ١٢٠°م لمدة ١٥ دقيقة ويضبط الرقم الهيدروجيني ما بين ٧,٤-٧,٦ وتبرد حتى درجة ٥٠°م ويضاف ٥٠ مل من (Egg yolk tellurite) لكل لتر من البيئة ثم يصب فى أطباق للاستعمال.

الاختبار التأكيدي:

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

الفصل الثامن

التحليل البكتريولوجى باستخدام طريقة الترشيح الغشائى

الفصل الثامن

التحليل البكتريولوجي باستخدام طريقة الترشيح الغشائى

أهداف التدريب (التعلم):

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

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

المبدأ الأساسي

بعكس طريقة الأنابيب المتعددة، تعطى طريقة الترشيح الغشائي (MF) عداً مباشراً لإجمالي القولونيات وللقولونيات الغائطية الموجودة فى 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 يحتوى على الجراثيم فى مستنبت تفريقي انتقائي فى حاوية معقمة تحفظ فى 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 بحد أقصى إلى ٢٠٠ مستعمرة. وفى 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 التى يراد ترشيحها على نوع الماء، ويوضح الجدول رقم (٨-١) الحجوم المقترحة من العينة للمرشح الغشائي.

جدول رقم (٨-١)

الأحجام المقترحة من العينة للمرشح الغشائي للكوليفورم الكلي

مصدر المياه	الحجم × المرشح سم^3							
	١٠٠	٥٠	١٠	١	٠,١	٠,٠١	٠,٠٠١	٠,٠٠٠١
مصدر شرب	×							
حمامات سباحة	×							
آبار، عيون	×	×	×					
بحيرات، وخزانات	×	×	×					
مآخذ مياه			×	×	×			
خليج للسباحة			×	×	×			
مياه أنهار				×	×	×	×	
ماء صرف مكلور				×	×	×		
ماء صرف خام					×	×	×	×

وإذا لم يكن 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 فى القمع قبل الترشيح.

التجهيزات

بالإضافة إلى التجهيزات والأواني الزجاجية الأساسية المستخدمة فى طريقة الأنابيب المتعددة (MT) التى سبق ذكرها فى 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 ايرلنماير (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 ايرلنماير بواسطة سدادة مطاطية، بالإضافة إلى حاوية علوية يمكن تثبيتها بالدعامة المسامية. ويجب لف قطعتي دعامة المرشح بالورق كل على حدها وتعقيمهما فى الحاضنة لمدة ١٥ دقيقة على الأقل فى درجة حرارة ١٢١°م.
٤. أطباق بترى (Petri) زجاجية أو بلاستيكية بمقياس ٦٠ × ١٥ ملليمتر.
٥. مرشحات غشائية، قطرها ٤٧-٥٠ ملليمتر، وقطر مسامها ٠,٤٥ ميكرومتر. وأكثر المرشحات الغشائية ملائمة هى المغلفة على انفراد والمعقمة سلفاً. ويمكن أيضاً استعمال مرشحات غشائية غير معقمة ولكن يجب لفها فى رزم صغيرة وبأعداد ملائمة (حسب عدد العينات المراد فحصها)، و تعقيمها دفعة واحدة فى الحاضنة وتجفيفها بالسحب السريع للبخار.

٦. رفائد 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.

المستنبتات (الأوساط) وماء التخفيف

يمكن استخدام أوساط متعددة لفحص الجراثيم القولونية بطريقة الترشيح الغشائي. منها غراء لاكتوز تيرغيتول، ولاكتوز (TTC)، وغراء تيرغيتول، ومرق لاكتوز سلفات اللوريل، التى يمكن استخدامها فى فحص الجراثيم القولونية فى درجة حرارة ٣٥°م أو ٣٧°م، وفى فحص جراثيم القولونيات الغائطية فى درجة ٤٤°م. ويجب استعمال أوساط من النوع (Endo-type) فى عد القولونيات فى درجة ٣٥° أو ٣٧°م ومرق (MFC) فى درجة ٤٤°م لعد القولونيات الغائطية، ومع أن كافة هذه الأوساط تعتمد على اختمار اللاكتوز لاكتشاف الجراثيم القولونية الظنية، يختلف التفاعل المميز باختلاف المستنبت. ويعتمد اللمعان المعدني المميز للمستعمرات فى الأوساط التى من النوع (Endo-type) على تكون الألدهيد.

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 رفائد ماصة مغذية (Nutrient)، أو كصفائح غراء جامدة ويمكن تجميد المرق بإضافة ١,٢-١,٥% من الغراء قبل الغلي. فعلي 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 مستنبت مجفف فى ٥٠ مل من الماء المقطر وأضف ١ مل من الكحول الإيثيلي ٩٥%.

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

ب. مرق MFC:

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

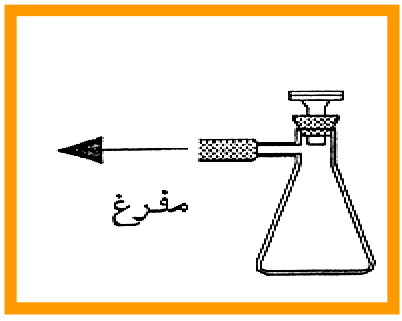
هذا ويمكن تخزينه لمدة ٤ أيام فى الثلاجة. ويتعين تحضير ماء التخفيف كما هو موضح فى الفصل السابع.

الطريقة:

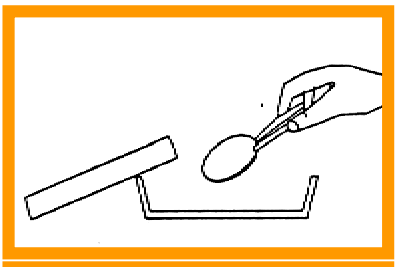
فيما يلى سردا للطرق العامة، ولكن توجد هناك أنواع مختلفة من وحدات الترشيح والأجهزة الأخرى.

تعيين إجمالي القولونيات

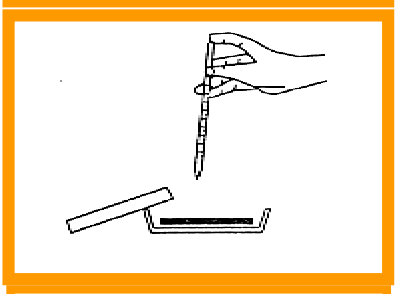
أ. أوصل قارورة أيرلنماير جانبية المقبض Side-arm إلى مصدر التفريغ وضع الدعامة المسامية Porous فى مكانها. وفى حالة استخدام مضخة كهربائية، يستحسن وضع قارورة ثانية بين قارورة ايرلنماير ومصدر التفريغ، وتقوم القارورة الثانية مقام مصيدة للماء لتحمى المضخة الكهربائية.



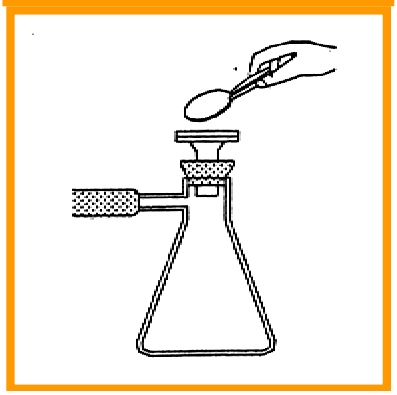
ب. افتح طبق بترى وضع فيه رقيقة.



جـ. أضف ٢ مل من وسط انتقائي مرقى بواسطة ماصة معقمة لإشباع الرفادة

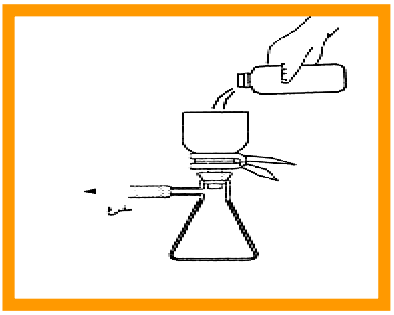


د. ركب وحدة الترشيح بوضع مرشح غشائي معقم فوق الداعمة المسامية مستخدماً ملقطاً معقماً بالنار.



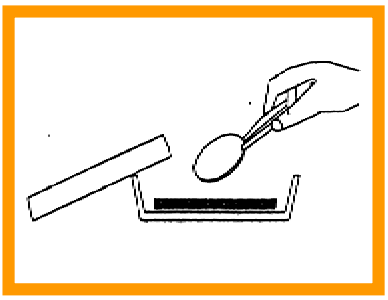
هـ. ضع الحاوية العلوية فى مكانها وثبتها بواسطة المشابك الخاصة (يتوقف نوع المشبك المستخدم على نوع الأجهزة).

و. صب كمية العينة التى يتم اختيارها على أنها مثالية وفقاً لنوع الماء، فى 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.

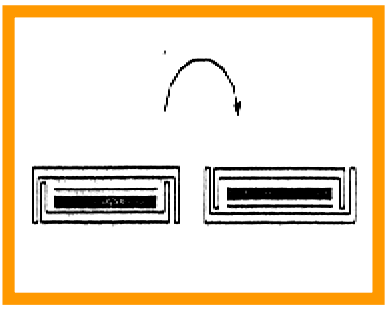


ز. بعد إمرار العينة خلال المرشح، أفصل مفرغ الهواء واشطف الحاوية بواسطة ٢٠-٣٠ مل من ماء التخفيف المعقم. كرر الشطف بعد أن يكون جميع ماء الشطف الأول قد مر خلال المرشح.

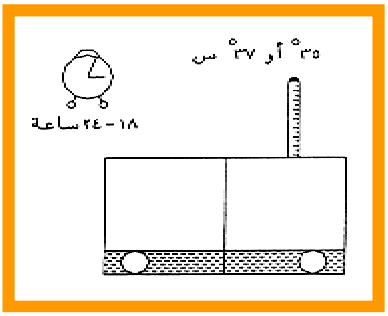
ح. فك وحدة الترشيح باستعمال الملقط، وضع المرشح الغشائي فى طبق بتري على الرفادة على أن يكون الجانب الشبكي إلى أعلى وتأكد من عدم احتجاز فقاقيع هوائية بين الرفادة والمرشح.

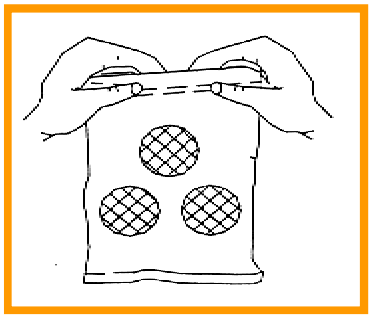


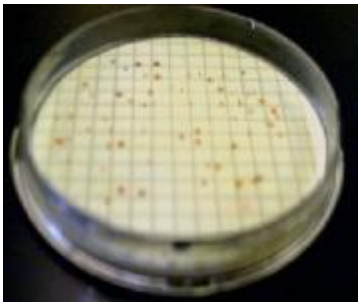
ط. اقلب طبق بترى تمهيداً لوضعه فى الحاضنة.



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 معـدني. وقد يغطي هذا اللمعان المستعمرة برمتها، أو يظهر فقـط فـى وسط المستعمرة.

ويجب عدم عد المستعمرات التى من أنواع أخرى. ويمكن عد المستعمرات بالاستعانة بعدسة. وعندها يمكن التوصل إلى عدد إجمالي القولونيات فى كل ١٠٠ مل كما يلي:

$$\text{إجمالي القولونيات فى كل ١٠٠ مل} = \frac{\text{عدد المستعمرات القولونية التى يتم عدها}}{\text{عدد المليلترات من العينة المرشحة}} \times ١٠٠$$

تعيين عدد القولونيات الغائطية الطريقة المتبعة فى تعيين عدد القولونيات الغائطية مماثلة للطريقة المتبعة فى تعيين عدد إجمالي القولونيات. رشح العينة كما هو موضح، وضع المرشـح الغشائي على الرفادة المشبعة، على سبيل المثال، بوسط (MFC).

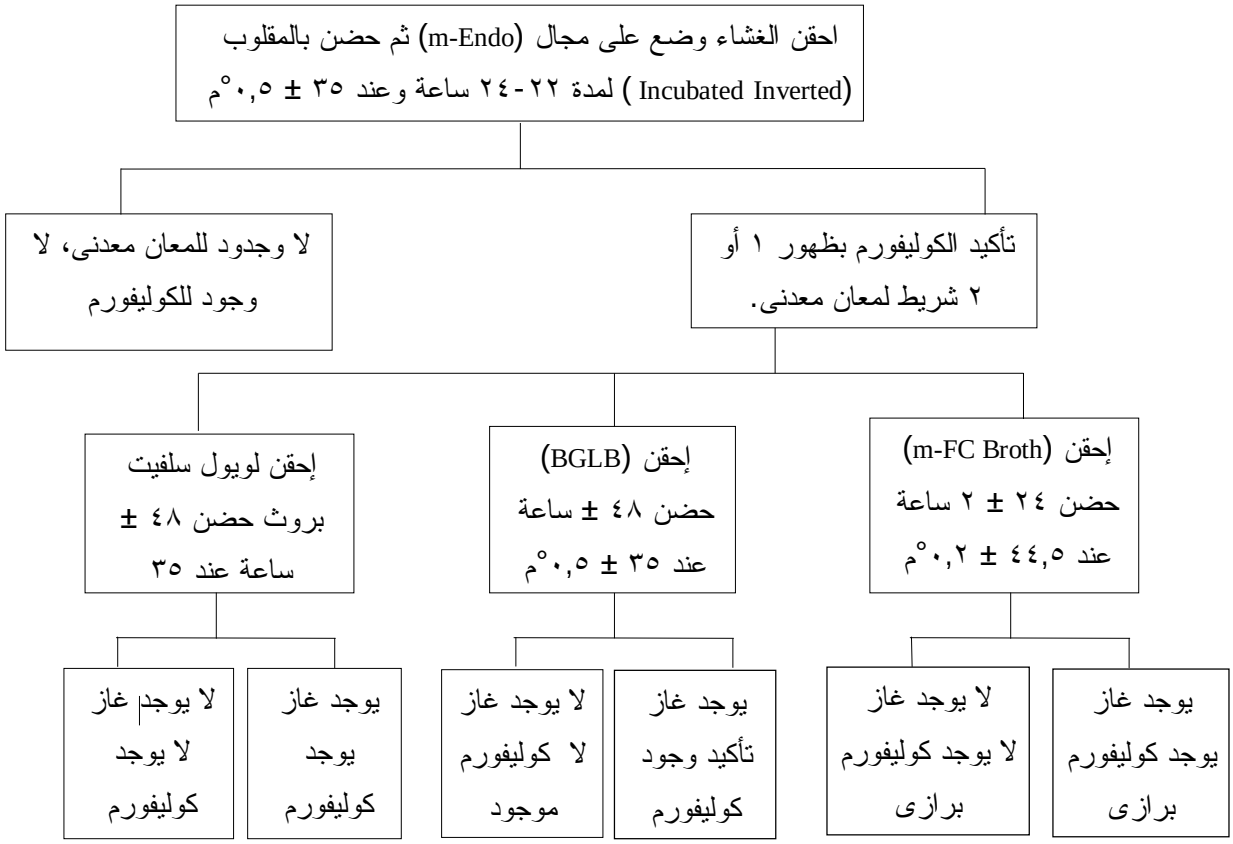
أ. ضع الأطباق فى حاضنة فى درجة حرارة ٤٤ ± ٠,٥°م لمدة ٢٤ ساعة فى درجة الرطوبة ١٠٠% وكبديل لذلك، يمكن وضع أطباق بترى محكمة الإغلاق فى أكياس بلاستيك غير منفذة للماء تمهيداً لوضعها فى الحاضنة.

ب. غطس الأكياس فى حمام مائي يحتفظ به فى درجة حرارة ٤٤ ± ٠,٥°م لمدة ٢٤ ساعة ويجب أن تبقى الأكياس تحت سطح الماء طوال فترة الحضانة ويمكن إبقاؤها مغمورة فى الماء بواسطة ثقل مناسب مثل رف معدني.

يكون لون مستعمرات جراثيم القولونيات الغائطية أزرق فى حين أن مستعمرات القولونيات غير الغائطية ذات لون رمادي أو أصفر شاحب Cream ويمكن عد المستعمرات بالاستعانة بعدسة مكبرة وعندها يمكن التوصل لعدد القولونيات الغائطية كما يلي:

$$\text{عدد القولونيات الغائطية فى كل ١٠٠ ملليلتر} = \frac{\text{عدد المستعمرات القولونية التى يتم عدها}}{\text{عدد المللیلترات من العينة المرشحة}} \times ١٠٠$$

ويوضح الشكل رقم (٨-١) الخطوات التوضيحية للكوليفورم الكلي باستخدام المرشح الغشائي.



شكل رقم (٨-١)

الخطوات التوضيحية للكوليفورم الكلي باستخدام المرشح الغشائي

مصادر الخطأ فى التحاليل البكتريولوجية

١. أن يقوم بتجميع العينات عامل وليس فني.
٢. الحصول على عينات من أماكن غير مناسبة.
٣. عدم نقل العينات فوراً للمعمل.
٤. وضع عينات المياه بجوار عينات صرف.
٥. عدم استخدام ثلاجة لنقل العينات.
٦. استخدام مياه تخفيف أو بيئات وزجاجيات غير معقمة.
٧. استخدام بيئات انتهت فترة صلاحيتها.
٨. استخدام أجهزة غير معايرة.
٩. عدم استخدام برامج ضبط وتأكيد جودة التحاليل.

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند جمع العينة

١. عدم لمس العبوة للصنبور أثناء جمع العينة.
٢. عدم شطف العبوة بالماء.
٣. عدم التنفس فى داخل العبوة.
٤. عدم ملء العبوة لدرجة الانسكاب.
٥. عدم لمس العبوة أو غطائها من الداخل.
٦. قياس تركيز الكلور المتبقي والعكارة فى موقع أخذ العينة.
٧. منع تساقط الأتربة أثناء جمع العينة.
٨. ألا يزيد الوقت بين سحب العينة وتحليلها عن ٦ ساعات.

اختبارات مراقبة الجودة

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 الغشائي 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 الكهربي، الرقم الهيدروجيني، الكلور المتبقي، وفى حالة وجود أى نتائج تزيد عن القيم القياسية، يلزم البحث عن ماء آخر، كما يلزم مراجعة آثار المعادن مثل الرصاص، الكادميوم، الكروم، النحاس، النيكل، الزنك.

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 إلى٢٠ سم^{٣} من مرق المغذيات (Nutrient Broth) ويوضع فى حضانة عند درجة حرارة ٣٥ ± ٠,٥$^{\circ}$ م لمدة ٢٤ ساعة. فى 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 فى حضانة عند درجة حرارة ٣٥±٠,٥$^{\circ}$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 التى تم فتحها فى مجفف (Desiccators) لإطالة فترة التخزين إلى ١٢ شهر. وإلا يتم التخلص من هذه المواد بعد ستة أشهر.

٧. يلزم تسجيل كل بيانات ظروف العمل فى 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. فى حالة تواجد أكثر من كيميائي، يقوم كل منهم بعد القرص من ٣٠-٣٠٠ كوليفورم كلي على الأقل مرة فى الشهر من المزارع اللاحقة. وعدد المستعمرات يجب أن يكون فى حدود ١٠%.

١٠. يراجع تعقيم أغشية المرشح بالتشرب باستخدام ٥٠ سم^{٣} من مرق المغذيات ويوضع فى حضانة عند درجة حرارة ٣٥ ± ٠,٥°م ويراقب 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 ٣٥ ± ٠,٥°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

التحاليل 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 علـــى 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)

تنتمي الطحالب إلى المملكة النباتية حيث تحتوى على كلوروفيل "أ" الذى يقوم بعملية التمثيل الضوئى وبالتالى 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 ومثلى 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 لاترى بالعين المجردة وأجناس أخرى يصل أمتداد خلاياها إلى عدة أمتار.

نظرا 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 حقيقة حيث تنتشر المادة الوراثية لها فى سيتوبلازم الخلية وتسمى

هذه المجموعة (Prokaryotic cells) (والتى تضم أجناس مجموعة الطحالب الخضراء المزرقة 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 أستدعت 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 الأختلافات 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 التى تؤثر على الطحالب التي تعيش في مياه الأنهار، سرعة التيار، طبيعة ترسيبات قاع النهر، والتغيرات الموقعية البسيطة كالإختلاف فى سرعة التيار بين ضفاف ووسط النهر وتعتبر الأكثر أهمية فى التأثير على معظم الأحياء المائية.

تتأثر الطحالب بالتلوث بعدة طرق حيث يؤدى التلوث إلى عرقلة نموها كنتيجة لحرمانها من ضوء الشمس، أو قد تكون المواد الملوثة سامة أو قد تؤدى 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 فتؤدى إلى زيادة أو نقصان المجاميع الكلية للطحالب. وعلى ذلك يعتبر تغير مجاميع الطحالب تحت ظروف مختلفة من التلوث واحداً من أهم الدلائل التى يمكن استخدامها لتحديد درجة التلوث ونوع الملوثات ولقياس درجة تخلص النهر من هذه الملوثات.

تقسيم وتعريف الطحالب (Algal Taxonomy and Algal Identification)

أولاً: طحالب كاذبة النواة (Prokaryotic Algae)

وتضم مجموعة واحدة هى مجموعة الطحالب الخضراء المزرقة (Blue-green Algae- Cyanobacteria – Cyanophyta) ويرجع تسميتها بهذا الاسم نتيجة وجود صبغات ثانوية تسمى (Phycocyanin) وهى التى تعطيها اللون الأخضر المزرق المميز لهذه المجموعة. وتندرج تحت هذه المجموعة العديد من الأجناس والتى تتفاوت فى الشكل الخارجى وفى 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 فى شكلها عن بقية الخلايا الأخرى) تسمى (Heterocystis cell).

ثانيًا: طحالب حقيقية النواة (Eukaryotic Algae) تندرج تحت هذه المجموعة بقية مجاميع الطحالب الأخرى والتى 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 Pyrrhophyta)
د. مجموعة الطحالب البنية المذهبة (Golden-brown Algae Chrysophyta)
ه. 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.

ثانيا: 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.

ثالثًا: درجة الحرارة للفصائل المختلفة للطحالب درجات حرارة صغرى ومثلى وعظمى تنمو فيها، فمثلا درجات الحرارة المثلى لنمو الدياتومات (Diatoms) تتراوح ما بين ١٨ – ٣٠ م° أما الطحالب الخضراء فتنمو عند درجات حرارة تتراوح ما بين ٣٠ – ٣٥ م° والطحالب الخضراء المزرقة فتنمو عند درجات حرارة تتراوح ما بين ٣٥ – ٤٠ م°.

رابعًا: العناصر المغذية الصغرى (Micronutrient) تنمو معظم الطحالب بشكل أفضل عندما يكون تركيز عنصر الحديد فى الماء يتراوح ما بين ٠,٢إلى ٢ملجم/لتر بينما لوحظت سمية الحديد عندما يزيد تركيزه عن ٥ملجم/لتر.

خامسًا: 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 تؤدى 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 والأستعمال من الدلائل البيولوجية.

وتستعمل القياسات الكيميائية والفيزيائية فقط لقياس التغير فى نوعية الميـــاه، بينما تتعامل الاختبارات البيولوجية بشكل رئيسى مع تأثيرات التغير. وعلـــى ذلك فقد تم تطوير طرق بسيطة وسريعة ومقبولة لتقييم درجة نقاوة أو تلـــوث المياه، بحيث يمكن اعتبار بعضاً منها طرقاً قياسية وتســـتخدم عبـــر مجـــال واسع.

ومما سبق فقد تم وضع نوعين من الاختبارات البيولوجية وهما:

أولاً: الطرق المباشرة

وفيها يتم تعريف جميع الكائنات الموجودة فـــى العينـــات وكـــذلك تكرارهـــا النسبى، وتكون هذه الاختبارات بيئية وتستطيع التعامل مـــع جميـــع الأحيـــاء الموجودة أو المحددة بمجموعات قليلة أو مجموعة واحدة أو نـــوع واحـــد أو أنواع قليلة من الكائنات.

ثانيا: الطرق الغير مباشرة

وتسمى أيضا بالطرق الفسيولوجية وتستخدم لحساب النشاط الحيوى للكائنـــات 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 تنشـــأ الطحالـــب الخضـــراء المزرقة فى المياه الفقيرة بالمواد المغذية، أو بقية الطحالب الأخـــرى فتكـــون مقاومة للتلوث العضوى العالى.

من خلال أعداد وأنواع الدياتومات يمكن تقييم نوعية المياه وملوثاتها حيث أن وجود سلالات من الجومفونيما (Gomphonema) تدل على وجود الملوثـــات الصناعية وملوثات الصرف الصحى، كما أن وجود طحلب نفيكيولا أككومودا (Navicula accomoda) دليلاً أو مؤشراً على التلوث بمياه الصرف الصحى.

تم اختيار خمسة أجناس من الطحالب كمؤشر لكمية التلوث فى مياه الأنهار وهى طحلب ستيجوكلونيوم تينو (Stigeoclonium tenue) حيث يكون موجوداً على حافة نهاية النهر فى الجزء الملوث منه، بينما يظهر كل من طحلب نيتشيا باليا (Nitzschia palea) وجومفونيما بارفولوم (Gomphonema purvulum) سائداً فى منطقة التلوث المعتدل، أما طحلب كوككونيس شاميسيفون (Cocconeis chamaesiphon) فيكون دائماً موجوداً فى الأنهار غير الملوثة أو فى المناطق التى أستعادت نظافتها، كما يعتقد أن أنواعاً محددة من الطحالب تدل على تلوث مياه مصبات الأنهار، فعندما يكون التلوث عالياً فأنه يرتبط بوجود طحلب بيريدنيوم تريكوتوم (Peridinium triquetum) فى 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 فى هذه العينة، ويكون هذا ممكناً وذلك لأن أعداد وأنواع الكائنات المجهرية التى تنشأ تكون مرتبطة بنوعية مصادر المياه التى تعيش فيها. مثال ذلك تكون الطحالب الخضراء هى السائدة فى البحيرات المفتوحة ذات المياه العذبة بينما تتواجد الطحالب الخضراء المزرقة فى البحيرات المغلقة.

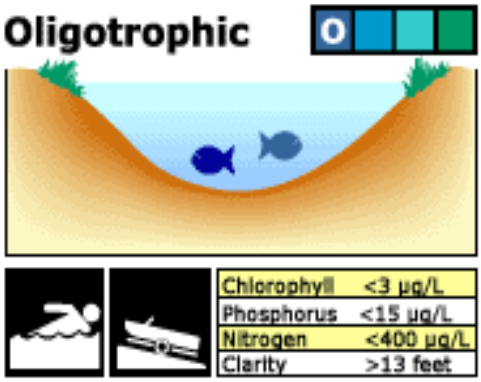
الأضرار الناتجة عن الطحالب

Problems Created by Algae

تؤدى الزيادة المفرطة فى معدل نمو الطحالب إلى حدوث تغيرات فى الصفات الطبيعية والكيميائية والبيولوجية فى المسطحات المائية. حيث تؤدى هذه الزيادة إلى حدوث ظاهرة الـ (Eutrophication) والتى تتميز بوجود تركيزات عالية من عنصرى الفوسفات والنترات والتى تؤدى بدورها إلى حدوث زيادة كبيرة فى معدل نمو بعض أجناس الطحالب وسيادتها على بعض الأجناس الأخرى وعادة ما تسود الأجناس الغير مرغوب فى تواجدها فى المسطحات المائية لما لها من تأثير ضار على بقية الكائنات التى تتعايش معها وعلى نوعية المياه. ويتم تقسيم نوعية مياه المسطح المائى تبعا لوفرة العناصر الغذائية وتبعاً لمعدل نمو الطحالب كما يلى:

أولاً: شحيحة التغذية (Oligotrophic)

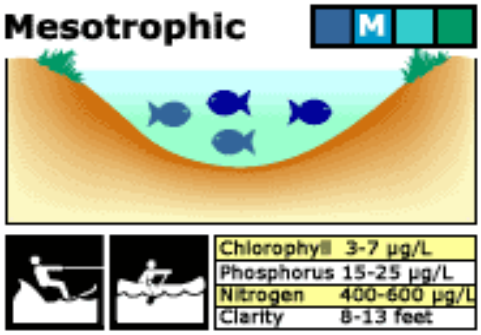
وهى المياه التى تتميز بأن تركيز المغذيات الكبرى تكون شحيحة بحيث لا تؤدى إلى زيادة فى أعداد وأنواع الطحالب. وتتميز هذه المنطقة بأن الماء فيها نقى وشفاف وقاع النهر نسبياً خالى من الترسبات، أما المواد الغير عضوية مثل الكالسيوم والماغنسيوم والحديد والكبريت والكربونات نصف المذابة فتوجد بكميات قليلة، ويوضح الشكل رقم (٩-١) مثالاً لمسطح مائى شحيح التغذية.



شكل رقم (٩-١)
مثال لمسطح مائى شحيح التغذية

ثانيًا: متوسطة التغذية (Mesotrophic)

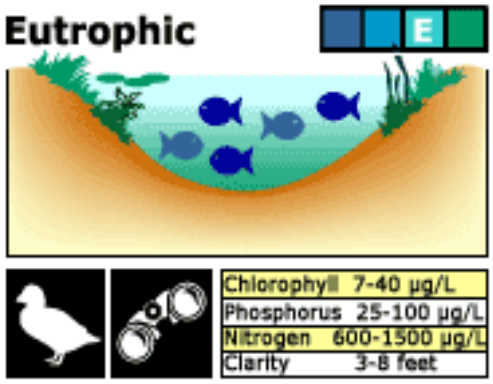
وهى المياه التى تحتوى على تركيزات متوسطة من المغذيات الكبرى والتى تسمح بزيادة معدل نمو الطحالب بصورة طفيفة، ويوضح الشكل رقم (٩-٢) مثالاً لمسطح مائى متوسط التغذية.



شكل رقم (٩-٢)
مثال لمسطح مائى متوسط التغذية

ثالثًا: عالية التغذية (Euotrophic)

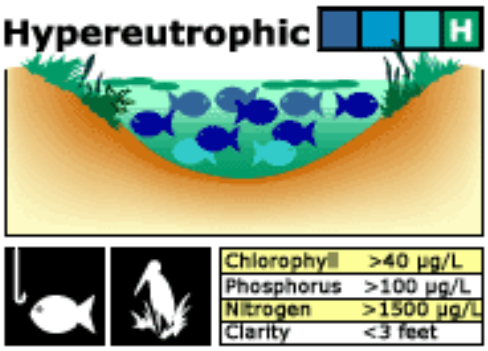
وهى المياه التى تتميز بارتفاع تركيز العناصر المغذية الكبرى مما يؤدى إلى زيادة معدل نمو الطحالب بصورة كبيرة والتى تؤدى بدورها إلى حدوث ظاهرة الـ (Euotrophication) والتى عادة ما يصاحبها حدوث ظاهرة وجود نموات طحلبية كثيفة (Algal Bloom) والتى تتميز بسيادة (Dominancy) بعض الأنواع الضارة من الطحالب وخاصة تلك 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 المزرقة وبعض أجناس من الطحالب السوطية من أهم الأنواع المفرزة للمواد التى تؤدى إلى التغير فى طعم ورائحة المياه وجعلها غير مستساغة وغير صالحة للاستخدام الآدمى، ويوضح الشكل رقم (٩-٣) مثالاً لمسطح مائى عالى التغذية.



شكل رقم (٩-٣)
مثال لمسطح مائى عالى التغذية

رابعًا: 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) مثالاً لمسطح مائى وفير التغذية.



شكل رقم (٩ - ٤)
مثال لمسطح مائى وفير التغذية

ومن المشاكل الأخرى التى تحدثها الطحالب داخل محطات مياه الشـــرب 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 مـــن خـــلال المرشحات الرملية حيث تمسك فى قمة السنتيمتر الأول من طبقـــة الرمـــل، خصوصاً حينما تكون الكائنات سائدة فى الماء والقليل منها سوف ينفـــذ إلـــى أرضية المرشح، بينما الكائنات الأخرى تتحطم بسرعة عند ملامستها للرمل، وكلما طالت مدة عمل المرشح فإن نسبة مئوية أكبر من الكائنات سوف تنفـــذ من قمة السنتيمتر الأول لطبقة رمل الترشيح. كما لوحظ أن وجـــود بعـــض أجناس من الطحالب وخاصة مجموعة الدياتومات تؤدى إلى الانسداد المبكـــر للمرشحات الرملية حيث يعمل جدار السليكا المكون لخلاياها كطبقة ســـميكة عازلة على سطح المرشح.

وتعتمد سهولة نفاذ الطحالب، على عدة عوامل منها ســـرعة التيـــار وحجـــم الرمل والحصى المستخدم ونوعية الطحالب الموجودة فى المياه الداخلة إلـــى خطوات المعالجة، كما تنفذ الطحالب الصغيرة جداً والسوطيات بسهولة أكبـــر من الأنواع الأخرى، ولذلك فإن الغسيل المتكرر وحتى عندما يكون المرشـــح

غير مغلق يؤدى إلى إزالة الطحالب وتقليل أعدادها التى 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 يؤدى إلى تكون طبقة هلامية على جدار الخزانات مما يساعد على حدوث هذه الظاهرة والتى تؤدى بدورها إلى حدوث الروائح العطنة للمياه. ومن الطحالب التى تنتج المادة اللزجة، الطحالب الخضراء المزرقة كذلك تنتج العديد من الدياتومات 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 التى تحدث فى المياه التى تحتوى على الطحالب.

حيث يؤدى 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 وبعدة طرق منها:

أ. زيادة ترسبات المواد العضوية فى الأنابيب.
ب. زيادة الأكسجين المذاب فى الماء خلال عملية التمثيل الضوئى لها.
ج. تغيير الرقم الهيدروجينى للمادة الموجودة فى الأحواض أو الأنابيب.
د. تغير الطحالب أيضاً كمية ثانى 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 الأغطية 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 لاستنفاذ الكلور المتبقى فى الماء، إضافة إلى أن وجود المادة العضوية فى المياه المنقاة ربما يغذى البكتريا والديدان الخيطية وعدداً أخر 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 مؤشرا مبكرا للتنبؤ بحدوث التراكمات 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 فى تكـــوين التجمـــعات الطحلبية
Factors Affecting Algal Bloom

أ. ارتفاع درجات الحرارة.
ب. زيادة تركيزات العناصر المغذية (خاصة الفوسفات والنترات).
ج. انخفاض معدل ثانى أكسيد الكربون الذائب وانخفـــاض شـــفافية الميـــاه (Transparency).
د. عدم وجود العناصر المغذية الصغرى.
هـــ. زيادة معدل تغذية بعض الكائنات المائية على الطحالب مما يؤدى إلـــى اختفاء بعض أجناس وسيادة بعض أجناس طحلبية أخرى.
و. انخفاض سرعة جريان المياه والطبيعة الطوبوجرافيـــة و الجيولوجيـــه للمسطح المائى.

خطة مواجهة المخاطر
Developing Contingency Plans

١. مستوى الخطر الأول Alert Level 1

وفيها يحدث ما يلى:
أ. يتراوح العد الطحلبى لخلايا الطحالب الخضراء المزرقة ما بـــين ٥٠٠ إلى ٢٠٠٠خلية/ مللى.
ب. ظهور رائحة كريهة للمياه فى المسطح المـــائى وذلـــك أثنـــاء الرصـــد الدورى لمياه (تجميع عينة كل شهر على الأقل) المسطح المائى.

٢. مستوى الخطر الثانى Alert Level 2

أ. يتراوح العد الطحلبى لخلايا الطحالب الخضراء المزرقة ما بين ٢٠٠٠ إلى ١٥٠٠٠خلية/ مللى.
ب. وجود أى من الأجناس الطحلبية والتـــى تنتمـــى لمجموعـــة الطحالـــب الخضراء المزرقة والتى تم تحديد والتعرف على قدرتها علـــى إفـــراز السموم الطحلبية مثـــل (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 طوليـــة علـــى سطح المسطح المائى.

٣. مستوى الخطر الثالث Alert Level 3

أ. وجود أعداد هائلة من خلايا الطحالب الخضراء المزرقة 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 الاخرى فى تسمم الأسماك، وعند فحص الغالبية العظمى من الأسماك المتسممة، وجد الطحلب الأخضر المزرق لينبيا (Lyngbya) فى الجهاز الهضمى لهذه الأسماك. كما أن ملامسة بعض الطحالب الخضراء تسبب أمراضا جلدية وأعراض حساسية، ومن الطحالب المسجلة التى تسبب أنواعًا من الاصابة الجلدية طحلب (Anabaena) بينما طحالب (lyngbya contora) و (Microcystis) تسبب الحساسية للإنسان ويسبب الطحلب الأخضر (Chlorella) إلى جانب الفطريات خدوش أو جروحا فى الأغشية المخاطية للإنسان ولكن أهميتها لم يتم تحديدها .

يعتقد أن الانتشار الواسع وغير المتوقع للآلام المعدية، التي 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 المزرقة على مرشحات الحصى فى منشآت تصفية الماء ومرور المنتجات

السامة الى شبكات التوزيع الرئيسية ربما هو السبب فى الاضطرابات المعدية/ 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 المزرقة 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 المزرقة هى عموما إنهاك وتشنجات متبوعة بالوفاة. وهناك أدلة تفيد بأن الطحالب الخضراء المزرقة السامة يمكن أن تؤثر على الإنسان كما هو الحال فى الحيوان حيث تسبب له صداعا حادا وحمى عالية وغثيانا مع تقيء 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 وبالتالى ستقوم الطحالب تحت سطح

الماء باستخدام الأكسجين الموجود فى الماء أكثر مما تنتجه مما يؤدى الى 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 الكلى.

الحد من انتشار الطحالب فى المياه

تتضمن السيطرة على الطحالب فى تجهيزات المياه، استخدام المضادات الطحلبية والتنظيف الميكانيكى 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 أى تغيير فى أعدادها وأنواعها.

التحاليل البيولوجية للمياه

الغرض من هذه التحاليل هو معرفة عدد الكائنات النباتية الحية الدقيقة التى لا ترى بالعين المجردة. ومن أهم الفحوص الميكروسكوبية للمياه (كما تنص عليه المواصفات المصرية) ما يلي:

١. البحث عن الطحالب الخضراء المزرقة (Blue green algae) وعدَّها.
٢. البحث عن الطحالب الخضراء (Green Algae) وعدَّها.
٣. البحث عن الدياتومات (Diatoms) وعدَّها.

وتبدو أهمية هذه الفحوص لما تسببه الطحالب من روائح كريهة وطعم غير مستساغ فى المياه وما تسببه من زيادة فى الرقم الهيدروجيني فى بعض الأحيان فى حالات السيول عندما تجرف الدياتومات إلى المياه. ومن أخطر ما تسببه الطحالب هو السموم الطحلبية التى تؤثر على الجهاز العصبي والكبد (Neurotoxin & Hepatotoxin) وذلك نتيجة لظهور بعض الظروف المواتية لنمو هذه الطحالب وسيادتها على الأنواع الأخرى، وتختلف

الإفرازات والروائح باختلاف أنواع الطحالب وتبعاً لكميتها، كما تختلف المشاكل التى تسببها للمحطات باختلاف أنواعها، فهناك أنواع أخرى تسبب انسداد المرشحات (Filter Clogging Algae) وهناك أنواع تعيش فى المياه الملوثة ووجودها بكثرة يدل على تلوث المياه بالمواد العضوية.

اختبار السمية Toxicity Bioassay

أولا: يتم إجراء اختبار السمية باستخدام أى من المؤشرات البيولوجية الآتية:

أ. فئران التجارب المعملية.
ب. حيوان الدافنيا (أو أحد سلالات القشريات والتى تسمى Prime Shrimp).
ج. بعض سلالات البكتريا وهو ما يعرف بالـ (Ames Test).
د. بيض السمك.

ثانيا: 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.
ه. يتم استخلاص محتوى الخلايا الطحلبية إما بطحن الخلايا الطحلبية فى المياه المقطرة أو باستخدام محلول ملحى ٠,٩٪
و. تفصل الخلايا الطحلبية عن المستخلص باستخدام جهاز الطرد المركزى (Centrifuge).
ز. تحقن 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).

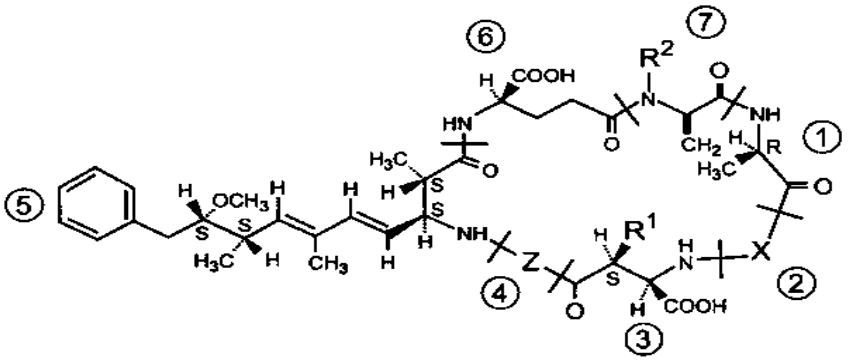
جدول رقم (٩-١)

نتائج اختبارات السمية باستخدام فئران التجارب

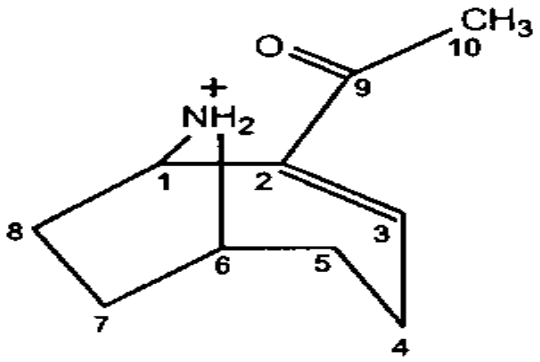
Neurotoxic	Hepatotoxic
Mice will die by respiratory arrest within 2-20 minutes	Mice will die due to hemorrhagic shock within 40 minutes to 3 hr.
Signs: muscular tremors convulsions gasping respiration Salivation tearing	**Signs :**animal will appear pale as the blood hemorrhages into the liver. upon autopsy the liver swollen and dark red & increased in weight

التركيب الكيميائى للسموم الطحلبية:

يوضح الشكل رقم (٩-٥) التركيب الكيميائى 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 المزرقة
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 Cyanotoxins - 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 الأناتوكسين (Antoxins).
ج. سموم من مركبات (Alkaloids) حيث تسبب بعض المشاكل فى الجهاز الهضمى والكلي.
د. سموم لها تركيب كيميائى عديد السكريات (Lipopolysaccharides).

- من أهم الحقائق التى يجب الاهتمام بها هى أنه ليس كل الأجناس التى تنتمى لمجموعة الطحالب الخضراء المزرقة 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 الطحلبيه تكون أجناسها مفرزه للسموم ولكن يمكن أن تكون من الأنواع التى تحدث تغير فى طعم و رائحه المياه. ولذلك لابد عند حدوث أى تجمع طحلبى أن يتم فحص و تعريف سلالات الطحالب المكونه لهذه التجمعات ثم إجراء اختبار السميه حتى نستطيع الحكم على قدرتها على أفراز أو عدم إفراز السموم .

تجميع عينات الهائمات النباتية (Phytoplankton) وطرق حساب المحتوى الحيوى للطحالب

أولا: تجميع العينات

أ. تحديد مواقع لتجميع العينات

ب. تجهز زجاجات مناسبة لكل صفة تحليلية (لابد 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

ثانيا: تركيز العينات

عادة ما يتم إجراء تركيز للكائنات الموجودة وخاصة الطحالب فى عينات المياه بأحدى الطرق التالية:

أ. الترسيب.

ب. جهاز الطرد المركزى (Centrifuge).
ج. الترشيح باستخدام أغشية الترشيح (Membrane Filter).
د. باستخدام شبك الترشيح (Phytoplankton Net).

قياس المحتـــوى الحيوى للطحالب
Algal Biomass Determination

من الضرورى 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 والكيماوية 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 حلولا 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 نموا غزيرا 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، فمثلا 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 والتى يجب معالجتها للتخلص منها، واعتبرت أعدادها الكبيرة والقليلة التى تتواجد فى أحدى 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).

$$\text{No. of Phytoplankton} = \frac{\text{No. of fields in cell} \times \text{ml of concentrated sample}}{\text{No. of fields counted} \times \text{ml of orginal sample}}$$

$$\text{Where No. of fields in cell} = \frac{\text{Area of Sedgwick Rafter cell (50mm X20mm)}}{\text{Area of Small Square in Sedgwick cell}}$$

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 ٢٠٠مللى من الماء المقطر المضاف إليه ٢٠ مللى من حمض الخليك الثلجى. يضاف ٣ مللى لكل لتر من الطحالب.

ب. محلول الفورمالين

- **تقدير المحتوى الكلوروفيلى للطحالب Chlorophyll "a" Content**

وذلك باستخدام جهاز قياس شدة الألوان (Spectrophotometer) وقياس الطول الموجى لصبغات الكلوروفيل "أ" بعد استخلاصها باستخدام أحد المذيبات العضوية.

Chl. "a" = 11.85(OD664) – 1.54(OD647) – 0.08(OD630)

- **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 الأدونيزين ثلاثى الفوسفات**

Adenosine triphosphate ATP

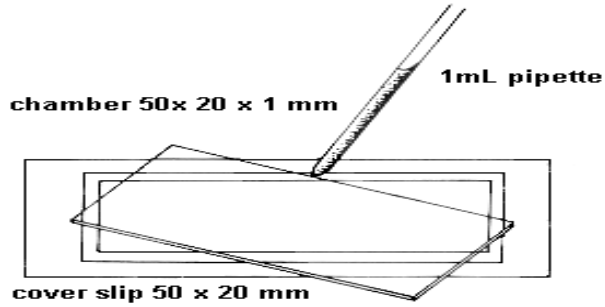
- **قياس النشاط الحيوى للطحالب**

وذلك باستخدام الطرق التالية:

أ. تثبيت النيتروجين (Nitrogen fixation).

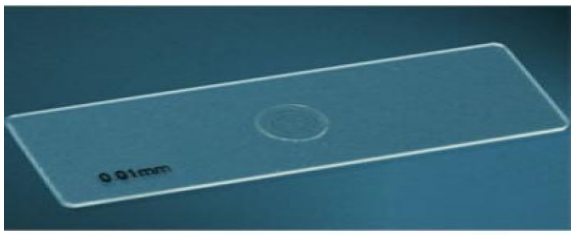
ب. إنتاج الأكسجين (Oxygen production).

ج. التمثيل الضوئى فى وجود (C14).

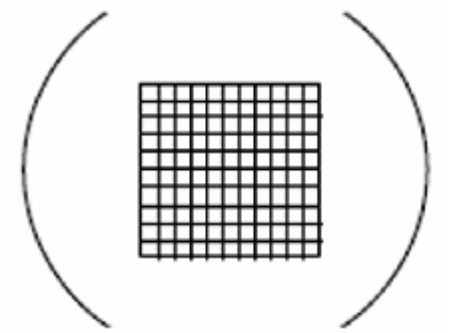


How to fill Sedgwick Rafter cell with sample?
طريقة ملء خلية عد الطحالب

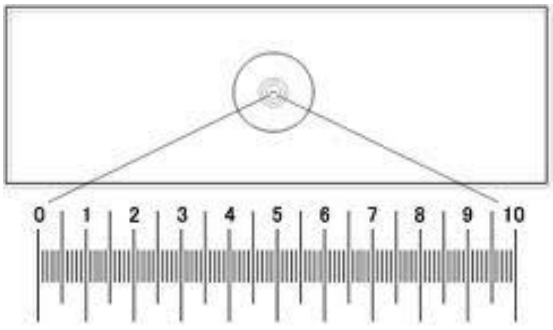
Sedgwick Rafter Cell



Slide containing stage micrometer



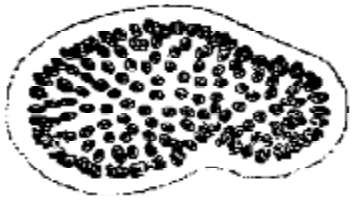
Eye piece micrometer



Stage micrometer

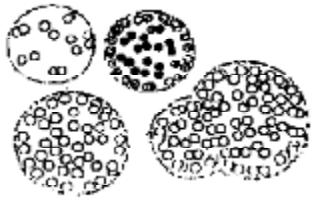
شكل رقم (٩ - ٦)
عد الطحالب باستخدام خلية العد الطحلبى Sedgwick Rafter Cell

Synechocystis



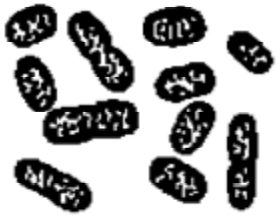
Gomphosphaeria

Microcystis



Coelosphaeriun

Synechococcus

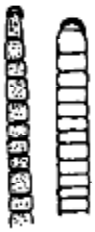


Cylindrospermopsis

Pseudanabaena

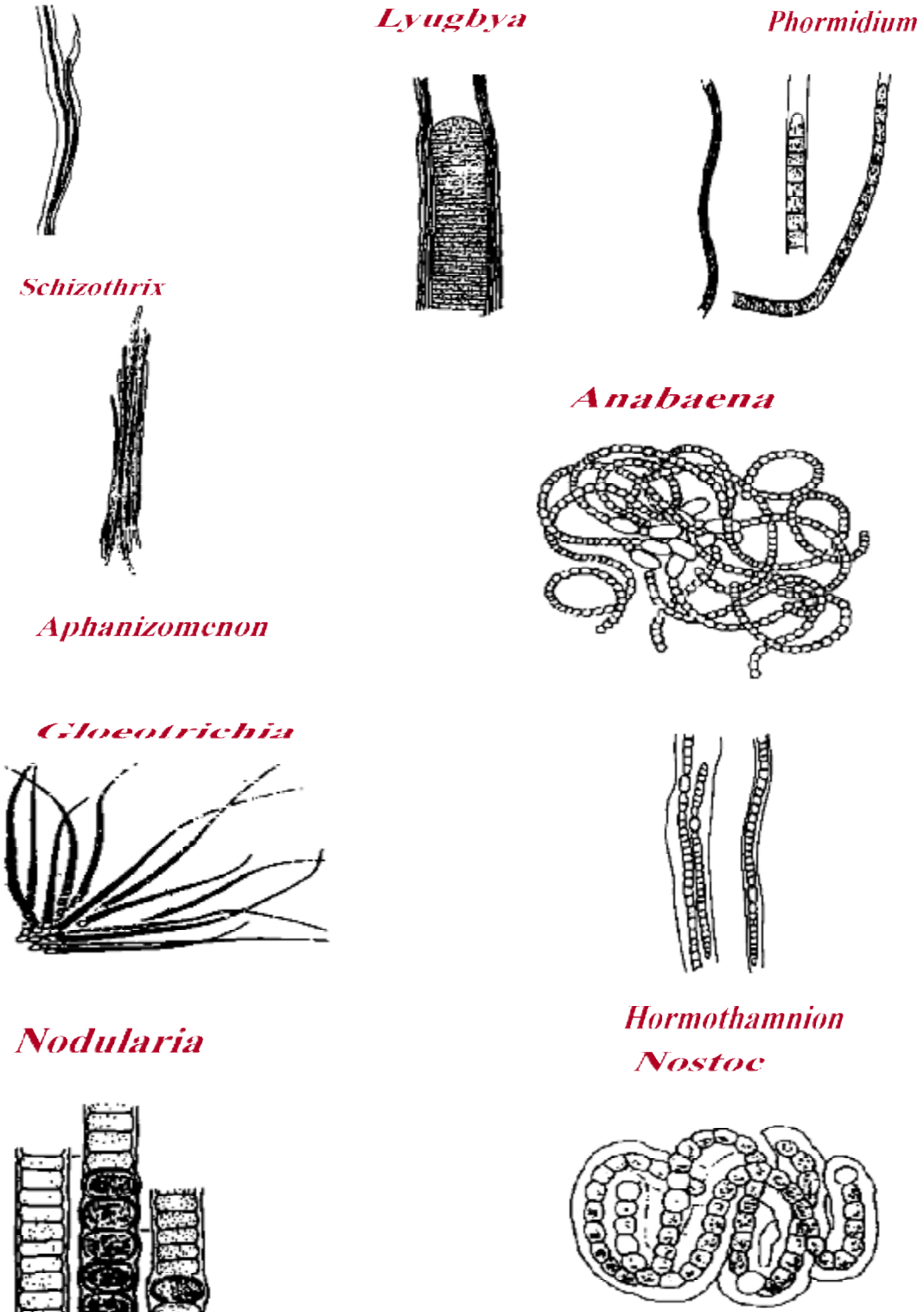
Oscillatoria

Trichodesmium



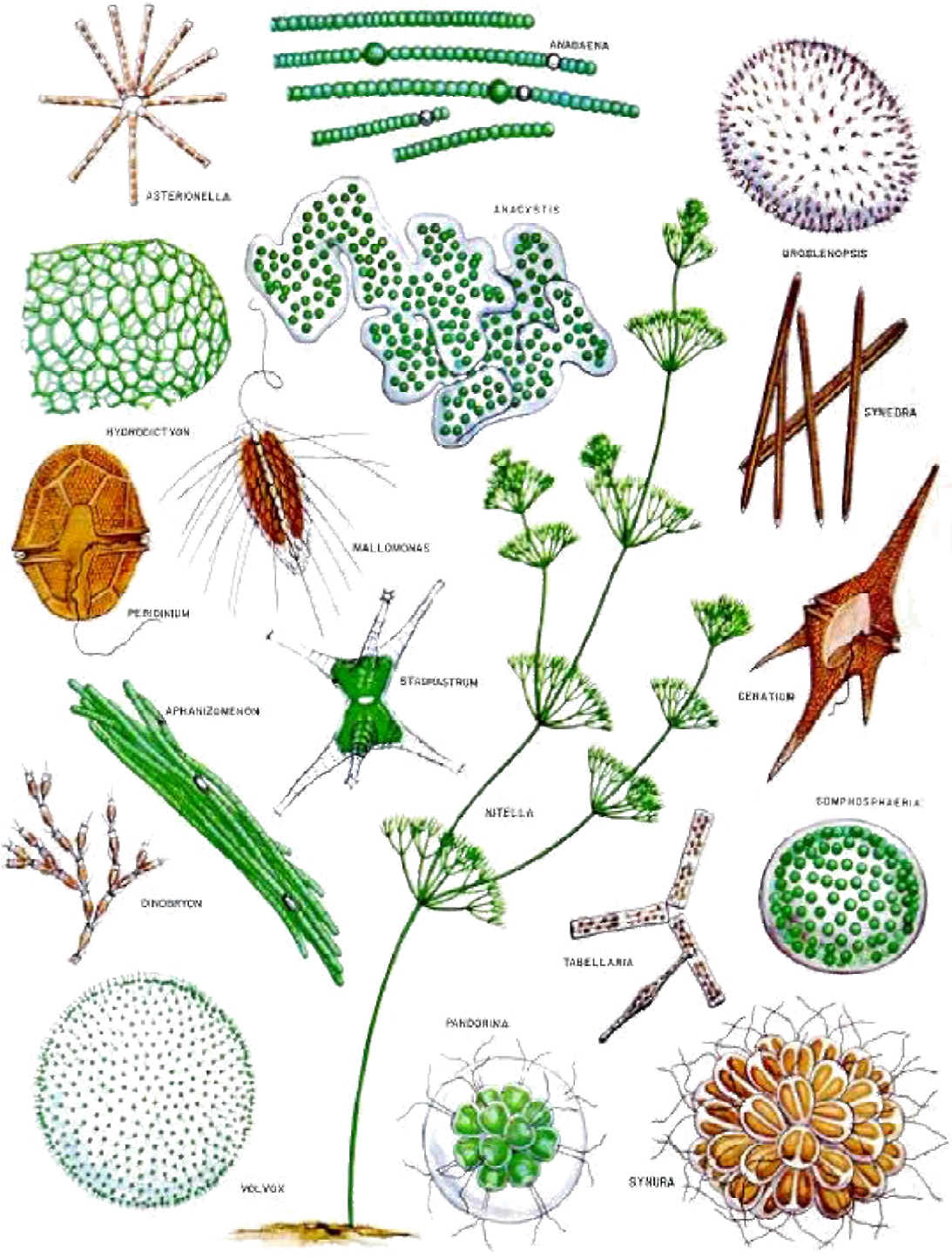
شكل رقم (٩-٧)

بعض سلالات الطحالب المفرزة للسموم



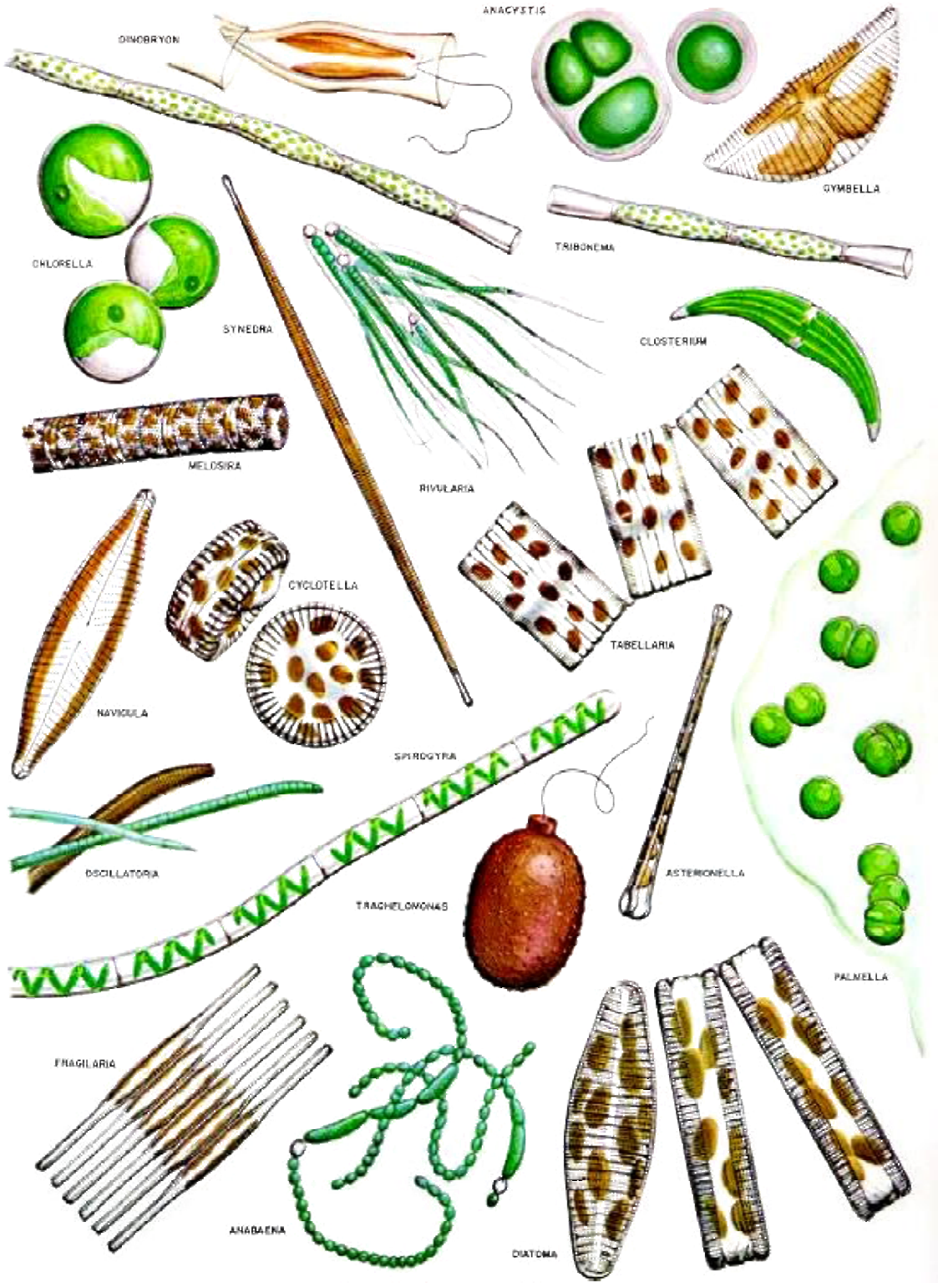
"تابع" شكل رقم (٩ - ٧)

بعض سلالات الطحالب المفرزة للسموم



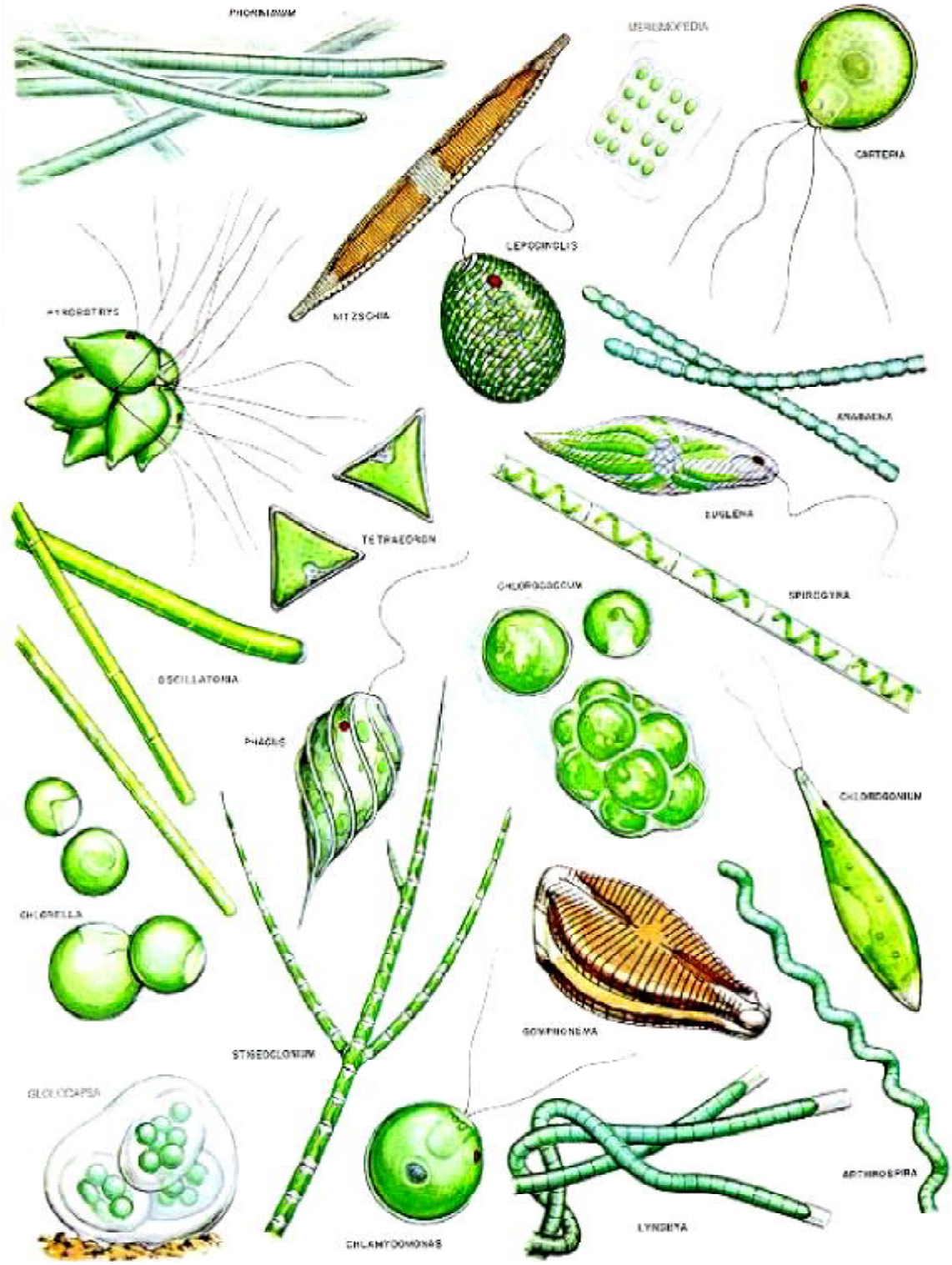
شكل رقم (٩-٨)

الطحالب التى تسبب انسداد الفلاتر



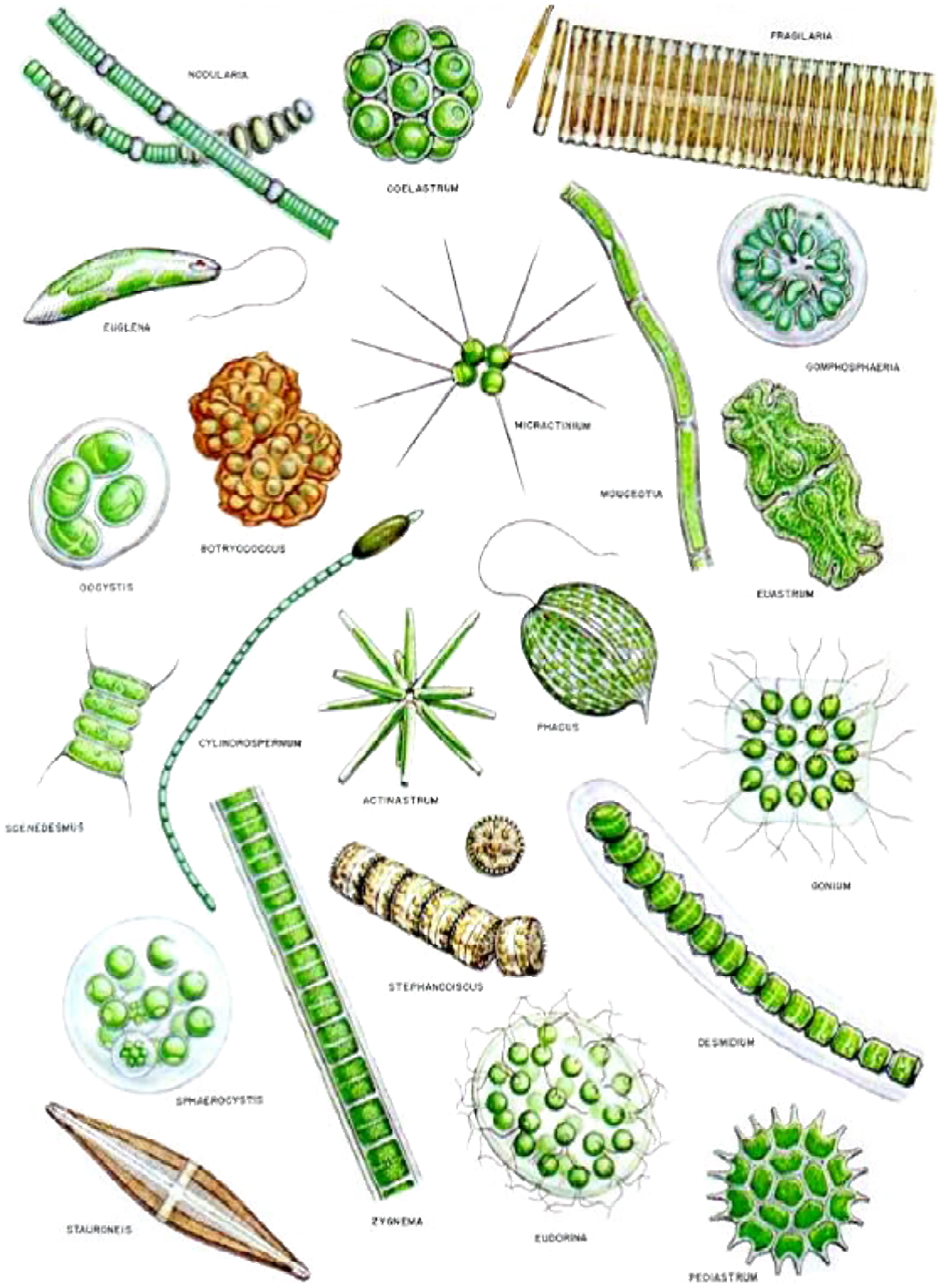
"تابع" شكل رقم (٩-٨)

الطحالب التى تسبب انسداد الفلاتر



شكل رقم (٩ - ٩)

طحالب المياه الملوثة



شكل رقم (٩-١٠)

أحياء دقيقة وأنواع أخرى من طحالب المياه السطحية

الفصل العاشر

أنواع ومصادر الأخطاء فى جمع عينات المياه وتحليلها

الفصل العاشر

أنواع ومصادر الأخطاء فى جمع عينات المياه وتحليلها

أهداف التدريب (التعلم):

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

- يذكر أنواع الأخطاء التى تحدث فى التحاليل الكيميائية.
- يحدد الظروف المختلفة التى تؤدى لحدوث الخطأ العشوائى.
- يحدد الأسباب المختلفة التى تؤدى لحدوث الخطأ المنتظم.
- يوضح ما هو الخطأ الفادح والأخطاء التى تؤدى لحدوث الخطأ الفادح.
- يشرح معنى خطأ التقريب.
- يذكر مصادر الخطأ العملية فى معامل التحليل.
- يحدد أنواع ومصادر الأخطاء فى التحاليل الكيميائية وطرق التغلب عليها.

مقدمـــة ما من شك فى أن جميع التحاليل الكيميائية تتعرض لأخطاء تؤدى إلى ظهور نتائج تبعد عن القيم الحقيقية وهذه الأخطاء هى:

١. الخطأ العشوائى Random error.
٢. الخطأ المنتظم Systematic error.
٣. الخطأ الفادح Gross error.
٤. خطأ التقريب Rounding error.

١. الخطأ العشوائى فى هذا النوع لا تؤدى إعادة التحليل على عينات متماثلة ومتجانسة إلى نتائج متطابقة بل تعطى نتائج متفرقة تنتشر حول قيمة محورية وبذلك فإنها ذات قيمة موجبة أو سالبة نسبة إلى هذه القيمة المحورية ويتفاوت بعد هذه القيم عن القيمة المحورية. ويمكن تقييم الخطأ العشوائى باستخدام الحيود القياسى.

ويعزى هذا الخطأ لاختلاف ظروف التحاليل مثل:

- اختلاف حجم العينة والكاشف المستخدم من تجربة إلى أخرى.
- تذبذب درجات الحرارة كاختلاف وقت ومكان التسخين.
- تذبذب ظروف تشغيل الأجهزة كدرجة الحرارة وسرعة السريان وشدة التيار الكهربى وطول الموجة المستخدمة فى القياس.
- التفاوت من تشغيله إلى أخرى.

٢. الخطأ المنتظم وهذا الخطأ يأخذ مسارا محددا وتكون كل القيم المقاسة إما أصغر أو أكبر من القيمة الحقيقية وقد يكون هذا الفرق كبيرا أو صغيرا ويعزى هذا الخطأ إلى:

- عدم ثبات العينة من وقت جمعها إلى وقت تحليلها.
- عدم القدرة على تحليل كل الأشكال الموجود عليها العنصر المراد تحليله.
- التداخلات.
- انحراف قيم المعايرة بالزيادة أو النقصان.
- قيمة التجارب الغفل.

٣. الخطأ الفادح هو الخطأ الذى ينشأ بصورة عامة من عدم اليقظة لمن جمع العينة أو قام بالتحليل أو أعد التقرير، ويعزى ذلك إلى:

- أخطاء عند ترقيم العينات.
- تحليل العينة الخاطئة.
- استخدام طريقة غير مناسبة.
- القراءة الخاطئة لمقياس أو أرقام الأجهزة.
- استخدام وحدات للتعبير عن التركيز خاطئة.
- النقل الخاطئ للنتائج من كراسة النتائج الأصلية.
- نقل أرقام من مواقعها.
- إجراء الحسابات بطريقة خاطئة.

٤. خطأ التقريب عند تقريب قراءات أو أرقام فى المراحل الأولية للحسابات تنشأ أخطاء، حيث أنه فى بعض الأحوال تضرب القيم فى معاملات قد تزيد أو تقل كثيرا عن القيمة إذا بقيت دون تقريب، لذا وجب عدم تقريب الأرقام حتى المرحلة الأخيرة من الحسابات، ويجب مراعاة ما يلى:

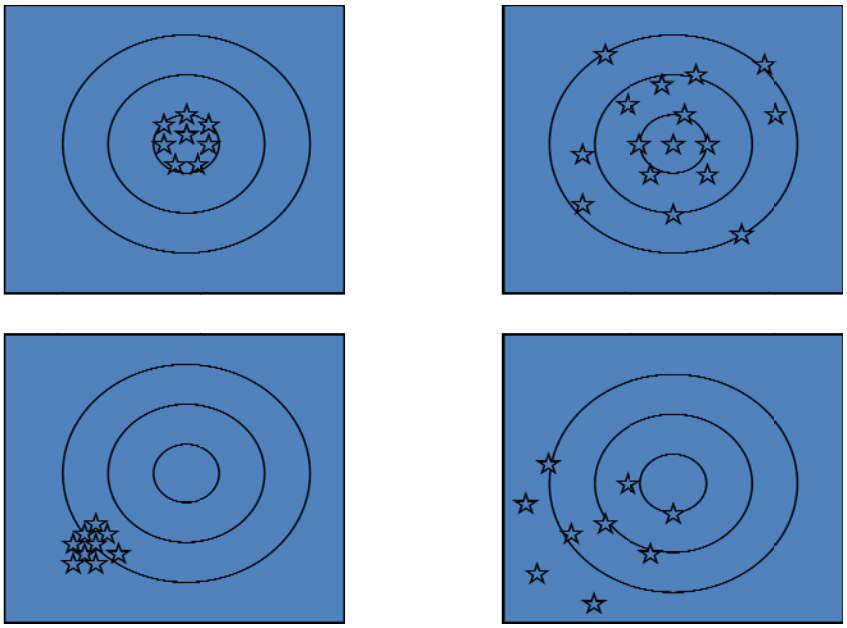
١. أن زيادة الخطأ العشوائى يؤدى إلى انخفاض دقة التكرارية (Precision)
٢. أن زيادة الخطأ المنتظم يؤدى إلى انخفاض الحقيقة Trueness .
٣. أن انخفاض الخطأ العشوائى يؤدى إلى ارتفاع دقة التكرارية.
٤. أن انخفاض الخطأ المنتظم يؤدى إلى ارتفاع الحقيقة.

وينشأ عن ذلك الحالات الآتية (جدول رقم ١٠-١):

جدول رقم (١٠-١)
نوعية الأخطاء وعلاقتها بالتكرارية والحقيقة

الحالة	خطأ عشوائى	خطأ منتظم
التكرارية منخفضة والحقيقة منخفضة	كبير	كبير
التكرارية مرتفعة والحقيقة منخفضة	صغير	كبير
التكرارية منخفضة والحقيقة عالية	كبير	صغير
التكرارية مرتفعة والحقيقة مرتفعة	صغير	صغير

وبذلك فإن أفضل الحالات هى التى يكون فيها كل من التكرارية والحقيقة عاليتان وهذان ينشأن من انخفاض الخطأ العشوائى والخطأ المنتظم. ويوضح الشكل رقم (١٠-١) نوعية الأخطاء وعلاقتها بالتكرارية والحقيقة.



شكل رقم (١٠-١)
نوعية الأخطاء وعلاقتها بالتكرارية والحقيقة

وبذلك فإنه يمكن إجمالا تقسيم مصادر الخطأ العملية فى معامل التحاليل إلى الأخطاء الاتية:

١. أخطاء تعزى للعينة.
٢. اخطاء تعزى للكواشف المستخدمة.
٣. أخطاء تعزى للمواد المرجعية.
٤. أخطاء تعزى للطرق المستخدمة.
٥. أخطاء تعزى للمعايرة.
٦. أخطاء تعزى للأجهزة المستخدمة.
٧. أخطاء تعزى لتسجيل النتائج.
٨. أخطاء تعزى للحسابات.
٩. أخطاء تعزى للنقل.
١٠. أخطاء تعزى لإعداد التقارير.

أنـــواع ومصادر الأخطاء فى التحاليل الكيميائية

١. **<u>أخطاء عند جمع العينات:</u>**
   أ. تلوث العينة من العبوة أو الأنابيب.
   ب. استخدام عبوة غير مناسبة.
   ج. استخدام عينة غير ممثلة (من منطقة غير مناسبة – عدم المزج – وقت غير ملائم).

٢. **<u>أخطاء عند نقل وتخزين العينات:</u>**
   أ. عدم غلق إناء العينة.
   ب. تلوث العينة من مصادر خارجية كالأبخرة العضوية فى الهواء والأتربة من جو العمل.
   ج. التخزين عند درجة حرارة غير مناسبة مما يؤدي إلى تكسير بعض المركبات العضوية.
   د. تحلل بعض المركبات الحساسة للضوء.
   هـ. عدم الأخذ فى الاعتبار ثبات العينات (فيزيائياً – كيميائياً – بيولوجياً).

و. عدم استخدام مواد حافظة مناسبة.
ز. التخزين الطويل للعينة قبل التحليل.
ح. استخدام عبوة غير مناسبة (نظافة – نوع – سدادات مطاطية).

٣. <u>أخطاء من التعرف على العينات:</u>

أ. استبدال عينة بأخرى.
ب. وقت غير سليم أو غياب المعلومات.

٤. <u>أخطاء من تحضير العينات:</u>

أ. قيم التجارب الغفل (أدوات طحن العينات).
ب. عدم التجانس.
ج. الفقد بالتبخر لمواد متطايرة.
د. ظروف هضم العينات وعدم تكراريتها بنفس الظروف كاختلاف وقت وحرارة الهضم.

٥. <u>أخطاء من الكواشف المستخدمة:</u>

أ. استخدام كواشف غير نقية.
ب. استخدام مذيبات غير نقية.
ج. سوء تخزين الكواشف.
د. استخدام كواشف انتهت صلاحيتها.
هـ. استخدام حجوم غير صحيحة من المذيبات.
و. عدم ذوبانية الكواشف كاملة.
ز. تبخر مذيبات الكواشف.

٦. <u>أخطاء من المواد المرجعية والقياسية المستخدمة:</u>

أ. استخدام مواد مرجعية غير نقية.
ب. أخطاء من تداخل مواد غريبة فى المواد المرجعية.
ج. اختلاف فيزيائي بين العينة والمادة المرجعية (مثل اللزوجة).
د. استخدام قيم مرجعية خاطئة.

هـ. تغير المادة المرجعية نتيجة تخزين غير مناسب – تبخر – ادمصاص.
و. استخدام مواد مرجعية انتهت فترة صلاحيتها.
ز. أخطاء فى تحضير المواد المرجعية.

٧. <u>أخطاء من طريقة القياس المستخدمة:</u>

أ. الحيود عن الطريقة وعدم إتباع الطريقة تماماً.
ب. أخطاء عند التحضير أو الخلط أو الإضافة.
ج. استخدام عمليات تحليلية خاطئة.
د. عدم الالتزام بالمدى الذي يصلح.
هـ. إهمال المدى الخطي للتجربة.
و. إهمال حد التمييز.
ز. إهمال قيم التجارب الغفل.
ح. عدم ملاحظة وقت التفاعل بدقة.
ط. عدم ضبط درجة الحرارة بدقة.
ي. إهمال تراكب الخطوط وتداخلها فى قياس طيف الانبعاث.

٨. <u>أخطاء من المعايرة:</u>

أ. أخطاء فى قياس الحجوم.

٩. <u>أخطاء الوزن:</u>

أ. عدم ضبط صفر الميزان.
ب. عدم معايرة الميزان.

١٠. <u>أخطاء من استخدام الأجهزة:</u>

أ. عدم نظافة الأجهزة المستخدمة.
ب. التلوث.
ج. عدم تجفيف الأجهزة.
د. استخدام أجهزة غير مناسبة وإهمال ضبطها.

هـ. عدم مراجعة نوعية النتائج.
و. إهمال صيانة الأجهزة.
ز. تأثير الحرارة والكهرباء والمجال المغناطيسي على الأجهزة.

١١. أخطاء من استخدام الماصات الزجاجية:

أ. استبدال الماصات (ذات حجوم متفاوتة).
ب. استخدام الماصات غير المناسبة.
ج. استخدام الماصات مبللة.
د. استخدام ماصات غير معايرة أو يصعب معايرتها.
هـ. طريقة الاستخدام غير الصحيحة مثل عدم الأخذ فى الاعتبار وقت التفريغ أو عدم استخدامها وهى فى وضع رأسي و عدم ملاحظة علامات البدء والنهاية بدقة ووجود فقاعات هواء.
و. عدم نظافة الماصات يجعل فراغات بين سطحها الداخلي والمحلول.
ز. عدم التنبه والدقة فى الاستخدام.

١٢. أخطاء من استخدام الماصات الأوتوماتيكية:

أ. استبدال الماصات ذات الحجوم المختلفة.
ب. أخطاء فى الحجوم.
ج. عدم إحكام الطرف المتحرك.
د. استخدام ماصة أطرافها تسرب المحاليل.
هـ. التصاق المحاليل على السطح الخارجي.
و. تفريغ الماصة بسرعة زائدة.
ز. سحب فقاعات هواء.

١٣. أخطاء من أوعية تفريغ الجرعات:

أ. انسداد إبرة سحب وتفريغ العينات.
ب. استخدام أجهزة غير معايرة.
ج. وجود أنابيب أو صمامات يتسرب منها المحاليل.

د. انسداد الأنابيب أو الصمامات.
هـ. عدم ضبط الحجوم المحقونة.
و. أخطاء من عدم دقة سرعة المضخات الناقلة للمحاليل.

١٤. أخطاء من الخلية المستخدمة فى القياس:

أ. عيوب بالخلية كاختلاف الشفافية أو استخدام خلايا مختلفة.
ب. استخدام خلايا غير مناسبة كنوع الزجاج أو الحجوم.
ج. وضع الخلية بطريقة غير صحيحة.
د. عدم ملء الخلية بحجم كاف.
هـ. استخدام خلايا مبللة من الخارج.
و. استخدام خلايا ذات سطوح مخدوشة أو خشنة.
ز. وجود فقاعات هواء داخل المحاليل المقاسة.
ح. استخدام خلايا غير نظيفة.

١٥. أخطاء جهاز الفوتوميتر:

أ. أخطاء من عدم ضبط طول الموجة الملائمة للقياس.
ب. عدم وجود كثافة ضوئية كافية مثل استخدام اللمبات القديمة.
ج. عدم نظافة النظام الضوئي مثل المرايا والعدسات ووجود أتربة أو أبخرة عليها.
د. عدم استخدام الجهاز المناسب كاستخدام جهاز بمرشح بدلاً من آخر مزود بآلية إعطاء ضوءا وحيد الطول الموجى.
هـ. عدم ضبط الجهاز.
و. إهمال أية حيود.
ز. عدم ضبط نقطة الصفر.
ح. دخول ضوء فى غرفة العينة.
ط. عدم ضبط فتحة نافذة الجهاز لدخول الضوء.
ي. استخدام مرشح خطأ.

ك. استخدام كاشف تكبير الضوء غير صالح أو غير مضبوط.
ل. استخدام مدى غير ملائم للقياس.
م. استخدام مسجل يعطى ذبذبات عالية.
ن. قراءات غير ثابتة لتذبذب التيار.

١٦. أخطاء من تسجيل الاستجابة:

أ. استخدام مدى غير مناسب.
ب. أخطاء فى القراءة.
ج. استبدال النتائج.
د. أخطاء فى التسجيل.

١٧. أخطاء من الحسابات:

أ. أخطاء حسابية فى الوحدة المستخدمة – وحساب الكسور الجبرية.
ب. تقريب الأرقام.
ج. عدم حساب قيم التجربة الغفل للعينة أو الكاشف المستخدم.
د. عدم استخدام معامل امتصاص صحيح.
هـ. إهمال أو استخدام معامل تخفيف غير صحيح.
و. عدم الانتباه عند الانتقال من مدي قياس إلى مدى قياس آخر.

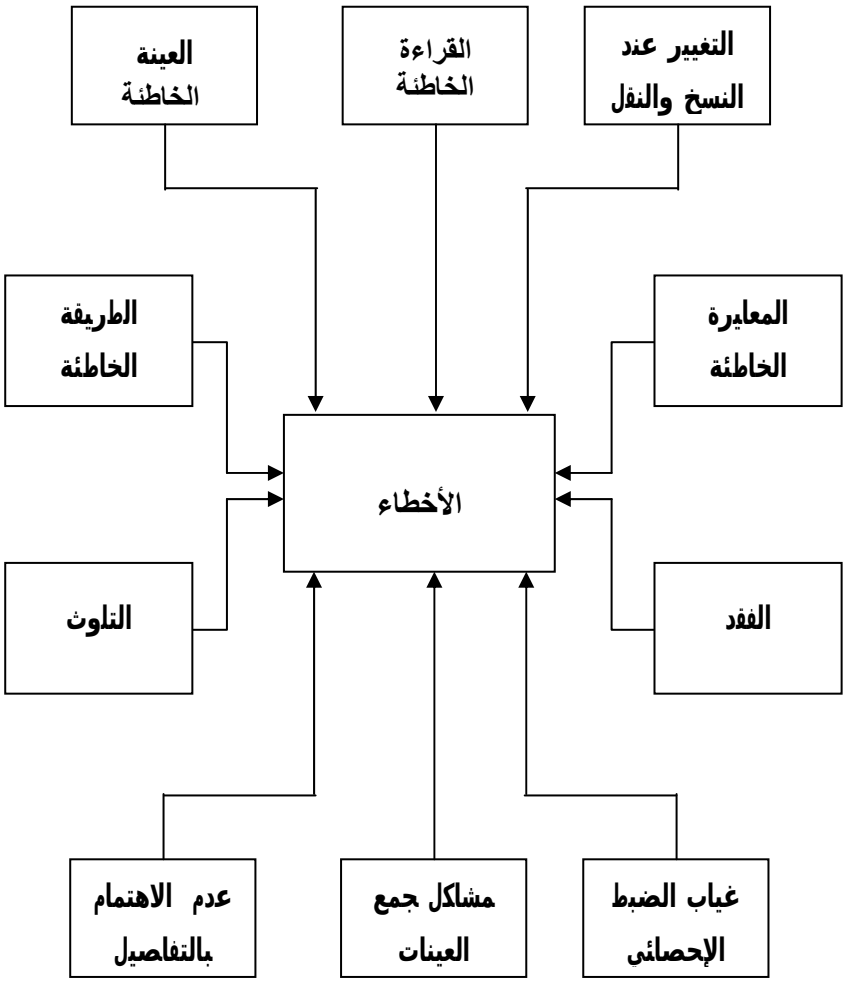
١٨. أخطاء أثناء نقل القراءات:

أ. الخطأ فى تصنيف القراءات وخلطها.
ب. أخطاء نقل (قراءات غير صحيحة – قراءات غير كاملة).

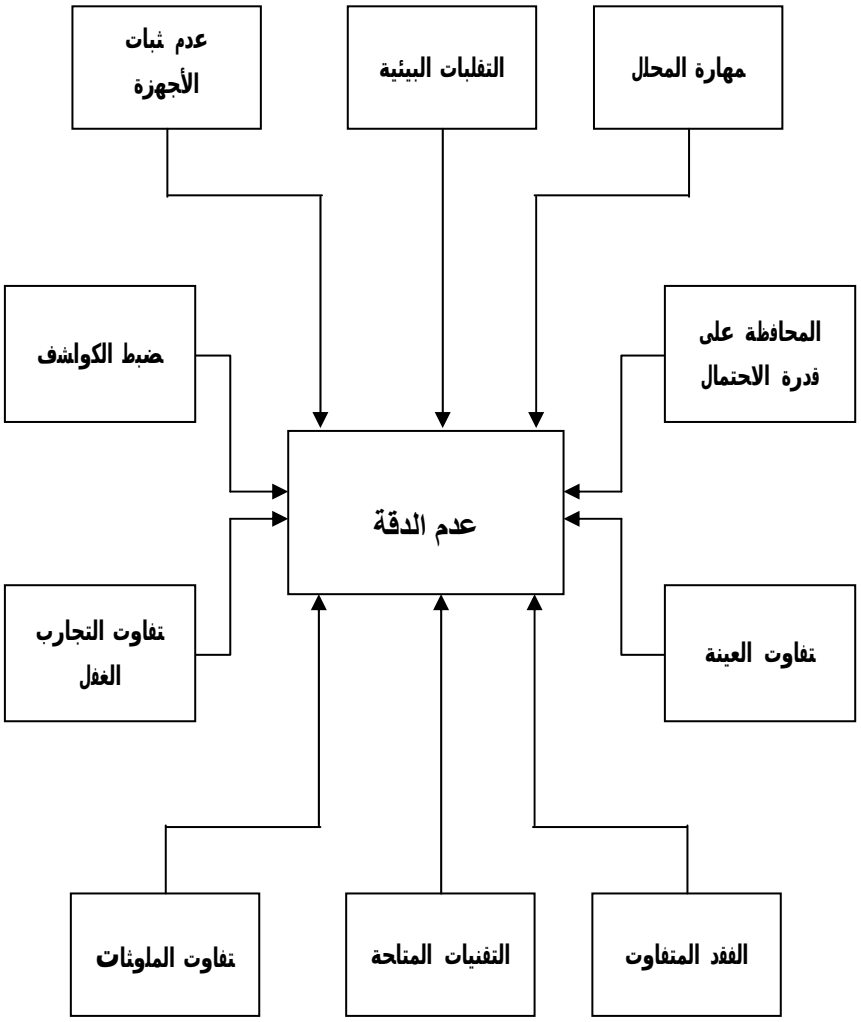
١٩. أخطاء عند تسجيل النتائج:

أ. استبعاد أخطاء العينة.
ب. عدم اتخاذ إجراءات ضبط وتأكيد الجودة.
ج. استبعاد الحالات خارج مدى الضبط.

وتبين المخططات التالية فى الأشكال رقم (١٠-٢)، (١٠-٣)، (١٠-٤)، (١٠-٥) بعض مصادر الخطأ فى التحاليل الكيميائية:

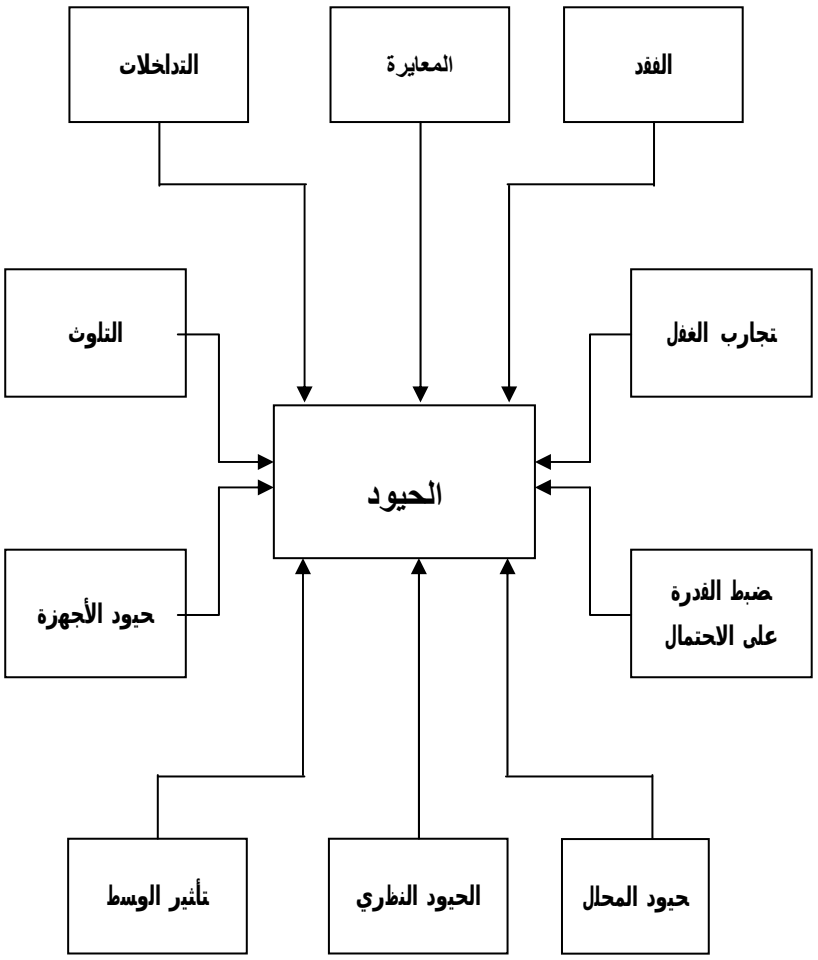


شكل رقم (١٠-٢)
مصادر بعض الأخطاء فى القياسات

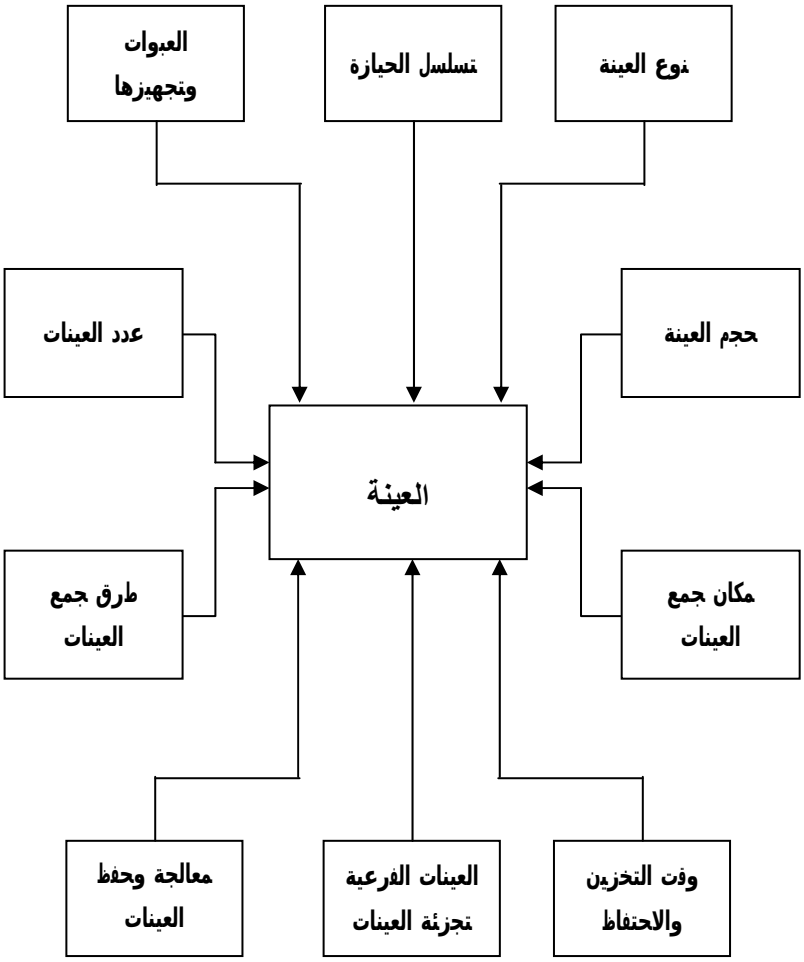


شكل رقم (١٠-٣)

بعض مصادر عدم دقة النتائج (Inaccuracy)



شكل رقم (١٠-٤)
مصادر الحيود فى القياسات



شكل رقم (١٠-٥)
المحاور المتعلقة بإعداد خطة أخذ العينات

الفصل الحادى عشر

ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

الفصل الحادى عشر

ضبط جودة تحاليل مياه الشرب

أهداف التدريب (التعلم):

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

- يذكر الأنشطة التى تستخدم لإعطاء الثقة فى جودة النتائج.
- يشرح أهمية استخدام طريقة الإضافة القياسية المعروفة كجزء من خطة ضبط الجودة.
- يبين أهمية رسومات الضبط البيانية فى مراقبة جودة القياس ويعرف الحدود التحذيرية والحدود الضابطة.
- يذكر أنواع رسومات الضبط ومشتملات كل نوع منها.
- يحدد استخدامات رسومات الضبط البيانية ويقوم بتفسيرها.
- يذكر الحالات الخارجة عن نطاق الجودة فى رسوم X ورسوم R

ضبط الجودة Quality Control

ضبط الجودة هى أفعال تستخدم لإعطاء الثقة فى جودة النتائج وتشتمل على:

١. إجراء تجارب غفل (Blank).
٢. قياس متكرر (Replicate).
٣. تحليل عينة عمياء (Blind).
٤. تحليل عينات مضاف إليها تركيزات معلومة (Spike).
٥. إصدار رسوم الضبط البيانية بنوعية التحاليل (Control Charts).
٦. استخدام عينات مرجعية (Reference Materials).

يجب أن تكون هذه الإجراءات محددة بوضوح فى دليل الجودة للمعمل. ويعتمد مستوى ضبط الجودة على طبيعة التحاليل ودوريتها وحجم العمل. وتستخدم من أجل ذلك عينات ضبط الجودة.

عينات ضبط الجودة هى عينات مثالية ذات درجة عالية من الثبات ومتاحة بكميات للتحليل على فترات زمنية ممتدة. وخلال هذه الفترة فإن التفاوت فى أداء الطريقة المستخدمة يمكن رصده بقياس القيمة المحددة للعينة المستخدمة فى ضبط الجودة وعادة باستخدام رسم بيانى.

يجب أن يكون المستوى الذى يتبناه المعمل كافيا لضمان تطبيق النتائج وكدليل فإن مستوى ضبط الجودة المثالى فى التحاليل الروتينية يجب ألا يقل عن 5% من العينات التى يجري تحليلها وهذا يعنى استخدام عينة ضبط جودة لكل ٢٠ عينة يجرى تحليلها وقد تتطلب ظروف أخرى استخدام ٥٠% من العينات الضابطة.

يجب على المعمل أن يراقب أداءه طبقا لمتطلباته الخاصة ووفقا لمشاركته فى اختبارات الكفاءة الذى ينظم بصورة دورية. وهذا الاختبار يساعد فى إلقاء الضوء ليس فقط على تكرارية الأداء بين المختبرات ولكن أيضا فى الكشف عن الأخطاء المنتظمة مثل الحيود.

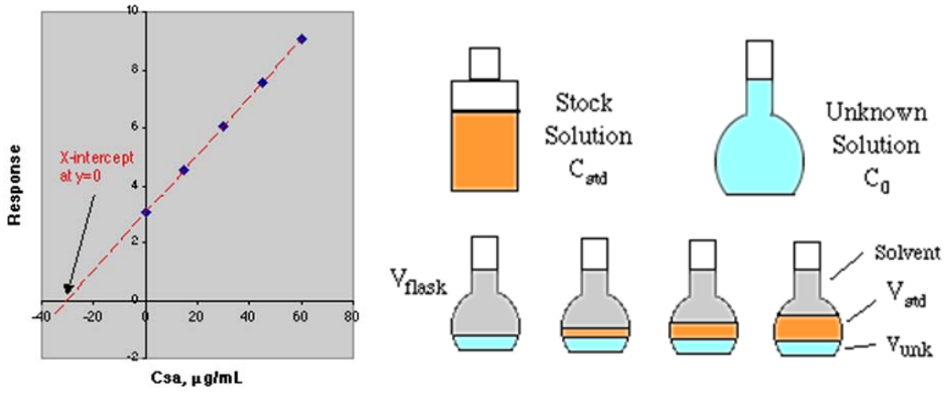
تعرف جهات الاعتماد مدى أهمية هذه الاختبارات وتشجع بشدة المختبرات فى الاشتراك فى هذه الاختبارات كجزء مكمل فى خطط تأكيد الجودة. وإنه من المهم مراقبة نتائج اختبار الكفاءة كوسيلة لمراجعة تأكيد الجودة واتخاذ الإجراءات الضرورية، وقد تحدد جهات الاعتماد الاشتراك فى اختبارات بعينها كمطلب فى عملية الاعتماد.

خطة ضبط الجودة

تتطلب خطة ضبط الجودة مراعاة وتوفير ما يلى:

- يجب على المحلل أن يبرهن فى هذه الخطة على قدرته فى إجراء أنواع التحاليل التى يجريها ودقة النتائج التى يحصل عليها. وفى معظم التحاليل فإن إثبات دقة محلل واحد وعدم جيود نتائجه يعتبر كافيا.

- استخدام حصيلة تجربة الإضافة المعروفة (Known Addition, Spiking) الموضحة فى الشكل رقم (١١-١) كجزء من الخطة المنتظمة للتحاليل. ويجب أن تكون الإضافات المعروفة على الأقل ١٠% من عدد العينات. واستخدام محاليل مركزة حيث لا تغير كثيرا فى الحجم.



شكل رقم (١١-١)
طريقة الإضافة القياسية

- استخدام عينة ضبط الجودة (QCs) وهى محلول من المادة المراد تحليلها معروفة التركيز على وجه اليقين وتستخدم مع جزء من عينة غفل حقلية أو وسط العينة المراد تحليلها ويحصل على ضبط الجودة هذه خارج المختبر وهى مختلفة عن المحاليل القياسية المستخدمة فى المعايرة. وتستخدم لمراجعة أداء المختبر مع مادة اختبار محضرة خارجيا وهى كافية لضبط كل مصادر الخطأ.

- كاشف مختبر غفل (Blank) وهى كمية من الكاشف ذو وسط مائى أو وسط آخر تعامل بنفس الطريقة التى تعامل بها العينات وتستخدم التجربة الغفل لتقدير ما إذا كانت هناك تداخلات من وسط العينة أو تداخلات أخرى موجودة فى بيئة المعمل ناشئة عن الأجهزة أو الكواشف المستخدمة.

استخدام عينتين مختبرتين وهما جزأين فى نفس العينة تؤخذان بواسطة المختبر وتحللان منفردتان باستخدام نفس طريقة العمل وهذه التحاليل تظهر مدى الدقة والتكرارية المصاحبة لطريقة عمل المعمل ولا تدل على طرق جمع وحفظ وتخزين العينات.

رسومات الضبط البيانية Control Charts

استخدام رسومات الضبط البيانية.

تعتبر رسومات الضبط البيانية من أهم الوسائل لمراقبة جودة القياس فى المعمل. ورسومات الضبط البيانية هى طريقة مرئية للمراجعة وإثبات أن الطريقة المستخدمة منضبطة إحصائيا وكذلك فى إعادة عملية القياسات ولتشخيص مشاكل القياس. بالإضافة إلى ذلك فإنها تستخدم لإظهار وجود الانحراف (أو غياب الانحراف) والدقة وحدود التمييز. وغالبا تستخدم رسومات (X) ورسومات (R) ورسومات (D) و رسومات (ŕ). ويمكن الاكتفاء باستخدام نوع واحد من عينات ضبط الجودة ونوع واحد من رسومات الضبط البيانية.

يعتبر الاستخدام العرضي للمواد المرجعية طريقة غير موضوعية لضبط كفاءة وجودة النتائج ؛ لذلك فإنه من الأفضل عمل تحاليل دورية ومنتظمة للمواد المرجعية واستخدام نتائجها في الحصول علي رسومات الضبط البيانية. وهذا ما يسمى بنظام ضبط الكفاءة الداخلي. ويسمح نظام ضبط الكفاءة الداخلي باتخاذ قرارات موضوعية لكي تحدد ما إذا كانت هذه النتائج مقبولة أم لا.

تعتبر هذه الرسومات من أهم الوسائل للمتابعة والتأكد من جودة القياسات المعملية وهى طريقة مرئية لمراجعة العمليات التحليلية وإثبات أنها منضبطة إحصائياً ويتم الحصول على هذه الرسومات باستخدام مواد مرجعية أو قياسية وإجراء تحاليل دورية ومنتظمة لها واستخدام الأشكال الناتجة فى متابعة جودة التحاليل.

ورسوم الضبط البيانية تمثيل بياني يبين العلاقة بين نتيجة تحليل العينة المرجعية أو القياسية على أحد المحورين ورقم أو زمن القياس على المحور الآخر ومن هذا الشكل يظهر مستويات من النتائج تدور حول قيم مركزية مثالية وهذه المستويات تعرف بالحدود التحذيرية والحدود الضابطة.

القيم الضابطة Control Value:

هى قيم لتركيزات من مواد مرجعية توقع على رسومات الضبط البيانية.

قيم الاستجابة Response Value:

هى قيم عملية تنتج من القياسات وقد تكون قيم امتصاص أو انبعاث أو جهد ناتجة من الاستجابة للمادة المرجعية المستخدمة.

خط الضبط Control Line:

هى قيم للعينات الضابطة.

الحد التحذيري Warning Limit:

وهذا الحد قد يكون علوياً (upper) أو سفلياً (lower) حيث يبين احتمال وجود ٩٥% من القيم الضابطة داخلة وهذه القيم تمثل ± ضعف الحيود القياسي (standard deviation).

الحد الضابط (Control Limit):

ويطلق عليه أيضاً حد الفعل (Action Limit) وهذا الحد قد يكون علوياً أو سفلياً، ويبين احتمال وجود ٩٩.٧% من القيم الضابطة داخله وهو يمثل ± ثلاثة أمثال الحيود القياسي.

أنواع رسومات الضبط يمكن استخدام أنواع مختلفة من رسوم الضبط وهي:

١. رسم الضبط للمتوسط ($\overline{X}$ – chart)
٢. رسم الضبط للمدى (R-chart).
٣. رسم الضبط للاسترجاع (D-chart).
٤. رسم الضبط للمدى النسبي (r-chart).

رسم الضبط للمتوسط ($\overline{X}$ – chart) **ويشمل:**

يوضح الشكل رقم (١١-٢) رسم الضبط للمتوسط

(١) خط الضبط (CL) هي قيمة المادة المرجعية أو العينة الضابطة ذات التركيز المعلوم

(٢) حد التحذير (WL) وهى = $CL \pm 2\ S_x$

(٣) حد الضبط (AL) وهى = $CL \pm 3\ S_x$

(٤) قيمة الاستجابة وهى قيم X لكل مجموعة من النتائج

(٥) ويمثل بالشكل الآتي:

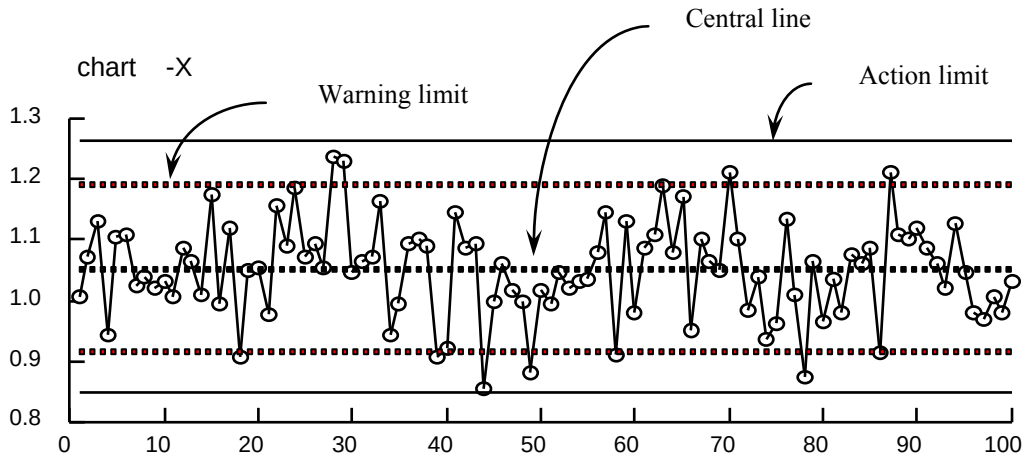
حد الضبط العلوي (AL) ——————

حد التحذير العلوي (WL) ——————

خط الضبط (CL) - - - - - - - - - - - - - -

حد التحذير السفلي (WL) ——————

حد الضبط السفلي (AL) ——————



شكل رقم (١١-٢)

رسم الضبط للمتوسط

رسم الضبط للمدى (R-chart) ويشمل:

يوضح الشكل رقم (١١-٣) رسم الضبط للمدى كما يلى:

(١) خط الضبط (CL) وهى الفرق بين أعلى وأقل نتيجة لعينة ضابطة أو مادة مرجعية مقاسة فى كل مجموعة $R = d_2 S_w$

(٢) حد الضبط العلوي UAL $D_4 * R$

(٣) حد الضبط السفلي LAL $D_3 = zero$

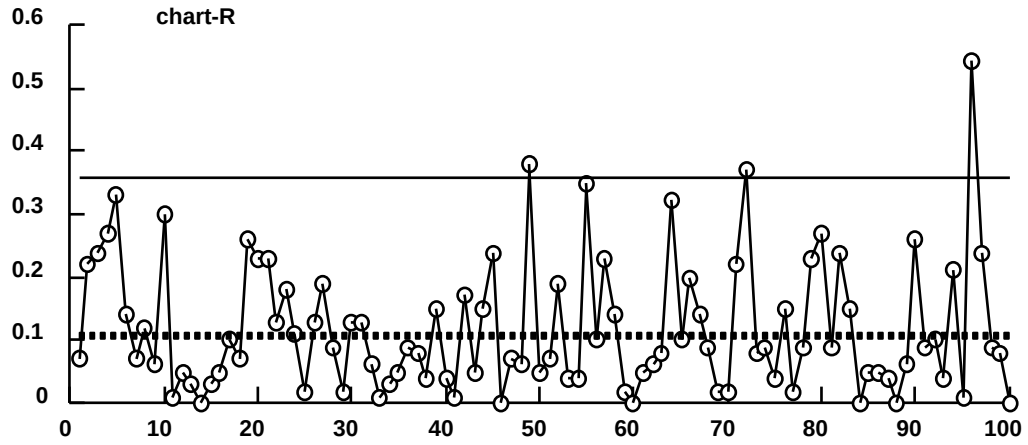
(٤) قيم الاستجابة وهى قيمة R لكل مجموعة

(٥) ويمثل بالشكل الآتي:

حد الضبط العلوي UAL ————————

حد الضبط (CL) ————————

حد الضبط السفلي (LAL) ------صفر------



شكل رقم (١١-٣)

رسم الضبط للمدى

رسم الضبط للمتوسط

رسم ضبط الاسترجاع (D-chart) وتشمل:

(١) خط ضابط (CL) وهو متوسط الفرق بين قيمة الاستجابة لعينة طبيعية قبل وبعد إضافة كمية معلومة من المادة القياسية (spiked)

(٢) حد التحذير (WL) $CL \pm 2S_x$

(٣) حد الضبط (AL) $CL \pm 3S_x$

(٤) قيم الاستجابة هو الفرق بين قيمة استجابة العينة قبل وبعض إضافة كمية معلومة من المادة القياسية

رسم ضبط المدى النسبي (r-chart) وتشمل:

متوسط النسبة المئوية للمدى النسبي (r) لعينة طبيعية ثابتة مقاسة ضمن مجموعة:

$$r = \frac{R \times 100}{\overline{X}}$$

١. حد الضبط العلوي $D_4 * \bar{r}$

٢. حد الضبط السفلي $D_3 = 0$

٣. قيم الاستجابة وهى قيمة r لعينة طبيعية ضمن التشغيلة

جدول رقم (١١-١)

القيم الإحصائية لكل من D, d

عدد التحاليل المتكررة فى كل تشغيله	الخط الضابط d_2	حد الضبط السفلي D_3	حد الضبط العلوي D_4
٢	١.١٢٨	صفر	٣.٢٦٧
٣	١.٦٩٣	صفر	٢.٥٧٥
٤	٢.٠٥٩	صفر	٢.٢٨٢
٥	٢.٣٢٦	صفر	٢.١١٥

مثال:

عند إجراء ضبط الجودة للأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) أجريت القياسات الآتية على عينة قياسية تحتوى على ٥٠٠ ملليجرام أكسجين / لتر. بين رسم الضبط للمتوسط الحسابي (X-chart) ورسم الضبط للمدى (R-chart).

جدول رقم (١١-٢)

نتائج تجربة الجودة للأكسجين الكيميائى المستهلك

رقم التشغيلة	التكرارية		المدى (R)	المتوسط ($\overline{X}$)
	تجربة (١) X_1	تجربة (٢) X_2		
١	٤٩١	٤٩٣	٢	٤٩٢.٠
٢	٤٩٧	٤٩٧	صفر	٤٩٧.٠
٣	٤٩٨	٥٠١	٣	٤٩٩.٥
٤	٤٩٢	٤٨٥	٧	٤٨٨.٥
٥	٤٩٨	٤٩٣	٥	٤٩٥.٥
٦	٥١٠	٥٠٨	٢	٥٠٩.٠
٧	٥٠٦	٥١٢	٦	٥٠٩.٠
٨	٤٩٢	٤٨٧	٥	٤٨٩.٥
٩	٤٩١	٤٨٨	٣	٤٨٩.٥
١٠	٤٩٧	٥٠٣	٦	٥٠٠.٠
١١	٥٠٠	٤٩٤	٦	٤٩٧.٠
١٢	٥٠٦	٥١١	٥	٥٠٨.٥
١٣	٥٠٦	٥٠١	٥	٥٠٣.٥
١٤	٤٨٧	٤٩٧	١٠	٤٩٢.٠
١٥	٤٩١	٤٩١	صفر	٤٩١.٠
١٦	٥٠٠	٤٩٩	١	٤٩٩.٥
١٧	٤٩١	٥٠٧	١٦	٤٩٩.٠
١٨	٤٩٥	٤٩٨	٣	٤٩٦.٥
١٩	٥٠٢	٥٠٠	٢	٥٠١.٠
٢٠	٤٩٥	٤٩٢	٣	٤٩٣.٥
متوسط المدى	$\overline{\overline{R}}$		٤.٥	
متوسط	$\overline{\overline{X}}$			٤٩٧.٥

الإجابة:

يحسب الحيود القياسي (S_x) من المعادلة:

$$S_x^2 = \sum (X - \overline{X})^2 / (n-1)$$

$$S_x^2 = 43.4$$

$$S_x = 6.59 \text{ mgO}_2\text{/L}$$

$$\overline{X} = 497.5 \text{ mgO}_2\text{/L}$$

(أ) رسم الضبط للمتوسط - ($\overline{X}$ chart)

حد التحذير العلوي = $\overline{X} + 2S_x$

= ٤٩٧.٥ + (٢ × ٦.٥٩) = ٥١٠.٧ ملليجرام/م^٣

حد التحذير السفلي = $\overline{X} - 2S_x$

= ٤٩٧.٥ – (٢ × ٦.٥٩) = ٤٨٤.٣ ملليجرام/م^٣

حد الضبط العلوي = $\overline{X} + 3S_x$

= ٤٩٧.٥ + (٣ × ٦.٥٩) = ٥١٧.٣ ملليجرام/م^٣

حد الضبط السفلي = $\overline{X} - 3S_x$

= ٤٩٧.٥ – (٣ × ٦.٥٩) = ٤٧٧.٧ ملليجرام/م^٣

(ب) رسم الضبط للمدى:

حيث أن $\overline{\overline{R}}$ = ٤.٥

فإن خط الضبط = ٤.٥

الحد الضابط العلوي = $D4 \times \overline{R}$ = ١.١٢٨ × ٤.٥ = ٥.٠٨

الحد الضابط السلفي = D3 = صفر

مثال ٢

عند قياس مستوى النترات فى عينات مياه طبيعية أجريت القياسات على العينات قبل وبعد إضافة تركيز معلوم مقداره ٠.٥ ملليجرام/لتر وتم الحصول على النتائج الآتية. بين رسم الاسترجاع الضبطى لهذا التحليل.

جدول رقم (١١-٣)

نتائج تجربة الجودة للأكسجين الكيميائى المستهلك

رقم التشغيله	القراءة المباشرة (X)	القراءة بعد إضافة التركيز المعلوم	قيمة الاسترجاع $\overline{D}$
١	٤.٢١٥	٤.٧٠٠	٠.٤٨٥
٢	٦.٣٣٣	٦.٨٥٠	٠.٥١٧
٣	٨.٥١٤	٩.١١٣	٠.٥٩٩
٤	٩.٢١٠	٩.٨٠٢	٠.٥٩٢
٥	٥.٤١٣	٥.٩٢٠	٠.٥٠٧
٦	٦.٥٩٥	٧.٠١٥	٠.٤٢٠
٧	٨.٢٣١	٨.٨١٢	٠.٥٨١
٨	١٨.٣٠٤	١٨.٨١٣	٠.٥٠٩
٩	١٦.٥١١	١٧.١٠٥	٠.٥٩٤
١٠	٢٠.٢٢٢	٢٠.٧١٩	٠.٤٩٧

الخط الضابط $\overline{\overline{D}}$ =٠.٥٣٠

الحد التحذيري العلوي = $\overline{\overline{D}} + Sx$

الحد التحذيري السفلي = $\overline{\overline{D}} - 2S_x$

رسم الضبط للمدى النسبي (r-chart):

مثال:

من النتائج القياسات التى أجريت على عينات طبيعية محتوية على الفوسفات كما هو مبين بالجدول رقم (١١-٤)، بين رسم الضبط النسبي.

جدول رقم (١١-٤)

لنتائج القياسات التى أجريت على عينات طبيعية محتوية على الفوسفات

رقم التشغيلة	القراءة الأولى X_1	القراءة الثانية X_2	المدى R	المتوسط $\overline{X}$	r,%
١	٣.١٢	٣.٦١	٠.٤٩	٣.٣٦	١٤.٦
٢	٤.٥٥	٤.٨٦	٠.٣١	٤.٧١	٦.٦
٣	٥.١١	٥.٠٠	٠.١١	٥.٠٦	٢.٢
٤	١١.٢٢	١٠.٩٠	٠.٣٢	١١.٠٦	٢.٩
٥	٧.٢٥	٧.٣٨	٠.١٣	٧.٣٢	١.٨
٦	١٠.٣١	١١.١٠	٠.٧٩	١٠.٧١	٧.٤
٧	١.٩	٢.٣٠	٠.٤٠	٢.١٠	١٩.٠
٨	٢٧.١١	٢٥.٩١	١.٢٠	٢٦.٥١	٤.٥
٩	١٤.١٦	١٥.٢١	١.٠٥	١٤.٦٩	٧.١
١٠	١٥.٥	١٦.٦٢	١.١٢	١٦.٠٦	٧.٠

الإجابة

يحسب المدى والمتوسط للقراءات ثم تطبق المعادلة

$$r,\% = \frac{R}{\overline{X}} \times 100$$

الخط الضابط (CL) للمدى $= \overline{r}$ = ٧.٣

الحد التحذيري العلوي = D4 x $\overline{r}$

= ٣.٢٦٧ × ٧.٣ = ٢٣.٨٥

الحد التحذيري السفلي = D3 = صفر

تقييم رسومات ضبط الجودة:

رسوم $\overline{X}$:

تعتبر الحالات الخارجة عن نطاق ضبط الجودة هى الحالات التى يكون فيها:

١. قيمة واحدة تقع خارج حدود الضبط.

٢. سبعة قيم متتابعة متزايدة أو متناقصة على جانب واحد من الخط المحوري.

٣. قيمتان من ثلاثة قيم متتابعة تقعان خارج حدود التحذير.
٤. عشرة قيم من إحدى عشر قيمة متتابعة على جانب واحد من الخط المحوري.

رسوم $\overline{R}$:

تعتبر الحالات الخارجة عن نطاق الجودة هى الحالات التى يكون فيها:

١. قيمة واحدة تقع فوق حد الضبط العلوى.
٢. سبعة قراءات متتابعة متزايدة أو متناقصة فوق الخط المركزى.

وبذلك فلو أن قيمة واحدة على الأقل وقعت خارج حد الضبط العلوي وجب إعادة حساب كل القيم ويراعي أن الزيادة أو النقصان المنتظم للمدى يدل على خلل بنظام صيانة الأجهزة أو تقادم الكواشف المستخدمة.

ويجب عند تقييم رسومات الضبط ألا ينظر المرء فقط إلى حالات الضبط ولكن أيضاً عن أى تطور فى مواقع النقاط على الرسم ليتخذ التدابير الكافية قبل أن تظهر حالات الخروج عن حدود الضبط فالزيادة المضطردة ولو داخل حد الأمان وكذلك التذبذب الحاد بالزيادة والنقصان يمكن أن يؤديا إلى حالات خروج عن حدود الضبط.

إستخدام وتفسير رسومات الضبط البيانية

استخدام يومي:

الاستخدام اليومي لهذه الرسومات يتم إما عن طريق المحلل نفسه أو عن طريق من هو مكلف بالتحقق من صحة النتائج.

استخدام على فترات زمنية:

يتم فحص رسومات الضبط البيانية على فترات زمنية متباعدة وذلك بواسطة مدير الجودة وذلك للكشف عن التوزيع العشوائي ومقدار الخطأ العشوائي فى النتائج. وكذلك اكتشاف عما إذا كان هناك ميل أو تغيير فى اتجاه النتائج. كما

يتم اختيار خواص الأداء مثل حد القياس ومقياس الضبط ومقدار الدقة والحيود.

عينات الجودة الضابطة

يمكن استخدام أنواع مختلفة من العينات الضابطة (جدول ١١-٥) والتى تستخدم قيم نتائجها على رسومات الضبط البيانية للجودة وهذه العينات هى:

١. النوع الأول (I):

عينة تخليقية أو مرجعية معلومة التركيز ويستفاد من استخدامها فى تحديد المدى والحيود القياسي والدقة والمتوسط وعند استخدامها لتحديد المدى (R) فإنها تدل على مدى الخطأ العشوائي. وعند استخدامها لتحديد المتوسط فإنها تدل على مدى الخطأ المنتظم وتستخدم فى إعداد رسم ضبط المتوسط (X-chart) ورسم ضبط المدى (R-chart).

٢. النوع الثاني (II):

عينة طبيعية غير معلومة ومتغيرة التركيز يمكن اختيارها من بين العينات الواردة للمعمل للتحليل. وتستخدم فى إعداد رسوم ضبط المدى النسبي (r-chart) .

٣. النوع الثالث (III):

عينات طبيعية يمكن اختيارها من بين العينات الواردة للمعمل للتحليل وتقاس قبل وبعد إضافة تركيز معلوم من مادة قياسية لنفس العنصر المراد قياسه وتستخدم فى رسم الضبط للاسترجاع الضبطي (D-chart).

٤. النوع الرابع (IV):

عينات غفل (blank) تستخدم عندما يكون العنصر المراد قياسه غير ثابت ويتغير تركيزه مع الوقت ويستفاد من هذه العينات فى تحديد مدى التمييز (Limit of Detection) وتستخدم هذه العينات فى إعداد رسم الضبط للمدى (R-chart) للتجارب الغفل.

٥. النوع الخامس (V):

عينات طبيعية غير ثابتة كيميائياً وغير معلومة التركيز ويمكن اختيارها من بين العينات الواردة إلى المعمل للتحليل وتستخدم فى إعداد رسم الضبط للمدى النسبي (r-chart)، ويبين الجدول رقم (١١-٥) نوع العينات المستخدمة فى إعداد رسومات ضبط الجودة المختلفة كما يبين الجدول رقم (١١-٦) المواد الكيميائية المستخدمة كعينات الضبط.

جدول رقم (١١-٥)

استخدام العينات الضابطة فى إعداد رسومات الضبط البيانية

أنواع رسومات الضبط	نوع العينة الضابطة المستخدمة				
	I	II	III	IV	V
رسم الضبط المتوسط ($\overline{X}$ – chart)	√			√	
رسم الضبط للمدى (R-chart)	√			√	
رسم الضبط للاسترجاع (D-chart)			√		
رسم الضبط للمدى النسبي (r-chart)		√			√

ويشمل ضبط الجودة الداخلي على قياسات منتظمة على عينات ضبط وإدخال قيم الضبط على رسومات الضبط وتعرف عينات الضبط بأنها عينات تستخدم لغرض ضبط الجودة الداخلي وتخضع لنفس طرق القياس التى تستخدم مع عينات الاختبار.

وتستخدم عينة ضابطة كل ٢٠ عينة من عينات الاختبار على الأقل.

جدول رقم (١١-٦)
المواد الكيميائية المستخدمة كعينات الضبط

نوع القياس	العنصر المقاس	المادة القياسية المستخدمة
النوعية العامة للمياه	الرقم الأيدروجينى	$KH_2PO_4 + Na_2HPO_4.2H_2O$
	التوصيل الكهربي	KCl
	العكارة	فورمازين Formazine
	الجسيمات الصلبة العالقة	كاولين Kaolin
	الأكسجين المذاب	هواء مضغوط
الملوثات غير العضوية		مواد قياسية
الأملاح المذابة	كالسيوم	$CaCl_2.2H_2O$
	ماغنسيوم	$MgSO_4.7H_2O$
	صوديوم	NaCl
	بوتاسيوم	KCl
	كلوريد	NaCl
	فلوريد	NaF
	كبريتات	Na_2SO_4
	القلوية	Na_2CO_3
المغذيات	أمونيا	NH_4Cl
	نترات	KNO_3
	نيتريت	$NaNO_2$
	نيتروجين كلداهل	Glycine
	ونيتروجين كلي	
	فوسفور	β-Glycerophosphate disodium
	سليكات	$Na_2SiO_3.2H_2O$
مواد عضوية غير محددة	مركبات عضوية غير متطايرة	فيثالات البوتاسيوم الهيدروجينية
	الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD)	فيثالات البوتاسيوم الهيدروجينية
	الأكسجين الحيوي الممتص (BOD)	جلوكوز / حمض جلوتاميك
ملوثات عضوية محددة	كل المركبات العضوية والمبيدات	مواد قياسية

حساب حد التمييز Limit of detection

Criterion of detection (CD) = $t_{0.95}$ (f) $S_{b1,w}$ $\sqrt{(1 + 1/n)}$

Limit of detection (LOD) = 2 CD

حيث:

$t_{0.95}$ قيمة إحصائية من جدول اختبار t

f درجات الحرية (عدد القياسات –١)

$S_{bl,w}$ الحيود القياس داخل التشغيله للتجربة الغفل

n عدد التجارب الغفل المتكررة المستخدمة فى التحليل

مثال

عند تقدير مستوى النيتريت فى عينة مياه تم الحصول على النتائج الآتية للتجربة الغفل:

0.088, 0.064, 0.073, 0.082, 0.079, 0.05

احسب حد التمييز:

الإجابة

$S_{w\ blank}$ = 0.0122 mg/L

$$LOD = 2 \times t_{0.95} \times 0.0122 \sqrt{1 + \frac{1}{2}}$$

= 0.06 mg/L

حساب دقة النتائج Accuracy

يمكن قياس الدقة بحساب الاسترجاع لكل قياس منفرد أومصداقية النتيجة (Trueness):

$$\frac{X}{T} \times 100\ \overline{X}_s$$

أو الانحراف (Bias)

$$\frac{X - T}{T} \times 100$$

حيث:

X القيمة المقاسة

T القيمة الحقيقية

تحسب دقة النتائج من قيم تركيزات العنصر ويمكن التعبير عن مقدار الدقة بقيمة الاسترجاع الأدني والأقصى

Minimum and maximum recovery

$$\text{قيمة الاسترجاع الأدنى} = \frac{\text{أقل قراءة من القياسات} \times ١٠٠}{\text{القيمة الحقيقية}}$$

$$\text{قيمة الاسترجاع القصوى} = \frac{\text{أعلى قراءة من القياسات} \times ١٠٠}{\text{القيمة الحقيقية}}$$

الدقة =

$$= \frac{\overline{X}_s - \overline{X}}{X_{add}} \times 100$$

حيث:

Xs° = العينة المضاف اليها تركيز معلوم

X = العينة بغير اضافات

Xadd = التركيز المضاف

جدول رقم (١١-٧)

نتائج التجربة

رقم التشغيلة	القراءة الأولى (X_1)	القراءة الثانية (X_2)	المتوسط $\overline{X}$
١	١٥٠	١٥٥	١٥٢.٥
٢	١٤٠	١٤٨	١٤٤.٠
٣	١٦٠	١٥٥	١٥٧.٥
٤	١٤٥	١٤٨	١٤٦.٥
٥	١٦٠	١٥٦	١٥٨.٠
٦	١٥٠	١٤٩	١٤٩.٥
٧	١٥٤	١٦٠	١٥٧.٠
٨	١٥٣	١٥٨	١٥٥.٥
٩	١٦٠	١٥٨	١٥٩.٠
١٠	١٥٤	١٥٦	١٥٥.٠

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x_1 - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

$\overline{X}$ = ١٥٣,٥ القيمة الحقيقية = ١٥٥

الاسترجاع = ٩٠,٣ – ١٠٣,٢%

المصداقية = ٩٩,٠%

الحيود القياسى Standard Deviation **الحيود القياسي فى التشغيلة الواحدة (S_w) Within Batch Standard Deviation**

$$S_W = \frac{R}{d_2}$$

$$S_W = \frac{5}{1.128} = 4.43$$

الحيود القياسي بين التشغيلات المختلفة (S_b)
Between Batch Standard Deviation

$$S_b = \sqrt{\left(S_x^2 - S_W^2 / n\right)}$$

جدول رقم (١١-٨)

نتائج التجربة

رقم التشغيلة	القياس الأولى (X_1)	القياس الثانى (X_2)	المدى R	$\overline{X}$	
١	٣٨٠	٣٧٠	١٠	٣٧٥	١.٨
٢	٣٧٥	٣٧٧	٢	٣٧٦	٢.٨
٣	٣٧٢	٣٦٨	٤	٣٧٠	٣.٢
٤	٣٧٤	٣٨١	٧	٣٧٧.٥	٤.٣
٥	٣٦٥	٣٦٥	صفر	٣٦٥	٨.٢
٦	٣٧٧	٣٧٠	٧	٣٧٣.٥	٠.٣
٧	٣٧٢	٣٧٩	٥	٣٧٥.٥	٢.٣

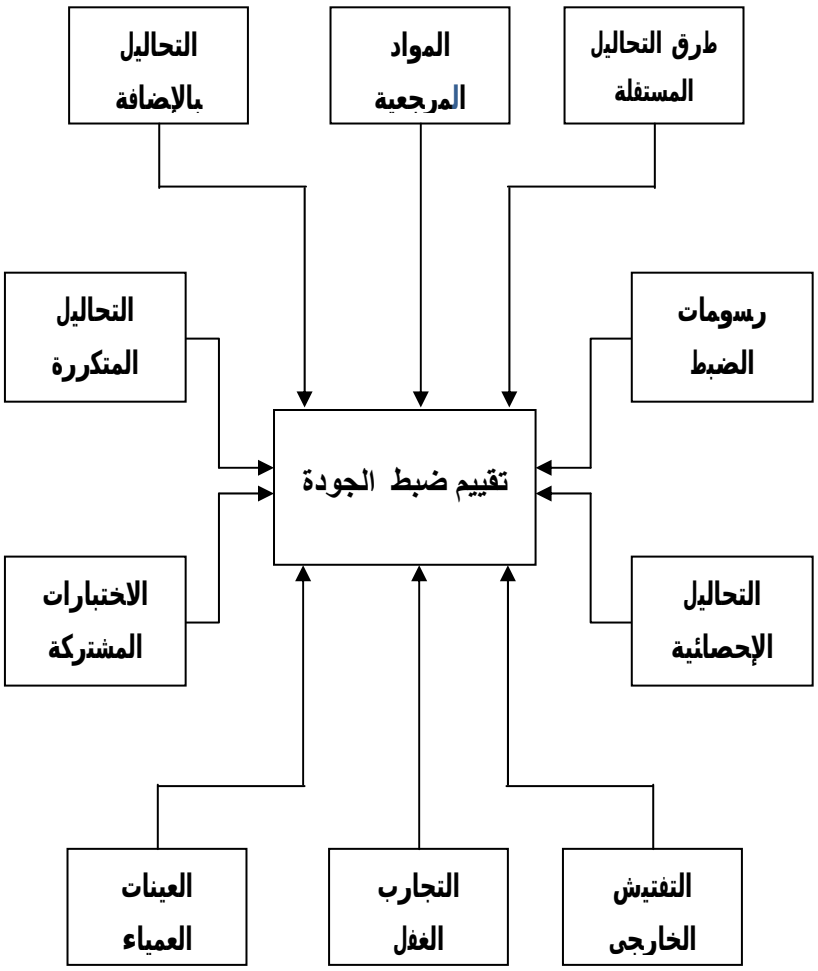
الحيود القياسي المجمع Pooled Standard Deviation

$$S_{pooled} = \sqrt{\frac{\sum (n_i - 1).S_i^2}{\sum (n_i - 1)}}$$

اللا يقين Uncertainty

$$U = t(df) S_{pooled} \sqrt{\left[\frac{n_1 + n_2}{n_1 \times n_2}\right]}$$

ويوضح الشكل رقم (١١-٤) مخطط النظام الشامل لتقييم ضبط الجودة.



شكل رقم (١١-٤)

نظام تقييم ضبط الجودة

الفصل الثانى عشر

تأكيد جودة تحاليل مياه الشرب

الفصل الثانى عشر

تأكيد جودة تحاليل مياه الشرب

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـــى 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 تتوافر 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 التى 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 فى نفسه وفى قدرته على التحليل.
- تعمل على زيادة وتحسين سمعة المعمل.

يشتمل برنامج تأكيد الجودة على العناصر الآتية :

١- أعضاء الهيئة والمستخدمين وتدريبهم (Personnel and Training).
٢- توافر الأجهزة المناسبة ومعايرتها (Equipment Calibration).
٣- صيانة الأجهزة (Equipment Maintenance).
٤- التفتيش والمراجعة للمعمل ((Lab Audit and Review.
٥- 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. لا بد أن يكون مع العاملين تعليمات مكتوبة وواضحة تتعلق بنوعية وأهداف عملهم
٣. لا بد أن تقوم الإدارة بتوفير دورات تدريبية وعملية للعاملين من غير ذوى الخبرة.
٤. لا بد 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 حاصلا على مؤهلات عليا مشابهة مثل (الماجستير أو الدكتوراه فى الكيمياء التحليلية) ويمكن قبول مؤهلات بديلة بواسطة الجهات المانحة للاعتماد عندما يكون العاملين لديهم خبرة واسعة فى المجال أو عندما يكون نطاق العمل فى المعمل محدودا.

يجب أن يكون العاملين من الخريجين لديهم خبرة عامين على الأقل فى مجال التخصص قبل اعتبارهم محللين ذوى 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 تقيمهم 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 والتقنين والفنيين المساعدين المشاركين فى الاختبارات أوالمعايرات و لابد من توافر تعليمات مكتوبة وواضحة تتعلق بنوعية وأهداف عمل كل منهم و الواجبات الإدارية والقيادية و الاحتفاظ بسجلات لكل العاملين الفنيين الثابتين والمتعاقد معهم تشمل. وكحد أدنى تحديد:

  - القدرة فى 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 ملائما للمهمات القائمة أو المتوقعة للمعمل.

ويجب على المعمل ضمان تلقى العاملين فيه التدريب الكافى للأداء 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 إذا كانوا مؤهلين لذلك إذا

أجروا ذلك تحت إشراف 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 للأداء 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 :

- اسم المادة أو الجهاز.
- اسم المصنع وطريقة التعرف والرقم الكودي.
- تاريخ الاستلام وتاريخ الاستخدام.
- موقعه الحالي كلما كان ذلك ملائماً.
- حالته عند الوصول (على سبيل المثال جديد – مستخدم – مجدد).
- تاريخ أية إعطاب أو تعديل أو إصلاحات.
- تعليمات المصنع وإذا كانت متوافرة أو إشارة إلى مكانها.
- تواريخ ونتائج ونسخ من التقارير والشهادات لكل المعايرات والضبط ومعايير القبول والوقت المحدد للمعايرة التالية.
- الصيانة التى أجريت حتى تاريخه وخطة الصيانة.

معايرة وتصحيح أخطاء الأجهزة:

يجب معايرة أجهزة القياس المستخدمة فى المعامل قبل استخدامها وبعده طبقاً لبرنامج محدد. وكجزء من نظام الجودة فإن المختبر مطالب أن 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 فى أخذ العينات يجب مراجعتها للتأكد أنها تفى بمتطلبات المواصفات التى حددها

المعمل وتتوافق مع المواصفات القياسية المعنية ويجب مراجعتها ومعايرتها قبل الاستخدام. ويجب إعداد وتنفيذ برنامج شامل لمعايرة الأجهزة لكي يضمن أن القياسات التى 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 فى 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 وزنيةً عنها حجميةً.

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 فى 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 يأخذه الجهاز ليحيد خارج الحدود المقبولة.

٤. وعندما تكون المؤشرات الفيزيائية حرجة 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 والمعايرات 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 معايرات 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 حالتى 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 تؤدى المعايرات 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 المعايرات والضبط ومعايير القبول والوقت المحدد للمعايرة التالية.
- والتى تتطلب معايرة كجزء من التشغيل العادى يجب معايرتها باستخدام كيماويات 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 فى 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 فى 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 والتى تتطلب معايرة كجزء من التشغيل العادى يجب معايرتها باستخدام كيماويات بدرجة نقاوة معلومة وكافية أو باستخدام مواد مرجعية معروفة التركيب وغالباً فإنه من غير الممكن فى التحاليل الكيميائية معايرة مؤشرات فردية ضمن الطريقة. وفى 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 التى حصل عليها للمادة المرجعية والقيمة الموجودة فى الشهادة الخاصة بها لتحديد دقة النتائج التى 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 التى بحوزته وخصوصا الكبيرة التى 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 معايرات سابقة وأن يعد طريقة عن " ضبط الأعمال غير المتوافقة".

تنظيم وتخطيط أنشطة المعمل

استراتيجية 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 هى دائماً مصدر للخطأ وفى 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 فى أغراض مشابهة. وفى حالة الشك فإن المادة مجال التحليل وأى عينات تؤخذ منها يجب معاملتها دائماً على أنها متباينة.

إن اختيار عينة أو عينات ملائمة من كميات كبيرة من المادة هى مرحلة هامة فى التحاليل الكيميائية. وهى نادراً ما تكون أمراً مباشراً. وفى الحالة المثالية إذا كانت النتائج النهائية ذات قيمة عملية يجب إجراء مرحلة أخذ العينات بواسطة أو تحت إشراف آخذ عينات ماهر ذو دراية بمحتوى التحاليل الكلية وهذا الشخص غالباً ما يكون محللاً أو أحد المدربين المتخصصين فى أخذ العينات. وحيث أنه ليس عملياً الاستعانة بالأشخاص المهرة فى مجرد أخذ العينات فإن المعمل يشجع التعاون مع العميل وإعطائه النصيحة وربما المساعدة العملية للتأكد من أن العينات التى 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 فى العينة مطلوباً.
   - إذا كان توزيع العنصر المراد تحليله فى 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 فى اثنين أو أكثر من الأطوار الفيزيائية فإن توزيع المادة المراد قياسه ربما يتغير فى كل طور وربما كان من الملائم فصل

الطورين ومعامله كل منهما كعينة منفصلة وبالمثل ربما كان من الملائم خلط الطورين معاً والعمل على تجانسهما فى طور واحد. وفى المواد الصلبة ربما يكون هناك تفاوتاً ملحوظاً فى تركيز المادة المراد قياسها إذا كان توزيع حجم الحبيبات للمادة الرئيسية يتفاوت كثيراً خلال فترة زمنية حيث تترسب العينة وربما كان من الملائم قبل أخذ العينة. إذا كان ذلك عملياً خلط المادة للتأكد من أن توزيع حجم الحبيبات يمثل الحقيقة. وبالمثل ربما يتفاوت توزيع تركيز المادة المراد تقديرها فى العينة الصلبة عندما تتعرض أجزاء من العينة لإجهادات مختلفة.

ج. يجب الأخذ فى الاعتبار عند تصميم إستراتيجية أخذ العينات خواص المادة المراد تقديرها وربما كان من المهم الأخذ فى الاعتبار تطاير المادة وحساسيتها للضوء وتأثرها بالحرارة ونشاطها الكيميائي وكذلك اختبار الأجهزة وظروف التعبئة والتخزين. ويجب اختيار الأجهزة المستخدمة لأخذ العينات وطرق تجزئة العينة ونقلها وتحضيرها وحفظها واستخلاصها وذلك لتجنب أية تغيرات غير مقصودة فى طبيعة العينة والتى ربما تؤثر على النتائج النهائية.

يجب أخذ مفهوم الخطأ الوزني أو الحجمي فى الاعتبار عند أخذ العينة وكذلك أية أجهزة تحتاج لمعايرة دقيقة. وربما كان من الملائم إضافة كيماويات 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. ومها 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 غطائه 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 يدلل 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 التى 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 فى الاعتبار الإرشادات السابق ذكرها.

ويجب على المعمل أن يكون لديه إجراءات لتسجيل كل البيانات والعمليات المتعلقة بأخذ العينات والتى تشكل جزءاً من التحاليل التى يجريها وهذه السجلات يجب أن تحتوى على الإجراءات المتبعة لأخذ العينات والتعرف على آخذ العينات والظروف البيئية (إذا كان لها علاقة) والتخطيطات أو الوسائل المكافئة للتعرف على موقع أخذ العينات وإذا اقتضت الضرورة الإحصائيات التى بنيت عليها طرق أخذ العينات.

ويجب أن يكون لدى المعمل إجراءات لنقل واستقبال والتعامل والمحافظة والتخزين والتخلص من العينات متضمناً كل الشروط التى تحافظ على تكامل العينات المختبرة.

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 علي 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 مكملة أو لإجراء المعايرة فى وقت لاحق) يجب على المختبر أن يتخذ إجراءات التخزين والأمان التى تحمى الظروف والتكامل للعينة أو الجزء المعني منها.

استراتيجية التحاليل

١. لابد من استخدام طرق تحاليل موثقة كما لابد أن تحتوي خطوات العمل في هذه الطرق علي المطلوب تطبيقه من خواص الأداء مثل مقياس الضبط (precision) ومقدار الدقة (accuracy) وحد 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.

كفـــــاءة الإدارة والإشراف على تشغيل المعمل

تعرف على أنها نشاطات من خلال فعاليات الإدارة. وهى تحدد سياسة الكفاءة والأهداف والمسئوليات. كما تقوم بالتأكد من تحقيق هذه النشاطات فيما بينها. وتعطى كفاءة الإدارة جودة وتناغم للمعلومة. وتأتى معقولية الجودة من تحقيق نتائج المتطلبات. إن الإشراف الجاد والمراجعة والتفتيش من المظاهر الهامة فى إدارة نظام الجودة فى تشغيل المعامل. والإشراف على تشغيل المعمل يشمل النواحى الفنية والإدارية والتنظيمية وتوفير الاحتياجات والإشراف على التدريب ووضع الخطط وتنفيذ الإستراتيجيات وكذلك التفتيش على جودة الأداء بالمراجعة الدورية على نظام جودة المعمل للتأكد من فاعليته وتطبيقه والالتزام به، والمراجعة والتفتيش على جودة أداء المعمل هى اختبار لفاعلية وكفاءة الإشراف ويجب من إجراء ذلك بصورة دورية للتأكد أن الإشراف المتبع يفي بمتطلبات المعمل ومتطلبات مستويات الجودة. ويجب تناول المراجعة والتفتيش بحيث تتضمن قائمة مراجعة تفاصيل التحاليل والموضوعات الكيميائية بالمعمل والتى يجب فحصها خلال التفتيش على الجودة للتأكد من فاعلية الإشراف.

وعادة تجرى الجهات المانحة للاعتماد تفتيشاً دورياً وفق جدول زمني محدد (عادة يستكمل خلال عام واحد) وإتمام إجراءات التفتيش على نشاطات المعمل للتأكد من أن التشغيل يتم بطريقة تتفق مع متطلبات نظام الجودة العالمى. ويجب أن يتناول برنامج التفتيش كل العناصر الخاصة بنظام الجودة بما فى ذلك النشاطات الاختبارات.

إن مسئولية مدير الجودة للمعمل هى أن يتأكد من استيفاء متطلبات الجودة وأن التخطيط والترتيب للتفتيش يتوافق مع الجدول الزمني الموضوع وكما هو مطلوب من الإدارة. وهذا التفتيش يجب أن يجرى بواسطة أشخاص مدربين أكفاء من داخل المعمل و يكونون مستقلين عن النشاط المراد التفتيش عليه أو أشخاص خارجيين كلما سمحت الموارد المالية بذلك.

وعندما تؤدى نتائج التفتيش إلى شك أو أخطاء فى التشغيل أو فى صلاحية الاختبارات أو النتائج فإن على إدارة المعمل أن تتخذ الإجراءات التصحيحية الفورية والعمل على عدم تكرارها.

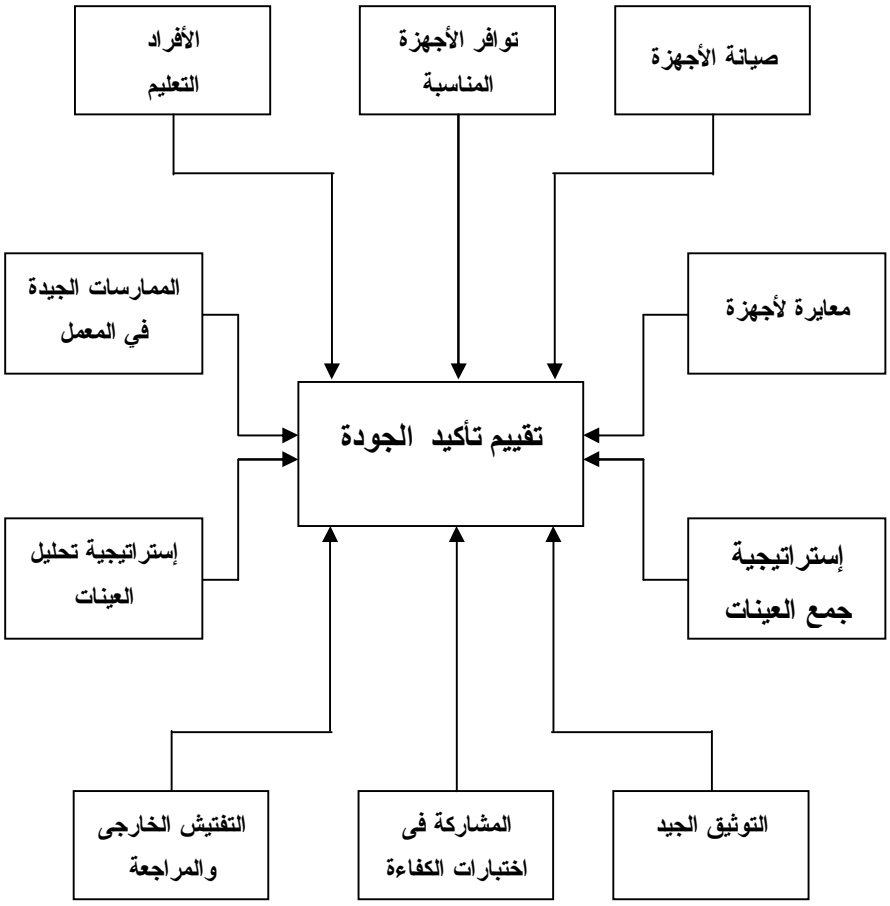
يجب تسجيل مجال النشاط الخاضع للتفتيش والإجراءات التصحيحية المترتبة عليه. وعلى إدارة المعمل أن تتأكد أن هذه الإجراءات التصحيحية قد اتخذت خلال وقت ملائم ومتفق عليه.

وعلى إدارة المعمل بمسئوليتها التنفيذية وبصورة دورية (مرة كل ١٢ شهر) وطبقاً لجدول زمني سبق إعداده وطريقة عمل محددة أن تجرى مراجعة لنظام الجودة ونشاطات الاختبار للتأكد من استمرار ملائمتها وفاعليتها ولإدخال أى تغيرات أو تحسينات ضرورية . ويجب أن تأخذ المراجعة فى الاعتبار التقارير من الرؤساء والقيادات المشرفة ونتائج التفتيش الحديث والإجراءات التصحيحية والوقائية والتقييم بواسطة هيئات خارجية ونتائج المقارنة بين المعامل واختبارات الكفاءة وأية تغير فى حجم ونوع العمل الجاري وردود الفعل من العملاء بما فى ذلك الشكاوى والعوامل الأخرى المتعلقة بالعمل مثل تسهيلات ضبط الجودة والموارد وتدريب الفنيين.

ويجب أن تغذى هذه النتائج نظام التخطيط بالمعمل وأن تحتوى على الأهداف والخطط الإجرائية للعام الذي يليه. ويجب تسجيل ما يمكن أن ينتج من مراجعة الإدارة والإجراءات التى اتخذت وعلى الإدارة أن تتأكد من أن هذه الإجراءات قد صدرت خلال فترة زمنية مناسبة ويجب توافر نسخة من تقرير التفتيش والمراجعة لأخذه فى الاعتبار عند تجديد الاعتماد وتشمل المخططات التالية (شكل رقم ١٢-١) إجراءات إتباع تطبيق نظام الجودة.

التكاليف والميزانية على المعمل أن يعد فى مطلع كل عام دراسة عن احتياجاته المتوقعة من أجهزة وكيماويات وزجاجيات ومستلزمات تشغيل وتكاليف معايرة الأجهزة وقطع غيار وصيانة معدات وتكلفتها المتوقعة وكذلك المكافآت والحوافز

للعاملين والمصروفات الإدارية والاتصالات. وعلى المعمل أن يجرى تقيما لتكلفة كل تحليل لمعرفة إمكانية تقليل التكلفة وترشيد الاستهلاك.



شكل رقم (١٢-١)

نظام الإشراف على تشغيل المعمل وتأكيد جودة الأداء

الفصل الثالث عشر

إدارة المعمل

الفصل الثالث عشر

إدارة المعمل

أهداف التدريب (التعلم):

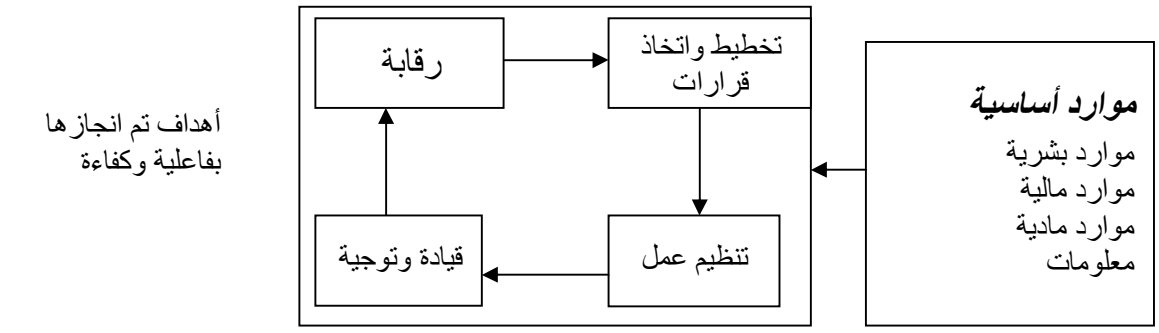
بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل ينبغى أن يكون المتدرب قادراً علـــى أن:

- يعرف العملية الإدارية وأنشطتها الأساسية.
- يشرح ماهو فريق العمل وخواصه وعوامل بناء المجموعة كفريق.
- يذكر صفات الجماعة الفعالة.
- يحدد خطوات اتخاذ القرار وحل مشاكل العمل
- يذكر الإجراءات التى تتضمن اعتماد و إصدار 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 المعملية ويذكر التفاصيل التى يجب أن تتضمنها هذه السجلات.

الإدارة Management

الإدارة عملية مركبة، ابسط تعريف لها هو: مجموعة نشاطات تتعلق بالتخطيط واتخاذ القرارات وتنظيم وقيادة وتوجيه موارد المؤسسة البشرية والمالية والمادية والمعلوماتية، بغرض إنجاز أهداف المؤسسة بأسلوب فعلى وكفء. ومن هنا نفهم أن أهم موارد أى مؤسسة يمكن تقسيمها إلى أربعة : بشرية، مالية، مادية ومعلوماته (تتعلق بالمعلومات). ونورد هنا نموذج لمؤسسات يختلف نشاطها، ولكن لا تختلف فى تمتعها بهذه الأنواع الأربعة من الموارد.

مسئولية المديرين (بغض النظر عن مسميات وظائفهم من مدير عام إلى رئيس مجلس مدينة) هى مربط وتنسيق هذه الموارد لتحقيق أهداف مؤسساتهم (الصناعية – الخدمية – التعليمية – التجارية... إلخ) بفعالية وكفاءة. وبهذا يمكن تلخيص الأمر بشكل بسيط:



المدير Manager

هذا الشخص الذى تكون مهمته الأساسية تنفيذ العملية الإدارية. بالتحديد هو الشخص الذى يخطط ويتخذ القرارات وينظم ويقود ويوجه الموارد البشرية والمالية والمادية والمعلومات.

ويجب أن نوضح أن المهمة الأساسية للمدير كما وضعت لا تعنى أن يقوم بهذا وحدة ، بل بمعارفه مرؤوسين وزملاؤه فى الإدارات الأخرى والعاملين فى المؤسسة بمستوياتهم.

ومن هذا التعريف، أيضا، نستطيع أن نعلق نظره سريعة على عناصر العملية الإدارية وموجز لمحتويات كل عنصر، يتم تناولها جميعاً بالتفصيل من خلال أعمال ومواد الدورة على مدى فترة تنفيذها.

العملية الإدارية The Management Process

عندما نتحدث عن عناصر العملية الإدارية، يجب أن نضع فى أذهاننا أن:

- للإدارة مستويات بمسؤوليات مختلفة فى طبيعتها متفقة فى أهدافها.
- أهداف العمل تتجه جميعها لتحقيق الغرض العام للمؤسسة وإن اختلفت فى صياغتها وأسلوب تنفيذها والأشخاص الذين يصنعونها حسب طبيعة العمل.
- لجميع مستويات الإدارة نصيبها فى مسئولية وضع الأهداف وإيجازها، وتقوم الإدارة العليا بتنسيقها والأشراف على تنفيذها ومتابعتها.

الأنشطة الأساسية للعملية الإدارية

١. التخطيط واتخاذ القرار Planning & Decision Making :

التخطيط يعنى وضع أهداف المؤسسة وتقرير أحسن أساليب إنجازها واتخاذ القرار جزء من عملية التخطيط ويعنى اختيار أساليب العمل والتنفيذ المناسبة لتحقيق الأهداف فالصياغة السليمة لأهداف الخطة، مع اعتبار الموارد المتاحة والمناخ الداخلي والخارجي للمؤسسة، يعنى وضع خطوط واضحة لخطوات العمل التنفيذى الذى يقوم به أعضاء فرق العمل المتخصصة وتوقيتات التنفيذ وتوفير ما يلزم لتنفيذها. وسوف يتم تناول تفاصيل عملية التخطيط (وضع الأهداف واتخاذ القرار) فيما بعد.

٢. التنظيم (تنسيق النشاط والموارد)

Organizing Coordinating Activities & Researches

المرحلة الثانية بعد وضع خطة قابلة للتنفيذ هى مرحلة تنظيم المحلى وتوزيع الموارد المتاحة فى خدمة تنفيذ الخطة. وهنا يتم تجميع الأهداف بتصنيعها وفقا لطبيعة العمل والنشاط وتصنيف الموارد المتاحة وربطها بالأهداف الخاصة بالعمل المطلوب تنفيذه وتوفيرها فى نظام يؤدى لإنجاز الأهداف.

٣. **القيادة (إدارة الموارد البشرية) Leading Managing People**

ومن الوظائف الأساسية للإدارة عملية القيادة وهى عملية إدارة العاملين فى العمل وتوصيلهم لمستوى الأداء الذى يحقق اهتمامات ورغبات المؤسسة. وسوف تتم مناقشة (ديناميكية الجماعة) و(الدافعين والافتتاح) والاتصال كأدوات مهمة فى عملية القيادة وإدارة المجموعات العاملين.

٤. **التوجيه (الرقابة وتقييم النشاط)**

Controlling Monitoring & Evaluating Activities

وهذه المرحلة النهائية فى عملية الإدارة المعنية بمتابعة تقدم المؤسسة نحو إنجاز أهدافها. وهذه العملية يجب أن تؤكد أن المؤسسة تؤدى بأسلوب يؤدى للوصول إلى المحطة النهائية، آي إنجاز أهدافها الموضوعة فى مرحلة التخطيط ووضع الأهداف، ومن خلال إتمام المرحلة التالية لمرحلة التخطيط وقبل التوجيه والرقابة.

فريق العمل

عبارة عن مجموعة من الأفراد العاملين الواجب عليهم أن يعتمدوا على بعضهم البعض لتحقيق أهداف فردية (لتحقيق الذات كعاملين) وأخرى تتعلق بإنتاج المؤسسة التى ينتمون إليها. وهؤلاء الأفراد يجب أن يكون لديهم الإحساس بمسئولية الحفاظ على الفريق كوحدة متآلفة من خلال قيادة تسعى لنفس الغرض. وهناك فارق بين العمل منفرداً والعمل كفرد فى فريق.

فالعمل منفرداً يتيح:

١. حل المشاكل بطريقة الفرد الخاصة والتى يثق بها.
٢. تحكم الفرد بنفسه فى عمله، كضمان لتكريس الجهد.
٣. استخدام الفرد لخبراته الفنية بنفسه دون نقد.
٤. تنمية اتجاهات الالتزام الذاتى والدافعية الذاتية.

والعمل كفريق يتيح:

١. توافر موارد أكثر لأداء العمل وإنجازه.
٢. توافر أفكار مطورة لإثراء الابتكار والإبداع.
٣. تضافر القدرات والجهود تعين على حل المشاكل.

خواص فريق العمل

كما أن هناك فرق عمل فعالة وناجحة، توجد أيضاً فرق عمل غير فعالة ومتعثرة وذلك لأن الأخيرة لا تحافظ على بنائها كمجموعة وتتسم أعمال أعضائها بالفردية، كما أن الخلافات تجد طريقها فى التعامل بين الأفراد ويسود القلق والحساسية مناخ التعامل. وفرق العمل التى تسعى للإنجاز تؤكد على أن يتواجد لديها الخواص المميزة الآتية من أجل أداء فعال:

١. أهداف واضحة ومتفق عليها.
٢. قواعد عمل ومسئوليات واضحة.
٣. جداول زمنية ونظم عمل واضحة.
٤. مرونة وقابلية للتغير فى التطبيق.
٥. الالتزام بفكرة العمل جماعياً كفريق.
٦. تقدير المسئولية الأدبية لمظهر الفريق.
٧. العدد المناسب من الأعضاء.

عوامل بناء المجموعة كفريق:

١. أهداف واضحة ومتفق عليها، أثناء التنفيذ حتى لو حاول البعض الانسلاخ من المجموعة أو الاكتفاء بتحقيق هدف فردى حيث يعود الجميع إلى الهدف الأصلى عند ملاحظة وصول فرد آخر للحل الصحيح.

٢. قواعد عمل ومسئوليات واضحة فيصبح الجميع يعلمون من سيقوم بماذا وما هو المتوقع وما الذى أتوقعه كفرد من الآخرين. وما هى مساهمة الفرد للمجموعة؟ هل يقوم بدور قيادى أم معاون أم يجمع المعلومات؟ ما النشاط الممكن أداؤه؟ يحدث هذا فى الجماعات ذات الفعالية التى يسودها الوضوح فى الأداء.

٣. نظم وقواعد وجداول واضحة تبين كيف نضع أو ننفذ قواعد العمل؟ ما هى معايير التقدم التى تجعلنا نتقدم فى العمل؟ كذلك، كيف يتم الاتصال بين أعضاء الجماعة فى غياب فرصة الكلام بين أعضائها. وكيف تتخذ

القرارات وينظم العمل؟ كل ذلك قد يتم دون مناقشة أو بحد أدنى من النقاش.

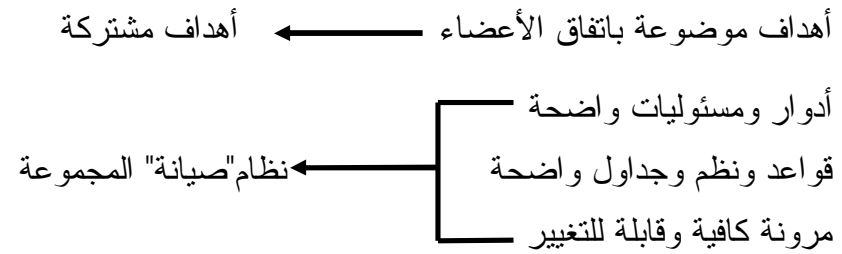
٤. مرونة وقابلية التغير أثناء التطبيق. فقد تصادف المجموعة بعض المشاكل حيث فقد البعض الرؤية الصحيحة لأهداف المجموعة، وقد لا يؤدى البعض مسئولياته والأدوار المتفق عليها ضمناً والبعض الآخر يتجاهل نظم العمل وعنصر الوقت لنجاحهم (المزعوم) فردياً فى تحقيق الهدف. وكل هذا بالطبع يحتاج لنقطة تحول تصحح مسار العمل.

٥. الالتزام بفكرة العمل جماعياً. حيث يلاحظ جميع - أو بعض - أعضاء الجماعة أن عدم المرونة واللجوء للتغيير بسرعة قد يضر بمظهر الجماعة وجوهر عملها كجماعة. ويوضح مبدأ "البناء" أى بناء المجموعة ككيان واحد يدفع هذ البعض - أو الجميع - لكى يسعوا لتحقيق بقاء المجموعة مترابطة وقادرة على إنجاز الهدف من المهمة.

ويمكن أن نلخص خواص الفريق الفعال القادر على البقاء فى ثلاثة صفات جامعة تتضمن ما أشرنا إليه فى بداية الحديث عن المدير الفعال ودوره فى الحفاظ على اتجاهات الاهتمام بأداء المهمة جنباً إلى جنب مع اتجاهات كسب تعاون الأفراد داخل المجموعة ودفعها للعمل.

هذه الخواص يمكن أن نلخصها فى التالى:

- أهداف مشتركة يلتف حولها الأفراد
- نظام لصيانة المجموعة وبقاءها كفريق
- حجم مناسب للمجموعة يضمن التفاعل المطلوب.



أعمال المجموعة:

وفى النهاية نخلص إلى الأعمال التى تساعد على الحفاظ على كيان المجموعة أى ترجمة ما ذكرناه كخواص لفرق العمل إلى أعمال يجب أداؤها لكى يصبح الفريق فعالاً وقادراً على البقاء. وهذه الأعمال هى:

- الاتصالات الجيدة بين أفراد المجموعة.
- عضو الجماعة والدور الوظيفى لهذا العضو.
- القيادة والصلاحيات الممنوحة للأعضاء.
- اتخاذ القرار والأساليب الصحيحة لذلك.
- القواعد السلوكية السائدة داخل الفريق.
- القوى المحركة داخل الجماعة (أقلية - أغلبية).

صفات الجماعات الفعالة:

١. مدى الالتزام بالمهمة:

يتفهم أعضاء الجماعة أبعاد المهمة أو المهام الموكلة إليهم بوضوح ويتقبلونها. وتتم مناقشة الأهداف بحرية وفى مناخ مفتوح وبالتالى يتم تحديدها بوضوح يكفى لأن يجعل الجماعة قادرين على أن يقوموا بتنفيذها وبالتالى إنجازها وإتمام المهمة.

٢. المناخ العام:

يعكس المناخ العام للجماعة عدم وجود أى صورة من صور الشد العصبى والقلق أو الشكليات غير الضرورية فى التعامل. ويكون مناخاً يقبل كل فرد فيه على العمل والمناقشة بلا تحرج أو تخوف من الصدام وشعور عام بالهدوء والارتياح. ولا يلاحظ أى علامة من علامات الملل.

٣. إبداء الاهتمام:

يقدم كل عضو اهتمامه وانتباهه كاملين لكل ما يقوله الأعضاء الآخرين ولا تنحرف المناقشة بالمشاكل المعتادة عن مسارها إلى المهاترات والتقافز من فكرة إلى أخرى بدون رابط. فينصت كل فرد لأفكار الآخرين ولا خوف من النقد أو السخرية من الأفكار المعروضة.

٤. المناقشة وأساليبها:

يساهم كل عضو بالجماعة بنصبة فى المناقشة من خلال شبكة أو شبكة أو تفاصيل المعلومات المتعلقة بالموضوع المطروح دون انحراف عن مسار المناقشة، وإذا حدث وسارت المناقشة بعيداً عن لب الموضوع وبعدت عن إنجاز المهمة، سيوجد من يعيدها عادة إلى مسارها.

٥. حرية التعبير:

يشعر جميع أعضاء الجماعة المشاركين فى النقاش بالحرية فى التعبير عن مشاعرهم وأفكارهم، جميعاً وبالمشاركة. وبالطبع لا تجد من يحاول أن يورط زميل فى حديث أو أن يكون هناك "جدول أعمال سرى" للاجتماع، ويكون واضحاً احترام كل زميل لمشاعر وأفكار زميله.

٦. الخلافات (الصراعات أو الصدامات):

إذا ظهر أى خلاف، تبقى الجماعة هادئة ولا يشعر أحداً بأن تفادى هذا الخلاف ضرورى أو واجب، بل يسعى الجميع لدراسة أسبابه وتوفير الحل المناسب. أما إذا كانت الخلافات جوهرية ولا يمكن حلها جذرياً، فإن الجماعة تتعود على أن تعايشها كواقع ولا تؤثر على آدائها.

٧. النقد البناء:

النقد هنا يظهر بلا حساسية ويكون صريحاً لا يؤدى إلى أى متاعب أو خلافات داخل الجماعة. والنقد هنا يكون أساساً بهدف البناء حيث لا يكون موجهاً إلا لإزالة أحد مصاعب إنجاز مهام الجماعة. وأسلوب النقد يكون موضوعياً ويوفر البديل لما ينقد.

٨. طرق الاتفاق:

عند الوصول إلى إجماع بشأن قرار ما، فهذا يشير إلى أن هناك موافقة عامة على استئناف أعمال الجماعة، إلا أن الجماعة الفعالة لا تنخدع بالإجماع ولكن تضع اعتباراً للأقلية التى لم توافق. وهذه بدورها لا تحاول "الانقلاب" وإرهاب المجموعة بل تساهم للوصول لقرار سليم.

٩. أعمال المجموعة:

تكون المجموعة واعية لطراز أو نمط الأعمال القائمة لتنفيذ المهام. وهى تتوقف لمراجعة وتأكيد حسن الأداء أو رصد المعوقات. وقد تكون المشكلة متعلقة بالإجراءات أو بفرد من المجموعة تعوق سلوكياته مناقشة أهداف الجماعة. وفى أى من الحالتين يظل الأمر مفتوحاً للمناقشة حتى الوصول للحل المناسب.

١٠. القيادة:

القائد أو الرئيس هنا لا يحاول أن يتسيد المجموعة كما أنه لا يخضع لرغبة أعضائها. وأى مراقب لنشاط المجموعة سيلاحظ بسهولة أن القيادة التى يتم تغييرها أو تبادلها على فترات دون تخطيط لذلك فكلما تغيرت الظروف نجد أن القيادة تنتقل وهكذا.

١١. الإجراءات:

كمجموعة فعالة، فإن القرارات تكون مترجمة إلى أساليب وإجراءات تنفيذية ومهام محددة قائمة على أهداف واضحة ومسندة إلى الأفراد حسب الاتفاق وقبول هؤلاء الأفراد لهذه المهام والسعى لتنفيذها بأحسن أداء لإنجازها.

اتخاذ القرار وحل مشاكل العمل

مازلنا نتعقب "فريق العمل" أو أثر " ديناميكية الجماعة" على فعالية المديرين والمرؤوسين على أساس إتباع المدير للنمط الذى يناسب الموقف وتوجيه الجماعة بحيث يحصل على تعاونها ويوجهها من خلال العلاقات الجيدة والحفاظ على كيان الجماعة إلى حيث انجاز الأهداف وتحقيق "مدخلات ملموسة.

واتخاذ القرار الناجح يعد معيارا ناجحا لقياس مدى نجاح الجماعة والأفراد فى أداء مهام عملهم ونجاح المدير فى توجيه وقيادة الجماعة. ولابد أن ندرك أن القرار- سواء كان فرديا أو جماعيا- لابد أن يحظى برضاء أفراد الجماعة جميعهم.

والقرار هو "أسلوب تنفيذ يتم اختياره من بين عدد من الاحتمالات لكى نصل إلى هدف تم تخطيطه جيدا" وهذا يعنى أن القرار هو حل المسألة – ولا نقول المشكلة - يتم بعد تحليل لمسألة ووضع أكثر من حل ودراستها ثم اختيار الحل الأمثل وتنفيذه ومتابعته كما يلى:

١. التعرف على المشكلة:

أول صعوبات هذا المنهج هى إدراك أن هناك مشكلة وهذه عبارة عن إدراك أن هناك انحراف عن الوضع الطبيعى، بحيث نجد أنفسنا فى وضع غير المفروض أن تكون فيه.

مثال ذلك: إنفاق أكثر من الميزانية المخططة، تأخير فى تنفيذ إجراءات خطة العمل أو عدم انجاز الأهداف الجزئية لخطة العمل الموضوعة.

٢. تحديد المشكلة:

عندما نقول: إننا ننفق على الانتقال أكثر من المقنن، أو نقول: نحن متأخرين عن جدول التنفيذ لعدم استكمال عمالة الصيانة الكهربية، أو نقول أن موعد تقديم التقرير قد حان والسكرتيرة مريضة، ماذا نفعل! فنحن قد وصلنا إلى تحديد المشكلة أى وضعنا لها نصا يصف الوضع الحالى وما يجب أن نفعله.

٣. جمع المعلومات:

من تحديد المشكلة نصل إلى المعلومات الغير متوافرة. والرجوع إلى السجلات يفيد فى هذه الحالة، أو نلجأ- كمديرين - إلى الملاحظة وإجراء المقابلات. مثلا: لا يوجد فى السجلات عدد كاف من سابقة الخبرة لعمالة الصيانة الكهربائية- أو نسأل عن سبب عدم قبول من تقدموا لهذه الوظيفة ونعيد الإعلان عنها.

٤. تحديد الأسباب وفحصها:

يؤدى جمع المعلومات والبحث عنها إلى معرفة أسباب المشكلة. وقد نصل لأسباب غير حقيقة فقد تكون المشكلة تأخر إعداد تقرير لغياب السكرتيرة كما نعتقد، وبعدها نجد أن السبب كان أصلا عدم توافر بيانات مطلوبة لجزئية هامة من التقرير وهو لب المشكلة والحل هو الحصول على هذه البيانات وإدراجها بالتقرير.

ما سبق، يعد خطوات تحليل المشكلة وتحديد أسبابها الحقيقة. والآن إلى اتخاذ القرار.

٥. تحديد الأهداف:

على أساس الأسباب الحقيقية وتداخلها - أن تعددت - ننتقل إلى تحديد مانسعى إلى انجازه بوضوح من أجل حل المشكلة موضوع البحث، ما نسعى لانجازه هو القرار الذى نسعى إلى اتخاذه، وسوف نناقش فيما بعد كيفية صياغة الأهداف بصورة يمكن قياسها قادرة على وصف المطلوب انجازه.

٦. ايجاد البدائل والاختيارات:

فى المشاكل الفنية، قد لا يوجد سوى حل واحد وهذا يسهل اتخاذ القرار، فى المشاكل الأخرى خاصة المتعلقة بأداء وسلوك البشر فهناك أكثر من حل، وهنا يجب اعتبار كل الحلول البديلة وبالطبع فان فعلها سيكون هو الاحتياج الدقيق لحل المشكلة، ولكى ننجح، نحن نسأل أى البدائل:(أ) أو (ب) أو (جـــ)، سيكون مناسبا.

٧. تقييم البدائل:

وهنا تبلغ عملية اتخاذ القرار أهم خطواتها وهى تقييم الحلول والبدائل لاختيار أحسنها على أساس القانونية وعدم مخالفتها للنظم والقوانين العامة والداخلية، توافر صلاحيات وسلطات تنفيذها، مدى فعاليتها وإمكانية تطبيقها عملها وهل ستحقق النتائج المرجوة بتكاليف ووقت قليلين وآثار غير سلبية على المتأثرين بها؟

٨. اختيار أحسن البدائل:

والآن هذا سيكون القرار الذى يتخذ، فانه يتم اختياره على أساس ما سبق ذكره فى تقييم البدائل، وأن يكون أكثر الاحتمالات قربا من تحقيق الأهداف التى وضعت.

وقد لا يكون اختيارا مثاليا لأنه لا يحقق كل النتائج المرجوة، إلا أنه سيكون محققا لأهم النتائج المرغوبة لانجاز الأهداف.

٩. اختبار (دراسة) الاحتمالات:

الاختيار النهائى للحل المناسب، يجب أن يتعرض لبعض البحث، لمعرفة مايمكن أن يترتب على تطبيقه وتنفيذه عمليا، فقد يكون هناك بعض النتائج التى تترتب عليه ذات أثر سلبى أو أثر إيجابى، وهذا يعنى - ربما - تعديله أو محاولة تفادى آثاره السلبية، وهذا يضمن حسن التنفيذ.

١٠. تنفيذ القرار:

واتخاذ القرار وبدء إجراءات تنفيذه لا تعنى نهاية الأمر. فالمدير يحتاج لأن يتابع إلى أى مدى يتم تنفيذ القرار فعلا وبنجاح. ويجب أيضا دراسة آثار القرار وردود الأفعال ومقارنتها بالآثار التى تم التنبؤ بها من قبل أم غيرها. وحيث يوجد حاجة لكى يجرى عملية تصحيح، فلابد من عمل ذلك لضمان حسن التنفيذ.

إعداد وتداول وحفظ التقارير والسجلات والوثائق

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 اليكترونية مكتوبة بطريقة مناظرة أو بطريقة رقمية أو فوتوغرافية أو خطية.
وتتضمن إجراءات التحكم فى حفظ وتداول الوثائق ما يلى:

١. إجراءات اعتماد و إصدار الوثائق:

وتتضمن إجراءات اعتماد و إصدار 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 ل إصدارات الوثائق المختلفة
- توزيع الوثائق فى مواقع الاستخدام
- المراجعة الدورية للوثائق

٢. إجراءات تعديلات الوثائق:

وتتضمن إجراءات تعديلات الوثائق مايلى:

- 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 وطرق التخلص من السجلات كم يلى:

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 لنظام الإدارة.

جمع وفهرسة السجلات:

يتم تجميع وفهرسة السجلات فى ملفات نظيفة وسليمة بأسلوب يضمن سهولة الوصول إليها.

حفظ السجلات:

تحفظ ملفات السجلات بطريقة منظمة ومرتبة 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 إلكترونية لأى جهة إلا بتصريح من الإدارة العليا لضمان خصوصية وسرية المعلومات. ويقوم 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 والتمييز 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:

تنقسم السجلات إلى نوعين رئيسيين هما:

سجلات الجودة

وتتضمن تقارير عمليات المراجعة الداخلية ومراجعات الإدارة وسجلات الإجراءات التصحيحية والوقائية.

السجلات الفنية

وهى عبارة عن تجميع البيانات والمعلومات الناتجة من إجراء الاختبارات والمعايرات الداخلية التى تبين مستوى الجودة أو مكونات العملية المنجزة،

وقد تتضمن هذه السجلات النماذج والعقود والكتب واستمارات تسجيل النتائج وأوراق المراجعة والعمل ورسومات التحكم وتقارير الاختبار وشهادات المعايرة الخارجية و الداخلية ومذكرات العميل 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 تحتوى على المعلومات الكافية لتسهيل – كلما كان ممكنا – تحديد العوامل المؤثرة على مقدار اللايقين وكذلك إمكانية إعادة الاختبار تحت ظروف أقرب ما يمكن من الظروف الأصلية، كما تحتوى سجلات المعمل على أسماء الأفراد المسئولين عن أخذ العينات وأداء كل اختبار وفحص النتائج ويتم تسجيل القراءات والحسابات فى نفس وقت إجراء الاختبار تحت إشراف أعلى.

ويجب تسجيل النتائج فى دفاتر الملاحظات بالحبر، وعند حدوث أخطاء فى السجلات لا يتم محوها ويتم شطب الخطأ بما يجعله مقروء وتسجل القيمة الصحيحة أعلاه مع التوقيع عليها من الفرد الذى أجرى التصحيح.

وفى حالة النتائج التى يحصل عليها بواسطة الحاسب الآلى فإنه يجب اتخاذ نفس المعايير لمنع 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 مسئوليته، لذا وجب إعداد العديد من السجلات والتقارير المتعلقة بنشاط المعمل.

جدول رقم (١٣-١)
دفتر تدوين بيانات العينة فى الموقع

رقم العينة:
مكان جمع العينة:
حالة العينة: ملونة – عكرة.... الخ
الاختبارات المطلوبة معمليا:
الاختبارات التى اجريت بالموقع:
المواد الحافظة المضافة:
تاريخ ووقت جمع العينة:
نوع العينة: خطافية - مجمعة
نقل العينة:
اسم القائم بجمع العينة:

جدول رقم (١٣-٢)
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 التى تمت.
٤. طريقة التشغيل.

ويشتمل سجل حالة الجهاز على المعلومات التالية:

جدول رقم (١٣-٣)

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 التى تمت:
تاريخ المعايرة:
اسم المسئول عن الجهاز:

جدول رقم (١٣-٤)

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 (١٣-٥)

النتائج التفصيلية لتحليل العينات

رقم العينة:
نوع العينة:
تاريخ ووقت التحليل:
حجم العينة المستخدمة (ملليلتر) (أ)
وزن الكأس فارغا (ب)
وزن الكأس + الراسب (جـــ)
وزن الراسب (جـــ - ب)
التركيز = (جـــ - ب ÷ أ) × ١٠٠٠ = ملليجرام /لتر
اسم المحلل:
توقيع المحلل:
اسم المراجع:
التاريخ:

جدول رقم (١٣-٦)

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 ب إجراء 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 ب إجراء تجارب على عينات قياسية لمعرفة مدى الخطأ وهو ما يعرف بتجارب ضبط وتأكيد الجودة.

ويمثل الجدولان الآتيان نموذجين لتسجيل نتائج تحليل الأكسجين الحيوي الممتص تسجيل نتائج تحليل الزيوت والشحوم فى عينة مياه.

جدول رقم (١٣-٧)

نموذج تسجيل نتائج تحليل الكلوريد فى عينة مياه شرب

تاريخ جمع العينة:

تاريخ وضع العينة فى الثلاجة:

تاريخ إخراج العينة للتحليل:

رقم العينة			
رقم العبوة			
حجم العينة	**التجربة الأولى**	**التجربة الثانية**	**التجربة الثالثة**
حجم عينة الماء المستخدمة فى التحليل (سم) (أ)			
حجم محلول نترات الفضة المستهلك فى المعايرة(سم٣) (ب)			
حجم محلول نترات الفضة المستهلك فى البلانك(سم٣) (ج)			
حجم محلول نترات الفضة المكافئ للكلوريد(سم٣) (ب – ج)			
متوسط حجم محلول نترات الفضة المكافئ للكلوريد(سم٣) (د)			
عيارية محلول نترات الفضة(ع)			
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:

مصدر الطريقة المستخدمة: التاريخ:

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 فى مكان مناسب يجنبها الأضرار أو التدهور والفقد. 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 وتفاصيل العينات ويجب تسجيل النتائج فى دفاتر الملاحظات بالحبر ولا تمحى ولا تحذف أية أخطاء بل تشطب ويجب توقيع السجل من المحلل. وفى حالة النتائج التى يحصل عليها بواسطة الحاسب الآلى فان 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 بوضـــوح 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 بالجداول 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 المسئولية التقنية ل إصدار التقرير.
١٥. تصريح بأن النتائج مقصورة على المواد التى حللت بدون موافقة كتابية من المعمل
١٦. تصريح بأن التقرير لن يعاد إصداره فى صورته ماعدا إصداره كاملا.

ويجب أن يولى ترتيب تقرير الاختبار عناية خاصة وخصوصا فيما يتعلق بتقديم نتائج الاختبار وسهولة فهمه بالقارئ. ويجب أن يصمم شكل التقرير بعناية ودقة لكل نوع من الاختبارات ولكن تبقى العناوين 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.

ضبط البيانات
Data control

يجب أن 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 أن يضمن:

١. أن توثق البرامج التى أعدت بطريقة مسهبة كافية وقابلة للتطبيق وتراجع للتأكد من كفايتها للاستخدام.
٢. إعداد طرق الاستخدام وتطبيقها من اجل 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 إجـــــراءات ضبط كل الوثائق (التى تصدر داخليا أو من مصادر خارجية) والتى 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 وجداول المعايرة والرسومات البيانية والكتب والمعلقات والمذكرات والبرامج والخطط إلى آخره وتلك ربما تكون على وسائط مختلفة مطبوعة أو اليكترونية مكتوبة بطريقة مناظرة أو بطريقة رقمية أو فوتوغرافية أو خطية.

ويجب مراجعة وقبول كل الوثائق التى تصدر للعاملين بالمعمل كجزء من نظام الجودة للاستخدام 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 ان 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 لازما 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 فورا من كل نقاط الإصدار أو الاستخدام أو التأكيد على عدم الاستخدام المقصود.
٤. الوثائق المتقادمة الواجب الاحتفاظ بها لأغراض قانونية أو للمعرفة يجب تميزها بطريقة مناسبة.

ويجب أن تميز وثائق نظام الجودة الصادرة من المعمل بطريقة فريدة وهذا التعريف يجب أن يتضمن تاريخ الإصدار والتعريف بالتنقيح 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 عمليا 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. جدولة العينات ومراقبة العمل
٧. إصدار منحنيات الجودة.
٨. رصد طرق الاختبارات.
٩. السيطرة على الأجهزة الآلية.
١٠. التقاط وتخزين واسترجاع ومعالجة النتائج بطريقة يدوية أو آلية.
١١. مضاهاة نتائج العينة مع بيانات المكتبة.
١٢. إصدار تقارير الاختبارات.
١٣. الكتابة العادية.
١٤. الاتصالات.

وربما تستخدم الأسلاك والوصلات للربط بين أجزاء مختلفة فى الحاسب أو بين حاسبات مختلفة. ومن الضرورى أن تختار الوصلات والأسلاك لتحقق التطبيق المطلوب حيث أنها يمكن أن تؤثر على سرعة ونوعية نقل البيانات.

إن بيئة وظروف تشغيل معامل التحاليل الكيميائية تخلق أخطارا معينة عند تشغيل الحاسب وتخزين الأوساط ويمكن الحصول على الإرشاد 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 فان مثل هذه المراجعات بمكن إرجائها باستخدام مواد مرجعية مزودة بشهادات لأغراض التطبيق الأولى مع استخدام مواد قياسية ثانوية مثل المواد المستخدمة فى ضبط الجودة والمستخدمة فى المراجعة الدورية المتكررة.

ويجب الأخذ فى الاعتبار أية توصيات صادرة عن المصنع. والطرق القابلة للتطبيق والمستخدمة فى أنظمة معينة وأية بيانات مسجلة أثناء عملية التطبيق يجب توثيقها. ومن الملائم أن يبين التطبيق باستخدام أمثلة لتطبيقات مثالية:

١. تستخدم حزمة معالجة الكلمات (Word Processing) فى المعامل على نحو واسع لإصدار عديد من الوثائق. ويجب على المعمل أن يضمن أن

استخدام هذه الحزم تحت السيطرة الكافية لمنع إصدار أى تقرير أو وثيقة غير مسئولة. وفى معظم الأحوال البسيطة عندما يقوم الحاسب بدور أكثر قليلا من الآلة الكاتبة الاليكترونية فان 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 فان 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 إن تتحول إلى النظام الرقمى باستخدام محول رقمى. والبيانات الرقمية تترجم بعد ذلك إلى إشارة يمكن تميزها (مثل الأرقام – أطياف وقمم لمنحنيات طبقا للنظام) بواسطة برنامج جبرى. وهذا يجعل القرارات المختلفة (مثل تقرير أين تبدأ قمة المنحنى وأين تنتهى أو كيف يقرب الرقم إلى قيم عليا أو سفلى) طبقا لتعليمات مبرمجة.

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. وهذه القابلية للتطبيق عادة تقبل. وفى حالات استثنائية ربما يكون من الضرورى معرفة قابلية التطبيق لنظام معالجة البيانات بمعزل على

الباقى 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 الحساب المتكامل. ومن الضرورى معرفة قابلية تطبيق الحاسب وذلك بناء على نظام معالجة البيانات بتشغيله بالتوازى 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.

والأجهزة المشغلة باستخدام أنظمة حاسب ربما تتضمن واحد أو أكثر من الأمثلة السابق الإشارة إليها وتعمل إما بشكل آلى أو فى 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. وفى 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 (متضمنا الأداء تحت ظروف قاسية) وكذلك الثقة فى النظام قبل السماح بتشغيله.

ويجب أن يكون التقييم مبنيا على الأسباب المحتملة والتى تؤدى 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 ان تكون كافية لرصد الأداء الصحيح على أساس يومى. إن الحساب الروتينى 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 (LIMS) كطريقة لإدارة نشاط المختبر باستخدام الحاسب. وهذا النظام عبارة عن حزمة من البرامج تسمح بالجمع الإليكترونى والحسابات وهضم البيانات التحليلية والتى تستقبل مباشرة من أجهزة القياس المناسبة وتتضمن الكتابة وقاعدة بيانات وجداول وقدرات للمعالجة. ويمكن أن تؤدى عديد من الوظائف مثل تسجيل وتتبع العينات و معالجة البيانات المجمعة وضبط الجودة وضبط السيطرة المالية وإخراج التقارير. ومتطلبات قابلية التطبيق الخاص تتضمن السيطرة على الوصول إلى مختلف الوظائف ومحاولات التفتيش على التعديلات فى الكاتالوج وإدارة الملفات.

إجراءات التشغيل عندما تكون البرامج منفصلة عن الحاسب ولها دليل تشغيل منفصل وطرق تشغيل مكملة 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 الأرشيف 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 و إغلاق 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 تنسخ ملفات البيانات لحفظها فى الأرشيف يجب تخزينها بطريقة تقلل من فقدانها أو إفسادها والتخزين المناسب الآمن يكون ضد الحريق ومقاوم للمياه ومحمى من المجالات الكهربائية والمغناطيسية، ومتخصصو الأمان متوافرون. وعند نسخ الملفات يجب فصل النسخ بعضها عن بعض.

وعندما تكون هناك إتاحة ممكنة للبيانات فان المختبر يجب أن يضيف ضمانات أمنية مناسبة بحيث لا تسمح بالتغيرات المتعمدة والعرضية يجب الإشارة إلى ذلك وإلقاء الضوء عليها. وكلما كان ممكنا يجب التفتيش على

البرامج. وفى أنظمة برامج البيانات التجارية فان أية معالجات ثنائية تنتج ملف جديد "نتيجة جديدة" تاركة البيانات الأصلية دون تغيير.

وعندما يصعب الوصول إلى البرامج فان أداء الأجهزة يمكن أن يكون قد تأثر بالأعطاب الميكانيكية أو الكهربائية ومن غير المحتمل فى 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. ويحب 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 اليومى 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 تعانى من أعراض "الصندوق الأسود" حيث تدخل المدخلات من جهة ويحصل على النتيجة من جهة أخرى. وحيث أن ما يجرى بداخلها لا يرى يجب الافتراض أن هذا الصندوق يعمل بطريقة صحيحة. ولأغراض التأكد من قابلية التطبيق فان من المعتاد قبول فرضية

التشغيل الصحيح إذا أعطى الحاسب إجابات متوقعة عند إدخال مدخلات بمحددات معروفة جيدا. ودرجة قابلية التطبيق الضرورية تعتمد على الاستخدام الحقيقى للحاسب. ويجب أن يكون الاستخدام المقترح لكل حاسب قد أخذ فى الاعتبار درجة قابلية التطبيق.

حفظ السجلات / الأرشيف

عند تحديث البرامج يجب الاحتفاظ بسجل بتاريخ النسخ المحدثة وعند حفظ نتائج العينات فمن الضروري تخزين كل البيانات المطلوبة لإعادة استخراج الإجابات الأصلية. بالإضافة إلى حفظ ملفات البيانات الأولية وذلك يتضمن اى معالجات لملفات معالجة البيانات والنسخة المعينة من برامج التشغيل. وفى حالات نادرة يكون من الضروري الاحتفاظ بنسخة مطبوعة من الملفات الملغية لتشغيل أرشيف البرامج. وفى هذه الحالات يكون أكثر عمليا تسجيل البيانات منذ البداية فى نسخة مطبوعة.

العلاقات العامة

يلتزم المعمل بالتعاون مع عملائه وان يوفر لهم أو لممثليهم ما يضمن لهم التحقق من طلباتهم ورصد أداء المعمل فيما يخص اختباراتهم مع التأكيد على السرية وخصوصية معلومات العملاء الآخرين.

قد يتضمن هذا التعاون السماح بتواجد العملاء أو ممثليهم لبعض أماكن المعمل لمشاهدة الاختبارات الخاصة بهم بشرط أن تتم وفقا للتوقيتات المناسبة للمعمل وألا يشاهد نتائج تحليل عينات عميل آخر وبحيث لا يؤثر وجوده على تعطيل العمل أو إحداث أى سلبيات تؤثر على نتائج الاختبارات.
يقوم المعمل بالحفاظ على الاتصالات الجيدة مع العملاء مع إسداء النصائح فى الأمور الفنية وإبداء الرأى والتفسير المعتمد على النتائج لما فى ذلك من تقدير للعملاء. ويراعى قيام المعمل بالاستفادة من العملاء والمتعاملين معه من المعامل الأخرى على الحصول على آراءهم فى أداء المعمل سواء كانت ايجابية أو سلبية وتحليل نتائجها واستخدام ذلك فى تحسين نظام الإدارة ومستوى خدمة الاختبارات وخدمة العملاء. كما يقوم المعمل بتقوية جسور

التعاون مع المعامل الأخرى من خلال الاشتراك فى اختبارات المقارنات البن المعامل وتنظيم ورش عمل وندوات مشتركة.

التطابق مع الإدارات التنظيمية

على المعـــمل أن يراعى أنـــه يعمل فى إطـــار مؤسسي ويخضع للقوانيـــن واللوائح والإجراءات المتبعة فى المؤسسة التى يتبعها فيما يتعلـــق بـــالنواحى الإدارية والمالية وأنه يخضع للجهات الرقابية داخل وخارج المؤسسة، وعليه فيجب أن يتطابق مع الإدارات التنظيمية المختلفة.

الفصل الرابع عشر

الأمان والسلامة فى معامل التحاليل الكيميائية

الفصل الرابع عشر

الأمان والسلامة فى معامل التحاليل الكيميائية

أهداف التدريب (التعلم):

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

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

مصادر ومسببات الخطر المعملى 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 المعملى**:

- 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 – مفرقعة – مشعة – تالفة – مخلفات).

ج. **أخطار ناشئة عن سلوكيات القائمين بالعمل**:

- السلوك الشخصى داخل المعمل (كثرة الحركة – التدخين – العبث بالوصلات الكهربية – الأكل والشرب – حفظ المأكولات فى ثلاجات المعمل - لمس المواد الكيماوية – عدم التخلص الآمن من النفايات – إلقاء أعقاب السجائر أو أعواد الثقاب فى سلة المهملات – عدم الالتزام بارتداء أدوات الوقاية الشخصية).
- التناول الخاطئ لأجهزة المعمل.
- التناول الخاطئ للمواد والكيماويات بالمعمل (تناول محاليل كاوية بالماصة – التعامل مع غازات ضارة خارج خزانة الغازات – ترك زجاجات الكيماويات مفتوحة – التعرف بالشم).

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

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

$$\text{عدد العاملين} = \frac{\text{مساحة المعمل – المساحة التى تشغلها المرافق والأثاث}}{\text{الحيز المعملى المخصص لكل عامل (٤ م}^{٢}\text{)}}$$

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

الوقاية من مخاطر النشاط المعملى

توجد بعض الاعتبارات الواجب إتباعها عند استخدام معامل التحاليل الكيميائية 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

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

١. الامتناع عن تناول أطعمة داخل المعمل.
٢. الامتناع عن الشرب من مصادر المياه المعملية.
٣. الامتناع عن استعمال الأوانى والأدوات المعملية فى الأكل والشرب.
٤. الامتناع عن حفظ المأكولات والمشروبات فى 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 منعا للحوادث.

إجراءات الأمان بالنسبة للأماكن الضيقة

يطلق تعبير "مكان مغلق أو ضيق" على أى مكان ينطبق عليه واحد أو أكثر من الشروط التالية:

أ. له مدخل محدود أو صعب الدخول إليه أو الخروج منه.
ب. غير مخصص للشغل أو العمل بصفة مستمرة.
ج. قد يكون غير صالح للتواجد فيه لعدم كفاية الأكسجين أو لاحتوائه على غازات سامة أو خانقة أو قابلة للاشتعال.

ويمكن ببساطة تعريف المكان المحصور أو الضيق بأنه المكان الذي لا يمكنك دخوله ببساطة ماشيا باستقامة وعموما يعتبر المكان محصورا أو ضيقا إذا كان ينبغي أن تزحف أو تتسلق أو تنحني أو تضغط نفسك بداخله.

وأثناء عمليات تنقية وتوزيع مياه الشرب تتم عمليات كيماوية وبيولوجية ينتج عنها وجود أو زيادة تركيز الغازات السامة أو القابلة للاشتعال .

وبصفة عامة فإنه حتى لو لم تتواجد غازات سامة أو قابلة للاشتعال بتركيز كافٍ لإحداث ضرر مباشر، فإن التغييرات الكيماوية والبيولوجية قد تستهلك أكسجين الجو وتترك الجو خانق بسبب نقص الأكسجين .

والأماكن الضيقة كما هو واضح من اسمها، أماكن خطرة للعمل لذا يجب اتخاذ تدابير وإجراءات خاصة قبل العمل داخلها، ومنها ما يلى:

- التهوية:

من أهم الاعتبارات التي تؤثر على دخول الأماكن الضيقة هي مدى كفاية التهوية الموجودة لإزالة التلوث من الهواء والتغلب على نقص أو زيادة الأكسجين (أقل من ١٩،٥% أو أكثر من ٢٣،٥ % من الحجم) ولذلك يجب ضمان التهوية الجيدة بالأماكن المغلقة، وفى كثير من الأحيان يمكن تحقيق ذلك بسهولة، فمثلاً يمكن رفع غطاء غرفة التفتيش المجاورة للغرفة المطلوب العمل بها لتوفير تيار هواء. وإذا لم يتيسر

هواء للتهوية الطبيعية يمكن دفع هواء نقى بواسطة نافخ (Blower)، ويراعى تهوية المكان بالكامل لتلافى تركيز الغازات على ارتفاعات مختلفة حسب كثافتها، وعدم السماح بدخول الأماكن إلا بعد تمام التهوية الجيد.

- الكشف عن نسبة الأكسجين والغازات

فحص الجو داخل الأماكن المحصورة قبل الدخول إليها حيث يتم أولا فحص نسبة الأكسجين الموجودة ثم بعد ذلك الكشف عن وجود غازات قابلة للاشتعال ثم الغازات السامة ويكون تركيز الأكسجين في ظروف التنفس العادية هو ٢٠،٩ %.

المهمات اللازمة لدخول الأماكن المغلقة:

لتأمين دخول الأماكن المغلقة بالمرافق يلزم توفير المعدات التالية على الأقل:

١. نافخ (كمبرسور ذو معدل تصرف عالى وضغط منخفض) وخرطوم كبير القطر لتهوية المطابق وغرف التفتيش.
٢. جهاز الكشف عن الغازات للكشف عن نقص الأكسجين أو الغازات السامة أو القابلة للاشتعال.
٣. أجهزة تنفس خارجية (ذاتية) للعاملين فى الأماكن شديدة الخطورة أو عمال الإنقاذ.
٤. شبكة إنقاذ وحبل إنقاذ لكل فرد مشترك.
٥. مهمات وقاية شخصية شاملة أحذية مطاطية، خوذ، أقنعة، نظارات واقية.
٦. كشافات غير قابلة للانفجار.
٧. شنطة إسعاف.
٨. حواجز، علامات توجيه، علامات تحذير، جاكيتات عاكسة.
١. ونش سبيه (ثلاثى).

مخاطر الكهرباء وكيفية تجنبها

الكهرباء محيطة بنا من كل جانب، فالإنسان تعلم كيف يولِّد الكهرباء وعرف كيف يجعلها تعمل من أجله فنحصل منها على الضوء والحرارة والحركة، واستطاع أن يختزنها للاستعمال عند الحاجة كما هو الحال فى البطاريات بأنواعها. وبذلك أصبحت الكهرباء جانبا هاما جدا فى حياتنا اليومية. إلا أن هناك خطورة عالية تلازم استعمال الكهرباء - فإنها إن لم تستعمل بحذر تصبح مصدرا للحوادث والحرائق والانفجارات. لذلك يجب إتباع التعليمات والإرشادات الخاصة بالطرق الصحيحة لاستعمال الأجهزة الكهربية أو المعدات والآلات التى تعمل بالكهرباء.

ويتوقف الاستخدام الآمن للكهرباء على:

١. مدى سلامة المعدات والأجهزة الكهربية ودرجة جودتها.
٢. الاستخدام الجيد والسليم للمعدات الكهربية.
٣. سلامة التركيبات والتوصيلات المستخدمة فى توصل الكهرباء وفصلها.
٤. كفاءة أعمال الصيانة والإصلاحات.

بالنسبة للإنسان فإن الصدمات الكهربية تمثل الخطر الرئيسى الذى يمكن أن ينتج من معدات الطاقة الكهربية. ومن أخطارها أيضًا الحروق نتيجة وميض أو شرر كهربائى. وكذلك الإصابات التى تحدث نتيجة سقوط شخص تعرض لصدمة كهربية أحدثت تقلصا بعضلاته وبالتالى فقد توازنه، وأيضًا المشى فوق الأسلاك الكهربية أو التعثر بها يمثل خطرا آخر

توصيلات الكهرباء

لتجنب مخاطر التوصيلات الكهربائية بالمعمل يجب إتباع التعليمات التالية:

١. عدم استخدام توصيلات الكهرباء الخارجية المكشوفة.
٢. استخدام التوصيل الأرضى وأكباس الكهرباء الثلاثية ذات الوصلات الأرضية.
٣. الابتعاد عن مصادر الماء.
٤. عدم الاحتفاظ بمواد أو أدوات معدنية عند التعامل مع الكهرباء.

٥. تجنب أثر الكهرباء الإستاتيكية.
٦. الكشف الدورى عن التوصيلات القديمة وفحصها وتغيرها إذا لزم الأمر.
٧. تقليل طول أسلاك التطويل الخارجية ما أمكن واستخدامها فى الأغراض المؤقتة.
٨. فصل الدوائر الكهربية لكل من التهوية والإنارة وباقى التوصيلات.
٩. تكون برايز الكهرباء فوق سطح البنش وبالنسبة لخزانات الغاز تكون من خارجه.
١٠. تكون البرايز الكهربية القريبة من الدش والأحواض مغطاة بغطاء خارجى (معزولة).
١١. عند التعامل مع الكهرباء يجب فصل التيار الكهربى والعمل تحت ظروف جافة.
١٢. معرفة مكان وكيفية فصل التيار الكهربى عن أجزاء المعمل المختلفة.
١٣. فى حالة انسكاب مياه أو مواد كيمائية على الأجهزة تغلق فورا وتنظف وتجفف تماما.
١٤. يجب عدم استخدام أجهزة تدار بمحركات يصدر عنها شرارة فى الأماكن الموجود فيها مواد قابلة للتطاير والاشتعال لمنع حدوث حرائق.

أدوات ومعدات التعامل مع الكهرباء:

١. عند التعامل مع الكهرباء أو إجراء إصلاحات أو صيانة يجب إرتداء الأحذية المطاطية للحماية من الصدمات الكهربائية حيث تعمل حاجزا بين الأرض والجسم وخصوصا إذا تطلب الأمر الوقوف على ارض مبتلة ويمكن أيضا استخدام قطعة من الخشب أو المطاط إضافية.
٢. ارتداء القفازات العازلة واستخدام أدوات فحص وصيانة معزولة ومغطاة بطبقة من المطاط.
٣. استخدام دوائر قطع التيار الأرضى (Ground-fault Circuit Interrupter) وهى أجهزة رخيصة تعمل على رصد التيار والفولت

المار فى الوصلات الكهربية لتحديد تسرب التيار إلـــى جســـم الإنســـان وتقوم تلقائيا بقطع مرور التيار.

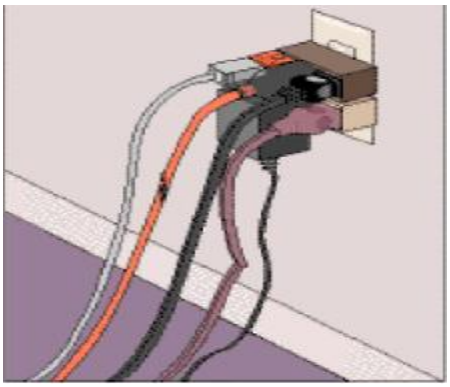
٤. استخدام قاطع الدوائر (Circuit Breaker) ليقوم بفصل التيار عن الجهاز عند حدوث مشكلة.

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

ويوضح الشكل رقم (١٤-١) الأسلاك والوصلات والفيش المتهالكة والأسلاك المكشوفة والتالفة والتحميل الزائد على مصدر الكهرباء

لإسعافات الأولية عند التعرض للصدمات الكهربائية

تحدث الصدمة الكهربائية عندما يكون الجسم بين موصلين فى دائرة كهربيـــة أو عندما يكون جزء من دائرة كهربية فتحدث صدمة شديدة تؤدى إلى توقف القلب والرئة وإحداث حروق، وتتوقف درجة الصدمة علـــى كميـــة التيـــار بالمللى فولت الذى يمر بالجسم ومسار التيار ووقت التعرض وابتلال الجسم بالماء والحالة الصحية للشخص المعرض، ويجب إبعاد المصاب وعزلة عن مصدر الصدمة أو أي وسط معدنى وإجراء تنفس صناعى لدفع الهواء إلـــى الرئتين وبدء التنفس الطبيعى، ولقد دلت الدراسات على أن ٧ من بـــين كـــل ١٠ مصابين بالصدمة الكهربائية يمكن إسعافهم إذا بـــدأت عمليـــة التـــنفس الصناعى فى أقل من٣ دقائق.



شكل رقم (١٤-١)
الأسلاك والوصلات والمقابس المتهالكة والأسلاك المكشوفة والتالفة والتحميل الزائد على مصدر الكهرباء

توصيلات المياه

هناك بعض الاعتبارات الهامة التى يجب مراعاتها عند استخدام توصيلات 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 يعملا بكفاءة ويجرى فحصهما مرة كل شهر على الأقل كما هو معروض بالشكل رقم (١٤-٢).

شكل رقم (١٤-٢)
وحدة غسيل العيون ودش غسيل كامل الجسم 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 شفاطات 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 لشفط 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 ٢٠ °م 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 حواف حبيبات الرمل المستخدم 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 الصلبة يجب تجفيفها فى أفران 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 ثقوب 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.

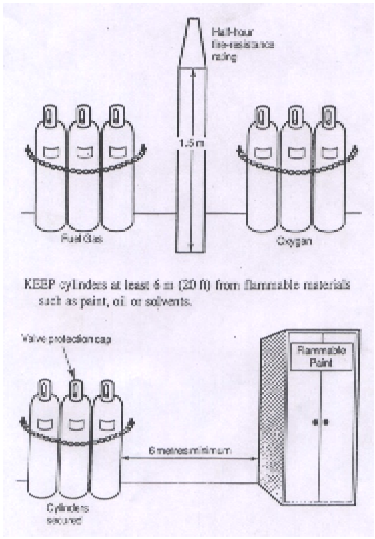
اسطوانات الغاز المضغوط اسطوانات الغاز المضغوط من أشد المهمات خطراً بالمعامل الكيميائية، ولذا يجب عند استخدامها مراعاة ما يلى:

١. توضع الأسطوانات خارج مكان العمل ويوصل الغاز لمكان التجربة بتوصيلات آمنة.

٢. يتم تأمين الأسطوانات من الوقوع باستخدام سلاسل معدنية.
٣. يجب وضع الأسطوانات المحتوية على غازات سامة داخل المعامل فى خزانات الغازات أو دواليب دائمة التهوية.
٤. يجب أن تكون الأسطوانات المحتوية على غازات ضارة بالصحة عموما صغيرة الحجم.
٥. المانومترات والجلب المستخدمة فى الاسطوانات المحتوية على غازات مؤكسدة مثل الأكسجين وفوق أكسيد النيتروجين يجب أن تكون خالية من الزيوت والشحوم.
٦. وجود بطاقة تعريف بمحتويات الأسطوانة.
٧. تحريك الأسطوانات على عربة خاصة.
٨. تخزين الأسطوانات فى مكان آمن جيد التهوية بعيد عن الحرارة.
٩. استخدام منظم مناسب يغلق عندما لا تستخدم الأسطوانة.
١٠. غلق الأسطوانة عندما تفرغ حتى لا يدخل هواء ورطوبة داخلها.
١١. عند تبخر الغازات المسالة تحت ضغط يجب أن لا يحدث ارتفاع درجة الحرارة عن ٥٠°م (نتيجة حمامات ساخنة أو قماش ساخن أو استخدام مياه ساخنة لتسخين آنية يمر فيها الغاز).
١٢. تكون الخراطيم المستخدمة محكمة ولا تسمح بتسرب الغاز.
١٣. تفتح صمامات الغازات التى تشتعل والمؤكسدة التى تساعد على الاشتعال ببطء لتجنب الحرائق (الأيدروجين، الأكسجين، الفلور).
١٤. يجب عدم استخدام الاسطوانات التى لا تفتح صماماتها باليد (لا تستخدم عدة لفتح الاسطوانات).
١٥. يجب استخدام منظم مناسب للضغط عند استعمال اسطوانات الغازات ويجب عدم طرق اجزاء المنظم أو الاسطوانة.
١٦. عند العمل بالغازات الخطرة او الضارة (كلورمثلا) يجب التخلص من الغاز الزائد من خلال مصيدة.
١٧. يجب أن يكون للاسطوانات غطاء معدنى.
١٨. يجب الكشف الدورى على صلاحية الاسطوانات للاستخدام.

ويعرض الشكل رقم (١٤-٣) كيفية تحريك ونقل اسطوانات الغاز المضغوط على عربة خاصة، كما يعرض الشكل رقم (١٤-٤) تخزين اسطوانات الغاز المضغوط.

شكل رقم (١٤-٣)
تحريك ونقل اسطوانات الغاز المضغوط على عربة خاصة



شكل رقم (١٤-٤)
تخزين اسطوانات الغاز المضغوط

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 تلوثت الماصة.
٤. توضع قطعة من القماش عند فوهة الماصة المستخدمة فى سحب المواد السامة أو المعدية.
٥. تجنب إسقاط مواد سامة أو معدية من فوهة الماصة.
٦. توضع فوطة بها مواد مطهرة لاستقبال السوائل المعدية ثم توضع فى أوتوكلاف.
٧. تفرغ الماصة بالقرب من سطح السائل أو على جدار الإناء.

التعامل مع الأجهزة الزجاجية والزجاج المكسور

هناك بعض الاحتياطات الواجب مراعاتها عند التعامل مع الأجهزة الزجاجية أو إذا تواجد بالمعمل بعض الأجزاء الزجاجية المكسورة، وفيما يلى بعض 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 إلى٢٠٠°م).
٣. لا يجب إدخال الزجاجيات اسطوانية الشكل (ترمومترات، أنابيب) فى خراطيم أو سدادات فلينية بدون استخدام قفازات مناسبة.
٤. يراعى أن لا يوجد تحميل على الأجهزة الزجاجية عند تركيبها.
٥. الأجهزة التى يجرى بها تفاعلات خطرة يجب تركيبها فى خزانة الغاز.
٦. عند فتح السدادات الزجاجية يجب إتباع أسلوب آمن (مثل الطرق الهين بقطعة من الخشب، والتسخين الحذر والسريع لعنق القارورة أو التسخين بالماء الدافئ).

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

أنواع المواد الكيميائية الخطرة

تقسم المواد الكيميائية الخطرة إلى عدة أنواع منها:

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

٦. مواد سامة مثل مركبات الرصاص والزرنيخ.

وتستخدم عبوات خاصة لحفظ هذه الكيماويات مثل:

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

بطـــاقات بيانات الآمان 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 علي المادة.
٤. معلومات عن مخاطر الحريق والإنفجارات.
٥. معلومات عن الأخطار الصحية والاحتياطات الطبية والإسعافات اللازمة.
٦. معلومات عن النشاط والفاعلية لهذه المادة مع المواد الكيميائية الأخري.
٧. طرق التعامل عند حدوث انسكابات أو تسرب.
٨. قائمة بمعدات الوقاية المطلوبة أثناء استخدام هذه المادة.
٩. معلومات خاصة عن الحماية عند التخزين والتداول.

وتحتوي بطاقة بيانات الأمان علي تسعة أقسام لبيان الخواص الكيميائية والإجراءات اللازمة للتعامل مع هذه المادة في حالة الحوادث وهذه الأقسام هي:

١. الخواص الفيزيائية.
٢. أقصي تركيز آمن مسموح به.
٣. خواص أخري عامة.

٤. مخاطر الحريق والانفجار.
٥. الانسكاب.
٦. التخزين.
٧. التعبئة والبيانات.
٨. وسائل الحماية.
٩. مواد الإطفاء والإسعافات الأولية اللازمة.

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

علامات التعريف بالكيماويات الخطرة

تستخدم عادة ٩ أنواع من العلامات للتعريف بالكيماويات الخطرة وتحديدها ويعرض الشكل رقم (١٤-٥) علامات التعريف بالكيماويات الخطرة، وهذه العلامات هى:

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

شكل رقم (١٤-٥)
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 للكيماويات 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 مستوي 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 فى المعمل إذا زادت مستويات الملوثات عن الحدود المسموح بها و تحديد مصادر التلوث ومعالجته قبل استئناف العمل.ويجب أن يخضع العاملون للفحص الطبى الدورى وفقا لبرنامج محدد مرة كل عام على الأقل ويحتفظ المعمل بسجل بالحالة الصحية لهم.

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

١. عدم وضع كيماويات غير متوافقة متجاورة مثل المواد التي تتفاعل مع بعضها وينتج عن تفاعلها مواد سامة أو تتسبب في تصاعد أبخرة أو غازات مثل الأمونيا بجوار حمض الأيدروكلوريك أو السيانيد بجوار الأحماض.

٢. تخزن الكيماويات السامة أو المتطايرة في دواليب خاصة ذات تهوية.
٣. تحفظ الكيماويات ذات الضغط البخاري المرتفع في ثلاجات.
٤. تخزن الكيماويات التي تتفاعل مع الماء في مكان واحد.
٥. تخزن الكيماويات القابلة للاشتعال والأحماض المركزة علي الأرض.
٦. تخزن الكيماويات القابلة للانفجار في ثلاجة مقاومة للانفجارات.
٧. الكيماويات شديدة الخطورة لا تخزن وتستهلك أولا بأول.
٨. تحفظ الكيماويات في عبوات زجاجية أو بلاستيك تتناسب مع خواص المواد المحفوظة بداخلها فمثلاً لا تستخدم أوعية ألومنيوم لحفظ المركبات الكلورينية كما يجب ملاحظة ما يحدث في الأوعية البلاستيكية من تغيير في الشكل أثناء تخزين الكيماويات ويجب وضع تعريف بالكيماويات الموجودة علي الزجاجات.
٩. يجب أن تبعد الكيماويات أثناء التخزين عن تلك التي تتفاعل معها في درجة الحرارة العادية مثل الأحماض والقواعد والقلويات أو أملاح السيانيد أو المواد المؤكسدة مثل البروكسيدات والنيترات والكلورات.
١٠. توضع الكيماويات الخطرة 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 الزجاجة (داخل حاوية بلاستيك).

١٤. يجب عدم الاحتفاظ بكميات تزيد عن ١ لتر بالمعمل من المذيبات القابلة للاشتعال في مكان العمل وإذا دعت الحاجة لاستخدام كميات فيجب أن تخزن في مكان آمن جيد التهوية.
١٥. يجب حفظ المواد القابلة للاشتعال بطريقة آمنة وعند استخدام عبوات بلاستيك ذات سعة ٥ لتر فأكثر لحفظ سوائل ذات نقطة اشتعال اقل من ٣٥° م يجب أن تكون قادرة علي معادلة أي شحنة كهربية 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 فى 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.

الأبخرة السامة

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

١. يجب عدم التعرض المباشر لأبخرة المواد السامة واستخدام بدائل أقل ضرراً وسمية مثل استخدام الهكسان بدلا من البنزين واستخدام أدوات الحماية الشخصية.

٢. يجب الحرص من أبخرة بعض المواد الكيميائية شديدة الخطورة مثل البنزين – ثانى كبريتيد الكربون – رابع كلوريد الكربون – كبريتات ثنائى الميثيل – الفورمالدهيد – كحول ميثيلى – نيتروبنزين – فينول – رباعى كلورو ايثان.
٣. يجب استخدام خزانة سحب الغازات (Fume Hood) عند التعامل مع المواد السامة المتطايرة أو القابلة للاشتعال ويوصى بأن تتراوح سرعة السحب بين ٦٠ -١٠٠ قدم/ دقيقة.
٤. يجب استخدام نظام تهوية مناسب قادر على تبادل هواء المعمل ٤ – ١٢ مرة فى الساعة.
٥. يجب رصد تركيز أبخرة المواد الخطرة في الهواء بمكان العمل من وقت لآخر للتأكد من عدم تلوثه.
٦. يجب ارتداء نظارة وقاية وقفازات السلامة وحامى الوجه (Face Shield) عند التعامل أو تداول الكيماويات.

تداول المواد ذات الأبخرة السامة

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

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

التخلص الآمن من المخلفات والنفايات الكيميائية

تشكل المخلفات والنفايات الكيميائية مشكلة كبيرة فى محطات مياه الشرب، حيث يجب التخلص منها بشكل أمن بما يمنع تعرض البيئة المحيطة بهذه المحطات للتلوث، وتبدأ عملية التخلص هذه بالجمع والنقل وتنتهى بعملية المعالجة والتخلص الوقائى، كما سيرد ذكره فيما يلى:

أ. **الجمع والنقل:**

١. تجمع النفايات منفردة (حتي لا ينجم عن اختلاطها تفاعلات خطرة) 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 والمدببة توضع في علب بلاستيك او كرتون مغلقة ويجب لبس قفازات أثناء تفريغها.
٤. يمكن الاحتفاظ بوعاء النفايات بالمعمل (ويغطي إذا لزم الأمر) طالما لا تخرج منه أبخرة خطرة لحين أن يمتلئ.
٥. يجب تفادي تكون شحنة كهربية استاتيكية علي مخلفات السوائل القابلة للاشتعال وذلك بمعادلتها باستخدام أرضي بالنسبة 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 اليومى إن أمكن من مخلفات المواد الكيميائية المستخدمة والتخلص من وقت لآخر من الكميات الكبيرة المتراكمة من المخلفات الكيميائية.
١٠. يجب تحديد شخص بذاته فى المعمل يكون مسئولا عن تنفيذ عملية التخلص من المخلفات الكيميائية.
١١. الرجوع إلى بطاقات الأمان لمعرفة الطرق والأساليب السليمة للتخلص من نفايات الكيماويات.

ب. المعالجة والتخلص الوقائي:

١. النفايات التي يمكن معالجتها داخل المعمل تعالج بطريقة آمنة أو تحول إلي مواد غير خطرة باستخدام طرق معتمدة قبل إرسالها للتخلص النهائي.
٢. مركبات الكروم السداسى الضارة عالية السمية يتم اختزالها باستخدام كبريتيت الصوديوم إلى مركبات الكروم الثلاثى غير الضارة.
٣. مركبات السيانيد عالية السمية يتم أكسدتها 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 تلقي في البالوعة وتجمع في عبوات للتخلص منها.
٦. تبخر المذيبات العضوية وتسترجع إذا كان المذيب لا يسبب ضرراً أو تجمع ويتم ترميدها.
٧. المحاليل المحتوية على أحماض أو قلويات تعادل وتخفف بالماء قبل التخلص منها في شبكة المجاري.
٨. تعامل الكواشف منتهية الصلاحية والمتبقية الملوثة أو ليس 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 هى مواد محتوية على أو ملوثة بعوامل بيولوجية خطرة وتشتمل على أطباق بترى وأنابيب وحقن وأبر وأوساط وقفازات وماصات استخدمت فى التحاليل البيولوجية فى التعامل مع مواد خطرة، 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 محلولى 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 الأسمنت 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 المعملية 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 الميكروئي.
- 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 وفصلها عن مخلفات المذيبات العضوية غير الهالوجينية.
- تجنب ما أمكن استخدام المواد المحتوية على باريوم - زرنيخ – كادميوم – كروم – رصاص – زئبق – سيلينيوم - فضة.

خطر الحريق

عرف الإنسان النار من خلال ملاحظته للبراكين والبرق والحرائق المشتعلة في الغابات وكانت أول مرة يشاهد فيها النار حين رأى تطاير الشرر عندما يقدح حجر صوان بآخر. وبعد أن تطورت معرفة الإنسان بالنار صنعت عيدان الثقاب في القرن السابع عشر. ويحدث الحريق عادة بتوفر عناصر الحريق الرئيسية وهي ثلاث عناصر سميت بمثلث النار ويتمثل بالعناصر التالية:

١. مادة قابلة للإشتعال
٢. الأكسجين " من الهواء الجوي"
٣. مصدر إشعال "ويكفي ان يكون ارتفاع درجة الحرارة للمواد الكيميائية"

وتوجد أربع درجات للحريق، وهى تعتمد على نوع المواد المحترقة. وهناك أنواع مختلفة من مواد الإطفاء لمقابلة هذه الدرجات الأربع. وإذا استخدمت مادة إطفاء غير مناسبة فقد تتعقد المشكلة. لذا يجب أن يكون العمال على دراية واسعة بكل درجة من درجات الحريق، وطرق إطفائها والتعامل معها.

تصنيف الحـــــرائق (Classification of Fires)

التصنيف الحديث الذي تم الاستقرار عليه هو تقسيم الحرائق إلى أربع درجات كما يلى:

١ - حرائق النوع الأول

وهى التي تنشأ في المواد الصلبة التي تكون غالباً ذات طبيعة عضوية (مركبات الكربون) كالورق والخشب والأقمشة وغيرها من الألياف النباتية وهى عادة تحترق على هيئة جمرات متوهجة، وتتميز بأن غالبية هذه المواد مسامية ويسهل عليها أن تتشرب الماء بما يؤثر على تبريدها من الداخل لذلك يعتبر الماء أكثر الوسائل ملائمة لإطفاء هذا النوع من الحرائق.

٢ - حرائق النوع الثانى

وهى الحرائق التي تحدث بالسوائل أو المواد المنصهرة القابلة للاشتعال ولأجل تحديد أنسب مواد لإطفاء هذه الحرائق يمكن تقسيم السوائل القابلة للالتهاب إلى نوعين:

- سوائل قابلة للذوبان أو الامتزاج في الماء.
- سوائل غير قابلة للذوبان مع الماء.

وعلى ضوء ذلك يمكن تحديد نوعية الوسيط الإطفائي المناسب ويتضمن ذلك رشاشات المياه أو الرغاوى أو أبخرة الهالوجينات أو ثاني أكسيد الكربون أو المساحيق الكيماوية الجافة.

٣- حرائق النوع الثالث

وهى حرائق الغازات القابلة للاشتعال وتشمل الغازات البترولية المسالة كالبروبان والبيوتان وتستخدم الرغاوى والمساحيق الكيماوية الجافة لمواجهة حرائق الغازات في حالة السيولة عند تسربها على الأرض وتستخدم أيضا رشاشات المياه لأغراض تبريد عبوات الغاز.

٤- حرائق النوع الرابع

وهى الحرائق التي تحدث بالمعادن، ولا تستخدم المياه لعدم فاعليتها كما أن استخدامها له مخاطره، كذلك الحال عند استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون أو المساحيق الكيماوية الجافة على البيكربونات ويستخدم عادة مسحوق الجرافيت أو بودرة التلك أو الرمل الجاف أو أنواع أخرى من المساحيق الكيماوية الجافة لإطفاء هذا النوع من الحرائق.

طرق إطفاء الحرائق (نظرية الإطفاء)

تعتمد نظرية إطفاء الحريق على الحد من تواجد عامل أو أكثر من العوامل الثلاثة السابق ذكرها المحدثة للحريق، أي أن نظرية الإطفاء تعتمد على كسر مثلث الاشتعال بإزالة أحد أضلاعه أو كل أضلاعه ولذلك تخضع عمليات الإطفاء لثلاث وسائل هي:

أولاً: تبريد الحريق

ويقصد به تخفيض درجة حرارة المادة المشتعلة وذلك باستخدام المياه والتي يتم قذفها على الحريق وتعتمد هذه الوسيلة أساساً على قــدرة امتصاص الماء لحرارة المادة المشتعلة فيها النار، ويلاقى الماء عند استخدامه لأغراض التبريد نوعين من التغيرات فأنه ترتفع درجة حرارته إلى أن تصل إلى درجة

غليانه وتحوله إلى بخار يعلو سطح الحريق، ويفيد ذلك في عمليات كتم النيران بإنقاص نسبة أكسجين الهواء المتاح.

ثانياً: خنق الحريق

يتم خنق الحريق بتغطيته بحاجز يمنع وصول أكسجين الهواء إليه وذلك بالوسائل التالية:

- غلق منافذ وفتحات التهوية بمكان الحريق للتقليل من نسبة الأكسجين في الهواء إلي النسبة التي لا تسمح باستمرار الاشتعال.
- تغطية المادة المشتعلة بالرغاوى الكيماوية.
- إحلال الأكسجين ببخار الماء أو ثاني أكسيد الكربون أو المساحيق الكيماوية الجافة أو أبخرة الهالوجينات.
- يمكن إطفاء الحريق بفصل اللهب عن المادة المشتعلة فيها النيران وذلك عن طريق نسف مكان الحريق باستخدام مواد ناسفة كالديناميت، وهذه الطريقة المتبعة عادة لإطفاء حرائق آبار البترول.

ثالثاً: تجويع الحريق

يتم تجويع الحريق بالحد من كمية المواد القابلة للاشتعال بالوسائل التالية:

- نقل البضائع والمواد المتوفرة بمكان الحريق بعيداً عن تأثير الحرارة واللهب مثل سحب السوائل القابلة للاشتعال من الصهاريج الموجود بها الحريق، أو نقل البضائع من داخل المخـــازن المعرضة لخطر وحرارة الحريق، أو إزالة النباتات والأشجار بالأراضي الزراعية لوقف سريان وانتشار الحريق.
- إزاحة وإزالة المواد المشتعلة فيها النيران بعيداً عن المهمات المجاورة القابلة للاشتعال لخطر الحرارة واللهب كسحب بالات الأقطان المشتعلة فيها الحريق من داخل مكان التخزين إلى مكان آخر لا يعرض المهمات المجاورة للأخطار.
- غلق محابس الغازات القابلة للاشتعال.

- تقسيم المواد المحترقة إلى أجزاء صغيرة لتصبح مجموعة حرائق صغيرة يمكن السيطرة عليها مثل الطرق على الأخشاب المشتعلة لتفتيتها إلى أجزاء صغيرة أو مزج جزئيات الماء بسطح السوائل القابلة للالتهاب.

الوقاية من الحرائق:

حتى يمكن الوقاية من الحرائق، فإنه يجب اتباع التعليمات التالية:

- ترتيب ونظافة مكان العمل وتزويده بأوعية جمع القمامة والمخلفات.
- منع التدخين بأماكن العمل.
- تزويد مكان العمل بمعدات مكافحة الحرائق المناسبة لنوع الأخطار المحتملة.
- تزويد مكان العمل بوسائل الإنذار بالحريق الآلية.
- توفير وسيلة اتصال سريعة لطلب النجدة من أقرب محطة إطفاء.
- وضع خطة لمكافحة الحريق فى المحطة، وسرعة إخلاء الأفراد والمهمات والوثائق.
- تدريب الأفراد فى كل وردية على استخدام معدات مكافحة الحريق.
- وضع علامات الارشاد والتحذير من أخطار الحريق فى الأماكن المناسبة.
- توفير المخارج والسلالم التى تتيح للأفراد الهروب من مكان الحريق.

طفايات الحريق وانواعها

طفاية الحرية عبارة عن أسطـــوانة معدنية مملوءة بالماء أو بمـــادة كيميائية ثقيلة عازلة تعمل علي عزل الأوكسجين عن المادة المحترقة، وعمل طفايات الحرائق هو إزالة على الأقل أحد العناصر المسببة للاشتعال مما يؤدي إلـــى كبح وتثبيط تفاعل الاحتراق ويمكن تصنيف طفايات الحرية كما يلي:

طفايات الماء :

عادة ما تكون الأسطوانة حجمها كبير، فضية اللون ويملأ ثلثـــي الأســـطوانة بالماء ويستخدم الهواء العادي كغاز للضغط الداخلي، وتزود بمقياس للضغط.

يستخدم هذا النوع من الطفايات لإخماد الحرائق من النوع (A) ولكنها غير مناسبة بل وخطيرة الاستخدام في مواضع أخرى، فيجب تجنب استخدامها في إخماد الحرائق الناجمة عن الماس الكهربائي من النوع (C) فالماء موصل جيد للكهرباء وسوء الاستخدام هنا سيؤدي إلى صعقات كهربائية مميتة. وكذلك يجب تجنب استخدامها في الحرائق التي تسببها السوائل القابلة للاشتعال من النوع (B) لأن الماء سوف يزيد من مساحة منطقة الحريق ولن تتم السيطرة عليه وسيزداد الأمر سوءاً.

طفايات ثاني أكسيد الكربون:

هذه الأسطوانة حمراء اللون، ذات فوهة كبيرة غير مزودة بمقياس للضغط، مملوءة بغاز ثاني أكسد الكربون المضغوط في حالته السائلة وعند الاستخدام يندفع خارج الأسطوانة في حاله غازية نتيجة لانخفاض الضغط.

وغاز ثاني أكسيد الكربون غاز ثقيل فهو أثقل من الأكسجين ولذلك فهو يهبط بسرعة على المنطقة المحترقة ليغطيها ويعزل عنها الأوكسجين، كما يتمتع ببرودة عالية تساعد على انخفاض درجة الحرارة وبالتالي تثبيط عملية الاحتراق.

ويعتبر هذا النوع من الطفايات الاختيار الأنسب لإخماد الحرائق الناجمة عن المواد السائلة القابلة للاشتعال (B) والحرائق الناجمة عن الالتماس الكهربائي (C)، ولا يستخدم لإطفاء الحرائق من النوع (A).

طفايات مسحوق المواد الكيميائية الجاف.

هذا النوع من الطفايات أكثر الطفايات شيوعا واستخداما وهي ذات أسطوانة حمراء اللون أيضا ولها خرطوم طويل في نهايته فوهة صغيرة، ومزودة بمقياس للضغط، تملأ الأسطوانة بمسحوق المادة كيميائية التي قد تكون فوسفات الأمنيوم الأحادي، أوثاني كربونات البوتاسيوم أو ثاني كربونات الصوديوم، ويستخدم غاز النيتروجين لزيادة ضغط الأسطوانة، وتعمل هذه

المواد الكيميائية كغطاء تعزل الحريق عن الأكسجين المحيط وتكبح عملية الاحتراق.

وهناك أنواعا متعددة من هذه الطفايات يملأ كل منها بمادة كيميائية مناسبة ولكل منها استخدام يتوافق مع نوع المادة المشتعلة والحريق الناجم عنها فمنها:

- المستخدم لإخماد حرائق النوع (DC)
- المستخدم لإخماد حرائق النوع (BC)
- المستخدم لإخماد حرائق النوع (ABC)

الأخطاء الشائعة عند مكافحة الحريق باستخدام طفايات الحريق اليدوية:

١. مكافحة الحريق عكس تيار الهواء، يقلل من كفاءة الإطفاء ويعرض حاملها للحرارة والدخان ومادة الإطفاء.
٢. عدم توجيه المقذوف إلى قاعدة اللهب.
٣. البدء بقذف المادة الإطفائية قبل الاقتراب إلى مسافة مؤثرة.
٤. عدم التأكد من إخماد الحريق فيعاود الاشتعال.

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

١. يجب توافر طفايات الحرائق وتكون في مكان يسهل الوصول إليه ومدون عليها طريقة الاستخدام.
٢. يجب وجود نظام إنذار للحريق و يكون بالمعامل طفايات حريق يمكن حملها.
٣. يجب التدريب المستمر علي استخدام أجهزة الإطفاء.
٤. عند حدوث حريق يجب إخطار إدارة الحريق المعنية مع محاولة الإطفاء باستخدام الأجهزة المتوافرة وعلي من لا يستطيع المساعدة إخلاء الموقع.

٥. حرائق الملابس تطفأ بالدش أو بجهاز الإطفاء (ثاني أكسيد الكربون أو الرغوي).
٦. يجب التأكد من سلامة التوصيلات الخاصة بالغازات.
٧. يجب توافر أغطية مكافحة الحريق.
٨. طفايات ثانى أكسيد الكربون لا تترك أثرا واستعمالها نظيف ولذا يستحسن استخدامها للحالات المناسبة.
٩. الحرائق الناجمة عن القلويات والكيل المعادن وليثيوم ألومنيوم هيدريد والسيلانات لا يستخدم الماء أو الرغاوى فى إطفائها ويستحسن استخدام رمل الاطفاء أو طفايات العناصر المعدنية.
١٠. يستخدم ثانى أكسيد الكربون أو البودرة لإطفاء السوائل الملتهبة.
١١. حرائق الغازات الخارجة من الأسطوانات تطفأ بقفل صمام الاسطوانة إذا أمكن أو تطفأ أولا بالبودرة أو الرمل ثم يقفل الصمام.

ويبين الجدول رقم (١٤-١) أنواع الحرائق المختلفة وطريقة إطفائها، كما يعرض الشكل رقم (١٤-٦) أنواع طفايات الحريق، كما يعرض الشكل رقم (١٤-٧) طريقة الإطفاء بمواد الإطفاء المختلفة.

جدول رقم (١٤-١)

أنواع الحرائق المختلفة وطريقة إطفائها

نوع الحريق	مصدر المادة المحترقة	طريقة الاطفاء
أ	المواد القابلة للاشتعال العادية مثل الخشب والملابس والورق والمطاط والبلاستيك	• طفايات المياه • طفايات الهالون • طفايات الرغوة
ب	المواد القابلة للاشتعال والغازات والشحوم والمذيبات العضوية	• طفايات ثانى أكسيد الكربون • طفايات المسحوق (البودرة) • طفايات الهالون • طفايات الرغوى
جـــ	الأجهزة الكهربائية والسخانات والأفران	• طفايات ثانى أكسيد الكربون • طفايات المسحوق (البودرة) • طفايات الهالون
د	العناصر القابلة للاشتعال عند التعرض للمـــاء مثـــل الصوديوم – بوتاسيوم – ماغنسيوم – ليثيوم	• طفايات العناصر المعدنية • الرمل الجاف

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

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

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

د. طفايات الماء المضغوط (حرائق النوع A فقط)

شكل رقم (١٤-٦)
أنواع طفايات الحريق

الماء

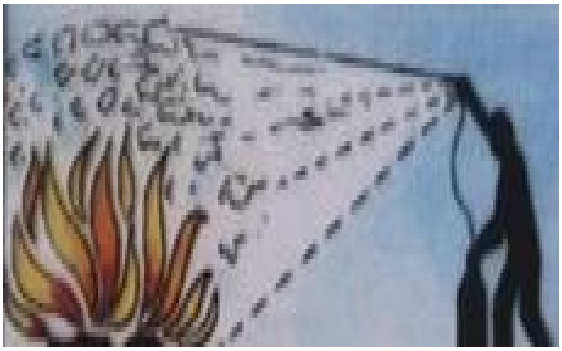
يوجه إلى قاع اللهب

ثانى أكسيد الكربون والهالون

يوجه بالقرب من المصدر بقدر الإمكان ومن أسفل إلى أعلى

البودرة الجافة

يبدأ بمصدر اللهب ثم إلي أعلى



الرغوة

لا يسمح بتوجيه تيار الرغوة على السائل المحترق

ويسمح للرغوة بالتساقط على اللهب من أعلى

شكل رقم (١٤-٧)

طريقة الإطفاء بمواد الإطفاء المختلفة

خطـــــة الإدارة والمعمل لمواجهة الحرائق

على المعمل أن يعد خطة لمتابعة نظافة المعمـل والكشـف الـدوري علـى وصلات الكهرباء ومواسير المياه والتخزين والتداول الصـحيح للكيماويـات المستخدمة والتخلص الآمن من مخلفات الكيماويات وتوافر وصلاحية معدات الأمان ومهمات الوقاية الشخصية للحفاظ على سلامة المعمل وحماية الأوساط البيئية المحيطة وتأمين العاملين بالمعمل.

مراحل خطة التعامل مع الحريق:

- ما قبل وقوع الحريق.
- أثناء الحريق.
- ما بعد وقوع الحريق.
- تسجيل النتائج والدروس المستفادة.

مرحلة ما قبل وقوع الحريق:

- تحديد مناطق ومصادر الخطر بالمعمل.
- التدريب على تـأمين العـاملين والمعمـل والأجهـزة والكيماويـات والمستندات.
- تدريب مجموعة مكافحة الحريق على المعدات المناسبة.
- توفير معدات ومهمات الوقاية من خوذات وكمامات ونظارات وملابـس مقاومة للحريق ومعدات الإطفاء.
- إعلام وتدريب العاملين على كيفية التصرف أثناء وقوع الحريق.
- تحديد نوع وكمية معدات الإطفاء المتاحة (تـاريخ اسـتلامها – تـاريخ انتهاء صلاحيتها).
- خريطة لشبكة المياه المعدة لإطفاء الحريق بالمعمل.

مرحلة أثناء وبعد الحريق:

- عزل المصادر الحرارية والكهربائية بالمعمل.
- محاصرة مصدر الحريق وعزله والعمل على عدم انتشاره.
- إخلاء مكان الحريق من العاملين وتنظيم عملية الإخـلاء فـى أقصـر الوقت.

- توجيه العاملين إلى مكان الإخلاء.
- التأكد من عدم تواجد أى من العاملين بمنطقة الحريق.
- ارتداء الملابس الواقية.
- القيام بأعمال مكافحة الحريق باستخدام المواد المناسبة (رغوى – مياه – ثانى أكسيد الكربون – رمل).
- إجراء الإسعافات الأولية الناتجة عن الاختناق والاحتراق والجروح.
- الاتصال الفورى لطلب المساعدة الخارجية إذا لزم الأمر من وحدة إطفاء الحريق المركزية – الشرطة – وحدة خدمات الطوارئ – وحدة الإسعاف.
- نقل المصابين إلى أقرب مستشفى إذا لزم الأمر.
- إزالة آثار الحريق من مواد تالفة وبقايا الحريق.
- استعادة الوضع الطبيعى للمعمل وظروف التشغيل العادية.
- تعويض الفاقد من معدات الأمان ومكافحة الحريق.
- متابعة عمليات الصيانة والترميم بأماكن الحريق.
- إعداد تقرير عن أسباب الحريق وطريقة التغلب عليه والدروس المستفادة لعدم تكراره.

التعامل مع الانسكابات

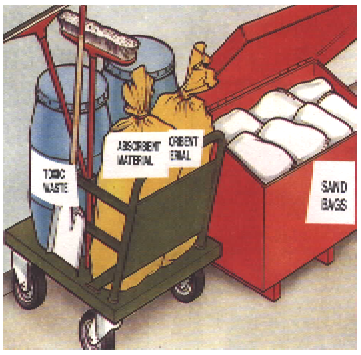
أ. الإجراءات اللازمة:

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

١. تفرغ المنطقة الملوثة من العاملين.
٢. إذا كانت المادة المنسكبة قابلة للاشتعال توقف الأجهزة التى يصدر عنها حرارة أو شرارة ويطفأ اللهب.
٣. يرتدى مسئول التنظيف ملابس واقية وكمامة لتجنب استنشاق الأبخرة الضارة.
٤. يمكن تقسيم المواد المنسكبة إلى: أحماض أو قلويات وأمونيا أو مذيبات عضوية أو سوائل عضوية أو مواد كيميائية صلبة محدودة الخطورة أو غير خطرة.

٥. تكنس وتجمع المواد الكيميائية الصلبة بواسطة مكنسة وجاروف وتوضع فى أكياس بلاستيكية.
٦. تحصر المذيبات و السوائل العضوية المنسكبة فى أقل مساحة بإحاطتها بالرمل ورش الرمل أو أى مادة ماصة عليها لمنع انتشارها وامتصاصها والتعامل معها ويراعى عدم تولد غازات خطرة.
٧. تغسل منطقة الإنسكابات بمحلول يزيل بقايا الملوثات حيث يستخدم الخل لغسل بقايا انسكابات القلويات وبيكربونات الصوديوم لغسل بقايا الأحماض.
٨. تغسل المنطقة بالماء والصابون أو محلول منظم و وتجفف.
٩. يكشف عن بقايا المادة المنسكبة
١٠. تجمع المواد الماصة ويتخلص منها بالحرق فى حالة المواد العضوية أو بالغسيل بالماء لمعادلتها والصرف على شبكة الصرف الصحى.

ويعرض الشكل رقم (١٤-٨) طريقة التعامل مع الإنسكابات والأدوات اللازمة.



شكل رقم (١٤-٨)

طريقة التعامل مع الإنسكابات والأدوات اللازمة

ب. الأدوات اللازمة:

يجب أن يحتفظ المعمل بالأدوات اللازمة لإزالة الانسكاب وتتمثل فى:

١. أدوات وقاية وتشمل على قفازات من مادة النتيريل 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. وسائد امتصاص من الرمل أو مادة ماصة.
٨. مكنسة وجاروف.

خطـــــة الإدارة والمعمل لمواجهة التســـــرب 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 الغبار الملاصق لإطار النوافذ.
- تنظيف السطح الخارجي للدواليب والثلاجة والحضانات.
- تنظيف السطح الداخلي لكل الدواليب.
- مسح الأرضيات باستخدام الماء وكمية قليلة من المطهر (سفلون أو ديتول).
- تطهير أسطح الطاولات 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 يلى بعض الاعتبارات الهامة الواجب مراعاتها:

١. يجب ارتداء ملابس خاصة بالعمل (معطف ذو أكمام طويلة أو مريلة) ولا تؤخذ للغسيل بالمنزل وتنزع عند الخروج من العمل.
٢. تكون الملابس الخارجية والداخلية من الأقطان التى لا تسبب زيادة ضرر عند التعرض للحريق (كأن تنصهر مثلا).
٣. تستخدم ملابس مناسبة لكل عمل على حدة (كأن تكون واقية من الحريق عند العمل بالإطفاء أو تكون معاملة لتكون غير مسامية عند التعامل بالمواد والسوائل الكاوية).
٤. يحتفظ بملابس الوقاية نظيفة حتى لا تسبب إعادة التلوث لمستخدمها.
٥. تستخدم أحذية مريحة من الجلد ومقفلة وذات كعب عريض لتقليل فرصة اختلال الاتزان و لا تستخدم الصنادل أو الأحذية الرياضية.
٦. يجب استخدام نظارات واقية ذات حواجز جانبية مقاومة للكسر والحرارة عند إجراء التجارب الخطرة لحماية العين من تناثر المواد

الصلبة والسائلة الخطرة والزجاج وعند حدوث ماس كهربى ينتج عنه نحاس مصهور متطاير.

٧. يحظر ارتداء العدسات اللاصقة.

٨. يجب أن تتناسب القفازات الواقية مع طبيعة العمل ويجب الكشف عليها قبل كل استخدام ويستبعد كل قفاز تالف.

٩. يستخدم قناع واقى مناسب عند العمل بالغازات الخطرة ويجب التأكد من صلاحيته مرة كل عام.

١٠. تستخدم قبعات خاصة لحماية الشعر إذا لزم الأمر.

القواعد العامة للسلامة فى المعامل الكيميائية

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

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

٢. عدم إجراء أى تجربة دون الالتزام بارتداء مهمات الوقاية الشخصية المناسبة.

٣. معرفة أماكن حفظ وتخزين أجهزة الطوارئ قبل إجراء التجارب (دش العيون – الطفايات – أدشاش السلامة – أجهزة إنذار الحريق).

٤. عدم تخزين الأطعمة والمشروبات والتدخين فى المعامل.

٥. عدم استخدام الأفران أو الثلاجات لتسخين أو حفظ الأغذية.

٦. عدم سحب المحاليل بالماصة باستخدام الفم مباشرة وتستخدم المضخات المناسبة.

٧. عدم ارتداء ملابس واسعة تعوق الحركة.

٨. تنظيف المعمل بعد انتهاء العمل.

٩. تجنب العمل فى حالة منفردة.

١٠. الرجوع إلى بطاقات الأمان عند التخلص من الكيماويات الزائدة.

١١. لا يستخدم اللهب المباشر لتسخين مواد قابلة للاشتعال.

١٢. عدم توجيه فتحة أنبوبة الاختبار أثناء التسخين فى اتجاه 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 خطرة 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.

الاسعافات 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 مطمورا أو ملتصقا بالمقلة فلا تحك العين واحني الرأس للخلف وحاول إزالة الجسم الغريب بالغسيل بماء معقم بواسطة وعاء غسل العين.

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

ج. الحروق المباشرة من مصدر حرارى:

١. أرقد المصاب على الأرض ولا تسمح بملامسة الجزء المحروق للأرض وأسكب الماء البارد على الحرق وضع قطع ثلج حتى يزول الألم وعالج الحرق بحمض البكريك.
٢. إزالة الخواتم والساعات والأحزمة والملابس الضيقة قبل أن تتورم وأنزع الملابس المبللة بعد أن تبرد ولا تنزع أى شئ ملتصق بالحرق.
٣. غط المنطقة المصابة بضمادة معقمة ولا تفقأ النفطات ولا تنزع الجلد السائب ولا تعبث بالمنطقة المصابة ولا تضع غسولاً أو مراهم أو مواد دهنية على الإصابة.

د. الحروق الكيميائية فى العين:

١. لا تفرك عين المصاب وضع الجزء المصاب تحت ماء بارد 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 ويلقي 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 فى الحال.
٢. فى حالة عدم معرفة السبب فى التسمم يعطي المصاب كمية من الماء أو اللبن أو محلول يساعد على التقيؤ.
٣. عدم إعطاء منبهات فيما عدا القهوة الدافئة.
٤. فى حالة معرفة سبب التسمم يرجع إلى بطاقات بيانات السلامة (MSDS) للمادة المسببة للتسمم.

ط. الكسور:

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

ك. الصدمات:

١. يمدد المصاب فى 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 وفى حالة عدم وجود جروح يدلك أطراف المصاب فى اتجاه القلب لتنشيط الدورة الدموية.

٤. يعطي المصاب مادة منبهة وإذا كان فاقداً للوعي يمكن تنبيهه عن طريق استنشاق الأمونيا.
٥. تجري عملية تنفس صناعى إذا لزم الأمر.

نظام إدارة الأمن والسلامة فى المعمل

دليل إدارة الأمن والسلامة:

يعد المعمل دليلا لإدارة الأمن والسلامة والحماية من الأخطار المحتملة يشتمل على قواعد وتوجيهات جيدة للتعامل مع الأخطار المعملية. ويشتمل الدليل على السياسات العامة والتوجيهات والتوصيات ومتطلبات التدريب وأجهزة الحماية المستخدمة وطرق التشغيل القياسية وتحديد مسئولية 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 الأيدى ودش الأمان ووحدة غسل العيون وبطانيات الحريق وطفايات الحريق وأجهزة التنفس ومكان مواد الإسعافات الأولية. ويشتمل الجزء المذكور سابقا فى هذا الباب العديد من النقاط التى 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 مثلا).
- ماهو سبب الخطر؟ (بيولوجى – كيميائى – إشعاعى).
- اتخاذ الإجراءات المناسبة.