

الفصل الثامن

التحليل الكيميائي لمياه الشرب

الفصل الثامن

التحاليل الكيميائية لمياه الشرب

أهداف التدريب (التعلم):

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

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

أنواع التحاليل

التي تجرى

على المياه

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

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

التحاليل الفيزيائية

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

التحاليل الإشعاعية

المواد المشعة (مشتقات من فصيلة ألفا، بيتا).

التحاليل الكيميائية

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

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

التحليل البيولوجية

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

التحليل الكيميائية والفيزيائية

١. درجة الحرارة Temperature

تقاس درجة الحرارة بدرجة السيليزيوس (مئوية) أو الفهرنهايت والعلاقة بينها كالتالي ($^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F} - 32)$) ويمكن استخدام الترمومتر الزئبقى فى القياس ويجب أن يكون تدريجه يسمح بقراءة 0.1°C كما يمكن استخدام محس الحرارة الموجود فى أجهزة قياس الأس الأيدروجينى لهذا الغرض. وتسجل النتيجة الرقمية أو قراءة الترمومتر. وتعتبر درجة الحرارة هامة فى بعض القياسات مثل قياس الرقم الأيدروجينى أو التوصيل الكهربى الذى تتأثر قيمتهما بتغير درجة الحرارة ويجب تسجيل درجة الحرارة التى تم عندها القياس.

دلالة الاختبار

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

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

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

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

أساس القياس:

يتفاوت قياس التوصيل الكهربائي نتيجة ذوبان بعض الأملاح المعدنية في الماء ويمكن استخدام قيم التوصيل الكهربائي في معرفة كمية المواد الذائبة . وتؤثر درجة الحرارة في قراءة التوصيل الكهربائي كما هو مبين من المعادلة الآتية والتي يجب أخذها في الاعتبار والحسابات. وجهاز قياس التوصيل يحتوي على مقياس لأكثر من مدى ويجب استخدام المدى المناسب والتحول إلى المدى الآخر إذا لم يكن المدى المستخدم مناسباً:

٢. التوصيل الكهربائي Electrical Conductivity (EC)

طريقة الحساب:

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

حيث:

T: هي درجة الحرارة التي يجري عندها القياس.

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

الاحتياطات:

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

٣. تجرى معايرة للخلية المستخدمة.

٤. يستخدم ماء توصيل (Conductivity Water) عند تحضير المحاليل القياسية.

٥. يجرى قياس التوصيل بأسرع ما يمكن.

دلالة الاختبار

التوصيل الكهربى، هو رقم للتعبير عن قابلية المحلول المائى على توصيل التيار الكهربى، وهذه القدرة تعتمد على وجود الأملاح، وتركيزها، وتكافؤات أيوناتها المعدنية ويمكن استخدام قيم التوصيل الكهربى فى معرفة كمية المواد الذائبة، ومعامل التحويل يتراوح بين ٠.٥٥ إلى ٠.٠٩. وعند ضرب قيمة التوصيل الكهربى (ميكروأوم/سم) فى هذا المعامل ينتج كمية المواد الذائبة (مجم/لتر). ويتراوح التوصيل الكهربى للمياه الصالحة للشرب من ٥٠ إلى ١٥٠٠ مللى أو/سم.

تعريف العكارة

٣. العكارة
Turbidity

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

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

تأثير العكارة على مراحل التنقية

تسبب زيادة العكارة الأضرار التالية:

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

التأثير على الصحة العامة:

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

طرق قياس العكارة:

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

الاحتياطات:

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

طريقة الحساب:

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

وحدة القياس: NTU وهي (Nephelometric Turbidity Units)

طرق التخلص من العكارة:

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

دلالة الاختبار:

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

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

المقصود بالرقم الهيدروجيني:

٤. الأس (الرقم)

الأيديروجيني pH

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

$$[pH] + [pOH] = 1$$

أسباب التغير في الرقم الهيدروجيني للمياه وتأثير ذلك على المعالجة:

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

طرق قياس الأس الهيدروجيني:

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

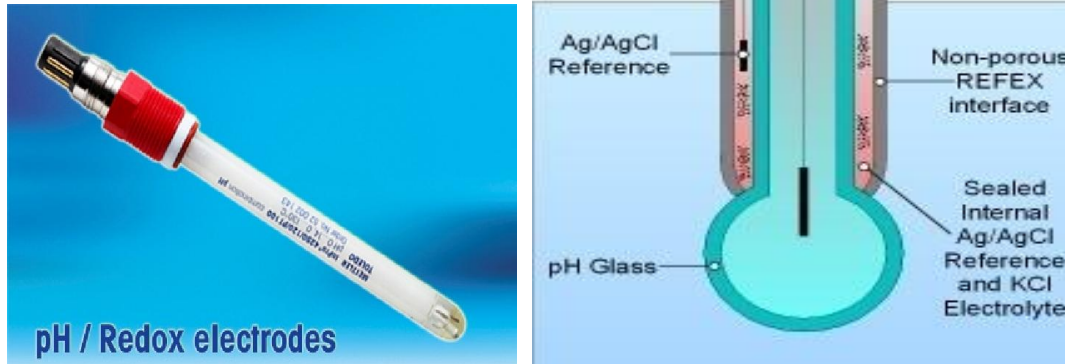
- جهاز قياس الرقم الهيدروجيني ذو القطب الزجاجي كما هو موضح بالشكل رقم (٨-١).
- جهاز مقارنة لونية باستخدام الدلائل الكيميائية.

جمع العينات:

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

خطوات التشغيل القياسية لجهاز pH:

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



شكل رقم (٨-١)

الأقطاب الزجاجية لجهاز pH

- وكل وحدة رقم أيروجين $pH = 58.16$ مللي فولت عند درجة حرارة $25^{\circ}C$.
- تغسل الأقطاب بالماء المقطر وتجفف قبل إجراء القياس.

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

دلالة الاختبار:

يعتبر قياس الأس الهيدروجيني pH من أهم المعايير، وأكثرها استخداماً في التحقق من نوعية المياه، ويستخدم هذا الأس في حسابات القلوية، وثاني أكسيد الكربون، والتوازنات الحامضية والقاعدية. ويتراوح الأس الأيدروجيني الطبيعي للمياه عادة بين ٤ و ٩، وتميل معظمها إلى القلوية لوجود البيكربونات والكربونات لبعض عناصر الألقلاء والألقلاء الأرضية. ومستوى الأس الأيدروجيني في مياه الشرب يجب أن يتراوح بين ٦.٥ و ٨.٥.

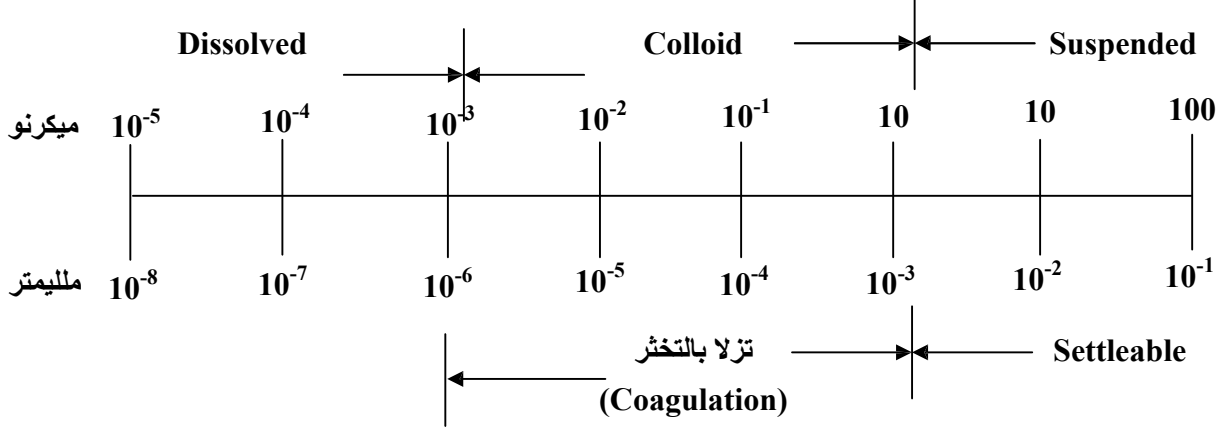
٥. المواد الصلبة Solids

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

- أ. مواد عالقة Suspended، وهي المواد التي لا يقل نصف قطرها عن ١ ميكرون على الأقل.

ب. مواد قابلة للترسيب Settleable، وهى التى تترسب فى قاع مخروط إمهوف (Imhoff Cone) فى فترة زمنية مقدارها ساعة، وهى مقياس لما يمكن إزالته بالتروسيب.

ج. مواد ذائبة أو قابلة للتروشيح Filterable or Dissolved، وهذه المواد إما أن تكون غروية (نصف قطر حبيباتها يتراوح بين ١ مللي ميكرون إلى ١ ميكرون) أو مواد ذائبة كلياً. وكلما زادت كمية الأملاح الذائبة، كلما ساءت نوعية المياه للاستخدام الآدمي. لذلك فإن تركيزاً قدره ٥٠٠ ملليجرام/لتر يعتبر مستوى معقولاً فى مياه الشرب. وتحسب هذه الكمية بتبخير لتر من الماء بعد تروشيحه، ووزن الراسب المتكون.



شكل رقم (٨-٢)
أنواع المواد الصلبة

والغرويات، لا يمكن إزالتها بالتروسيب، ولكن تفصل بالأكسدة البيولوجية أو التخرن.

ويمكن تصنيف أنواع المواد الصلبة السابق ذكرها على أساس وزن ما يتطاير منها بالتسخين عند درجة حرارة ٦٠٠ °م، حيث يتم أكسدة الجزء العضوي، وتطايره مخلفاً الجزء غير العضوي.

تقدير المواد الصلبة الكلية Total Solids:

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

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

$$\text{المواد الصلبة الكلية (ملليجرام/ لتر)} = (أ - ب) \times ١٠٠٠ / ج$$

حيث:

أ = وزن الكأس + الراسب

ب = وزن الكأس فارغا

ج = حجم العينة المستخدمة بالملييلتر

تقدير المواد الصلبة الذائبة Dissolved Solids:

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

$$\text{المواد الصلبة الذائبة (ملليجرام/ لتر)} = (أ - ب) \times ١٠٠٠ / ج$$

حيث:

أ = وزن البوتقة + الراسب

ب = وزن البوتقة فارغة

ج = حجم العينة المستخدمة بالملييلتر

تقدير المواد الصلبة العالقة Suspended Solids:

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

المواد الصلبة العالقة (ملليجرام/ لتر) = (أ - ب) × ١٠٠٠ / ج
حيث:

أ = وزن البوتقة + الراسب

ب = وزن البوتقة فارغة

ج = حجم العينة المستخدمة بالمليتر

التعريف بعسر المياه وأنواعه**٦. عسر المياه****Water Hardness**

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

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

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



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

وتقنيات أخرى مثل التبخير ثم التكتيف و التناضح العكسي (RO). واستخدام المبادلات الأيونية.

تأثير العسر في عمليات التنقية

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

طريقة القياس

يتم قياس عسر المياه بالطريقة الحجمية للمعايرة وذلك باستخدام محلول إيديتا (إيثيلين ثنائي أمين رباعي خلات الصوديوم) E.D.T.A في وسط قلوي من المحلول وتقاس ككربونات كالسيوم، ويبين قرار وزير الصحة والسكان رقم (٤٥٨) لسنة ٢٠٠٧ بشأن الحدود القصوى للمعايير والمواصفات الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب والاستخدام المنزلي ان الحد الأقصى المسموح به للعسر الكلي بالمياه هو ٥٠٠ مللجم/ لتر (as CaCO₃).

قياس عسر المياه عملياً بالطريقة الكيميائية:

يتم القياس عن طريق المعايرة باستخدام محلول قياس من الإيديتا E.D.T.A في وجود دليل إيروكروم بلاك تي EBT في العسر الكلي ودليل ميروكسيد Murexide في عسر الكالسيوم في وجود محلول منظم. ويعبر عن العسر بتركيز كربونات الكالسيوم:

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

دلالة الاختبار:

توجد الأملاح المسببة لعسر المياه بتركيزات متفاوتة تزيد عادة في المياه الجوفية حسب مكونات طبقات التربة التي تمر خلالها المياه ويسمح بتركيز مقداره ٠.٤ مجم مكافئ لكل كيلوجرام من العسر للاستخدام الصناعي في

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

تعريف القلوية:

٧. القلوية

Alkalinity

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

أسباب ارتفاع وانخفاض القلوية:

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

طريقة التحليل:

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

طريقة الحساب:

$$Alkalinity = \frac{A \times N \times 50,000}{ml \text{ sample}}$$

حيث:

A = حجم الحامض المستخدم في المعايرة.

N = عيارية الحامض المستخدم فى المعايرة.

وحدة القياس: mg/L CaCO_3

جمع العينات:

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

الاحتياطات:

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

دلالة الاختبار:

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

أساس الطريقة:

٨. الفوسفات

يقاس الأرثوفوسفات بتفاعله مع موليبيدات الأمونيوم أو حمض فانيدوموليبيدك لتعطى فوسفوموليبيدات أو فوسفوفانيدوموليبيدات الذي إما ان يقاس مباشرة عند طول موجى من ٤٠٠ إلى ٤٩٠ نانومتر أو يتم اختزاله باستخدام حمض الأسكوربيك أو الهيدرازين أو كلوريد القصدير الثنائي SnCl_2 ليعطي لوناً أزرق يعرف بأزرق الموليبيدوم الذي يقاس امتصاص كثافته الضوئية عند طول موجى ٦٥٠ - ٨٨٠ نانومتر باستخدام جهاز قياس طيف الامتصاص المرئي (سبكتروفوتومتر) كما يمكن قياس الفوسفات باستخدام جهاز

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

الاحتياطات:

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

طريقة الحساب:

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

وحدة القياس: (µg P/L) أو (mg P/L).

دلالة الاختبار:

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

٩. النيتريت

أساس الطريقة:

تعتمد الطريقة علي تفاعل النيتريت في وسط حامضي قوى مع سلفيناميد ليعطى ملح ديازونيوم الذي يضاف له محلول N (١. نافثيل) - إيثيلين ثنائي أمين داي هيدروكلوريد لتتكون صبغة الأزو ذات اللون الأحمر الذي يقاس كثافته الضوئية عند ٥٤٠ نانومتر والطريقة حساسة وتستخدم لتقدير ٠.٠١ الى ١.٠ ميللجرام/ لتر. وتخفف المحاليل المحتوية على تركيزات أكبر قبل قياسها.

الاحتياطات:

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

طريقة الحساب:

$$\text{Nitrite - N} = \frac{1000 \times (\text{UgNO}_2 - \text{N})}{\text{Vol. sample (ml)}}$$

وحدة القياس: (µg /L) أو (mg /L).

دلالة الاختبار:

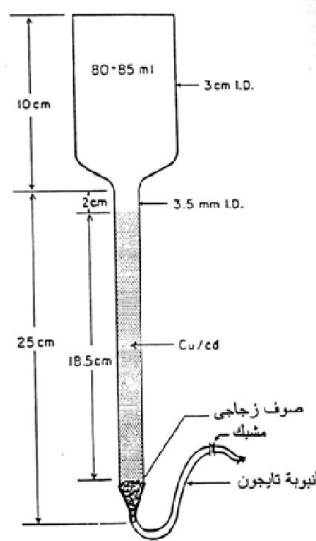
النيتريت من المواد غير الثابتة حيث يسهل أكسدته إلى صورة النترات ووجوده يعتبر مؤشراً على تلوث سابق ناشئ من أكسدة الأمونيا، وعادة لا يرتفع مستواه عن ٠.٢ مجم/ لتر في المياه السطحية أو الجوفية. ويؤدي وجود النيتريتات في مياه الشرب إلى تكوين نيتروزأمينات في الجسم وهي مركبات مسرطنة.

١٠. النترات

أساس الطريقة:

تعتمد الطريقة علي اختزال النترات إلي النيتريت، ويتم ذلك باستخدام عمود زجاجي يحتوي علي حبيبات عنصر الكاديوم المملج مع النحاس حيث يحضر بغسل ٢٥ جرام من حبيبات عنصر الكاديوم ذات أحجام ٤٠ mesh - ٦٠ بحمض أيروكلوريك ٦ عيارى ثم غمسة فى ١٠٠ مليلتر من كبريتات النحاس ٢% لمدة ٥ دقائق وملء العمود به. هو مبين في كما

الشكل رقم (٨-٣). وتقدر النترات بإمرار محلولها فى العمود وتقدير النيتريت الناتج بالطريقة السابق ذكرها، كذلك يمكن استخدام طريقة البروسين او ثنائي كبريتات الفينول الذي يتفاعلها مع النترات في وجود حمض كبريتيك يتكون مركب أصفر يمكن قياس كثافته الضوئية.



شكل رقم (٨-٣)
عمود الاختزال

الاحتياطات:

١. ترشيح العينة من أى مواد عالقة.
٢. العينات عالية العكارة يضاف إليها كبريتات خارصين لإزالة العكارة.
٣. العينات المحتوية علي نسبة عالية من الحديد - النحاس - الكاديوم، يضاف إليها EDTA لمنع تأثير هذه العناصر.
٤. يفضل إجراء التحليل مباشرة وإذا لزم الأمر تخزينها يضاف ٠.٨ سم^٣ من حمض الكبريتيك لكل لتر.

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

طريقة الحساب:

$$\text{NO}_3 - \text{N} = \frac{\mu\text{gNO}_3 - \text{N}}{\text{Vol. of sample (ml)}}$$

وحدة القياس: (mg /L)

دلالة الاختبار:

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

جمع العينات:

١١. الأمونيا

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

وتقاس الأمونيا بعدة طرق:

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

الطريقة الأولى:

تجري بنقل ٥٠٠ مليلتر من العينة وإضافة ٢٥ مليلتر من منظم البورات ذو الرقم الأيروجيني ٩.٥ ويجرى تقطير للعينة وتجمع الأمونيا في ٢٥ مليلتر من محلول حمض الكبريتيك ٠.٠٤ عيارى ويقاس الجهد باستخدام اليكترود الأمونيا أو تجمع الأمونيا في محلول ٢% حمض بوريك وتجري المعايرة الحجمية مع محلول قياسي من حمض الكبريتيك ٠.٠٢ عيارى. تجري تجربة مع تركيزات مختلفة من محلول معلوم التركيز من الأمونيا وكذلك تجربة غفل. كما يمكن تفاعل الأمونيا مع محلول نسلر تحت ظروف مناسبة لتكوين لون اصفر يقاس امتصاصه ويقارن مع منحني قياسي لتركيزات معلومة من الأمونيا ويحسب التركيز في العينة مجهولة التركيز.

الاحتياطات:

١. إذا كانت العينات ملونة ويصعب تحليلها بالطريقة الطيفية وجب أن يجرى لها تقطيرا مسبقا أو تستخدم الطريقة الجهدية باستخدام قطب الأمونيا.
٢. تتداخل الكيتونات الأرومانية والألدهيدات والكحولات في طريقة نسلر الطيفية إن وجدت. يمكن أن يجري تحليل العينات المقطرة بطرق المعايرة الحجمية مع حمض الكبريتيك أو الجهدية باستخدام بقطب الأمونيا أو الطيفية.
٣. أن يكون الأس الأيدروجيني للعينة أقل من ٢ لمنع تطاير غاز الأمونيا من المحاليل المحتوية عليه.

طريقة الحساب:١. المعايرة الحجمية:

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

حيث:

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

B = حجم حمض الكبريتيك المستخدم في معايرة التجربة الغفل.

N = عيارية حمض الكبريتيك المستخدم في المعايرة.

S = حجم العينة بالميليلتر.

٢. قياس طيف الامتصاص:

$$NH_3 - N = \frac{A \times \frac{B}{D} \times \frac{1000}{C}}{\text{حيث:}}$$

A = ميللجرامات الأمونيا - نيتروجين المقرؤة من منحنى القياس.

B = حجم المحلول المقطر المجمع في حمض البوريك.

C = حجم المحلول الذي تم تفاعله مع محلول نسلر.

D = حجم العينة الرئيسي.

الاحتياطات:

١. عند وجود أية ألوان في مياه التحاليل تستخدم طريقة التقطير أو الطريقة الجهدية.

٢. وجود الكيتونات - الأمونيا الأروماتية والألدهيدات والكحولات تتداخل في طريقة نسلر الطيفية.

٣. أن يكون الأس الأيدروجيني للعينة أقل من ٦.

٣. قياس باستخدام قطب الأمونيا:

- تحضر محاليل قياسية من كلوريد الأمونيوم بتركيز ٠.١ و ١.٠ و ١٠.٠ و ١٠٠.٠ و ١٠٠٠.٠ ميللجرام أمونيا/ لتر.
- ينقل ١٠٠ ميلليلتر من كل محلول على حدة الي كأس سعة ١٥٠ ميلليلتر ويغمر فيه قطب الأمونيا ثم يضاف ١ ملليلتر من ايدروكسيد الصوديوم ١٠ عياري.
- يرج المحلول جيدا ثم يقاس فرق الجهد الناشئ على جهاز قياس الأس الأيدروجيني بعدما تثبت القراءة.
- يرسم منحنى معايرة بين لوغاريتم التركيز وفرق الجهد المقرؤ لكل تركيز باستخدام (Semilog paper).

- تجري نفس الخطوات على العينات مجهولة التركيز وتُقارن بالمنحني القياسي للحصول على تركيز الأمونيا. وتجرى تجربة غفل تحت نفس الظروف.

طريقة الحساب

$$\text{NH}_3 - \text{N} = \frac{(A - B) \times 1000}{C}$$

حيث:

A = ميللجرامات الأمونيا - نيتروجين من منحني القياس الجهدى.

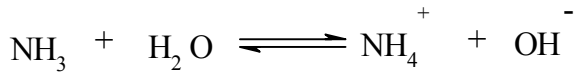
B = ميللجرامات الأمونيا - نيتروجين من التجربة الغفل.

C = حجم العينة المأخوذة بالميليلتر.

وحدة القياس: (mg/L).

دلالة الاختبار:

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



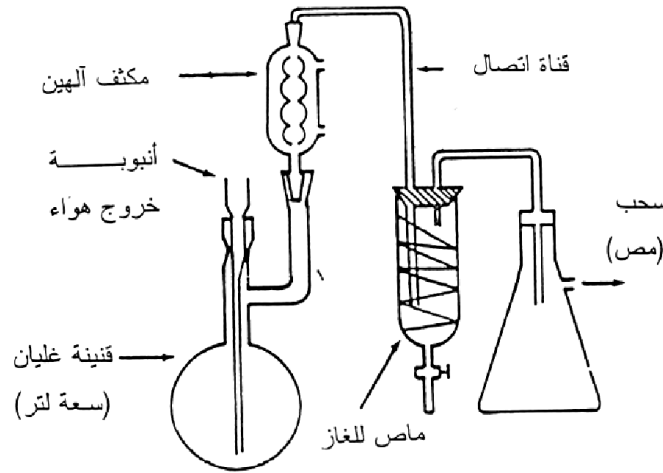
فعند أس أيديروجيني أكبر من ٧ يكثر وجود غاز الأمونيا، وعند أقل من أس أيديروجيني ٧ يكثر وجود أيون الأمونيوم، وارتفاع كمية الأمونيا بدرجة كبيرة يسبب تلوثاً ساماً. ويبلغ مستوى الأمونيا في الماء أقل من ١٠ ميكروجرام/لتر. ويعتبر الحد الأقصى المسموح به في مياه الشرب ٠.٥ مجم/لتر.

١٢. السيانيد

أساس الطريقة:

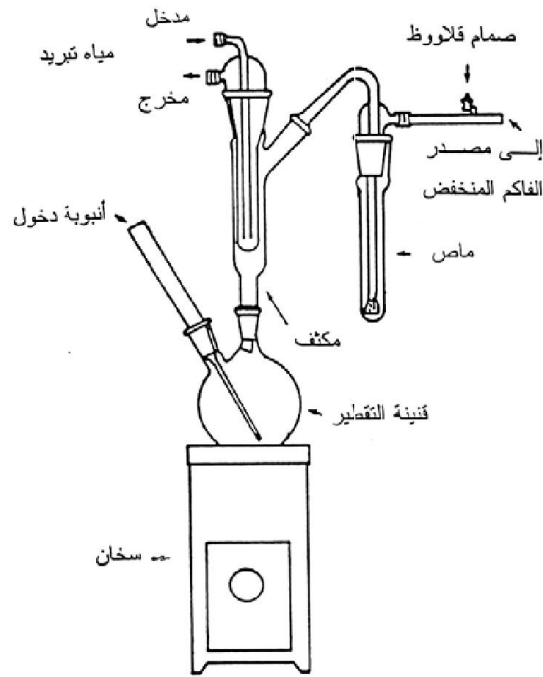
تعتمد الطريقة على تقطير العينة المحمضة وجمع حمض الهيدروسيانيك الناتج فى أيدروكسيد صوديوم وتقديره بالمعايرة الحجمية أو القياس الجهدى باستخدام قطب السيانيد الأيونى الانتقائى، أو بتحويله إلى كلوريد السيانوجين وتفاعله مع بيريدين بيرازولون أو حمض بيريدين باريتيورك وقياس كثافته الضوئية عند طول موجى ٦٢٠ و ٥٧٨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

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

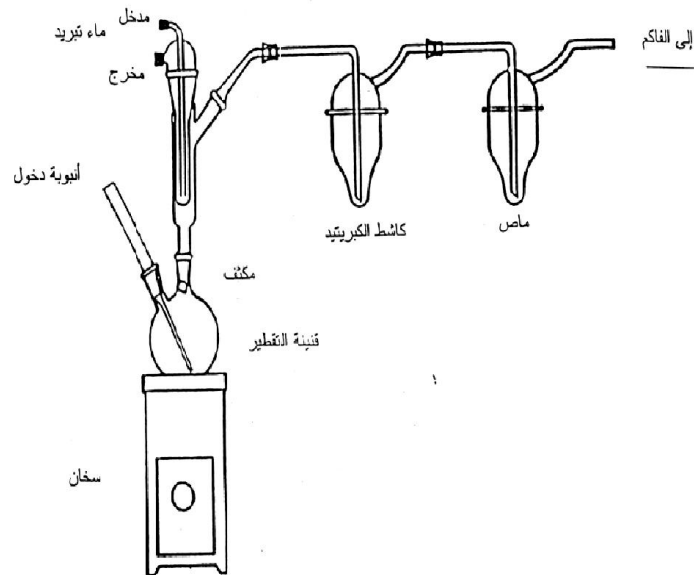


شكل رقم (٤-٨)

جهاز تقطير السيانيد، نموذج (أ)



شكل رقم (٥-٨)
جهاز تقطير السيانيذ، نموذج (ب)



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

الاحتياطات:

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

طريقة الحساب:

١. طريقة المعايرة الحجمية:

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

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:

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

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 دليلاً على وجود تلوث خطير شديد السمية ينشأ من النشاط الصناعي. وتعتبر الأسماك في مياه الأنهار مؤشراً حساساً للتلوث بالسيانيد. ومعظم السيانيد الحر يتواجد في هيئة حمض هيدروسيانيك المتطاير HCN ولا يسمح بتركيز أعلى من ٠.٠٥ مجم/لتر من السيانيد في مياه الشرب.

أساس الطريقة:**١٣. الكبريتيد**

تستخدم طريقتان إحداهما معايرة حجمية تعتمد على إضافة حجم معلوم من محلول قياسي من اليود في وسط حامضي لأكسدة الكبريتيد وتعابير الزيادة غير المتفاعلة مع ثيوكبريتات الصوديوم. والطريقة الثانية تعتمد على إضافة ثنائي ميثيل - بارا - فينيلين داي أمين في وجود كلوريد الحديدك وقياس اللون المتكون.

الاحتياطات:

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

طريقة الحساب:

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

حيث:

A = حجم اليود المضاف أو المستخدم في التجربة.

B = حجم ثيوكبريتات الصوديوم المكافئ لليود المتبقى.

وحدة القياس: (mg/L).

دلالة الاختبار:

يجب خلو مياه الشرب من الكبريتيد حيث أنه من المواد السامة ولا تتضمن المواصفة المصرية أو المواصفات العالمية حدود قصوى لتواجد هذه المادة. غير أن معايير الصرف على مياه نهر النيل تحدد تركيزاً أقصى مقداره ١ ميلليجرام/ لتر. والمصدر الأساسى 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.

أساس الطريقة:

١٤. الكبريتات

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

الاحتياطات:

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

طريقة الحساب:

$$SO_4 = \frac{mgSO_4}{ml \text{ sample}} \times 1000$$

وحدة القياس: (mg/L).

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 الحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب ٢٥٠ مجم/ لتر.

١٥. الفلوريد

أساس الطريقة:

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

الاحتياطات:

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

طريقة الحساب:

$$F = \frac{\text{mgF} \times 100}{\text{ml of sample}}$$

وحدة القياس: (mg/L).

دلالة الاختبار

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

١٦. الكلوريد

أساس الطريقة:

معايرة الكلوريد مع نترات الزئبقيك باستخدام دليل ثنائي فينيل كربازون أو مع نترات الفضة باستخدام كرومات البوتاسيوم كدليل كما يمكن استخدام قطب الكلوريد الأيونى الإنتقائى والقياس المباشر أو من خلال معايرة جهدية مع نترات الفضة.

الاحتياطات:

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

طريقة الحساب:

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

حيث:

- A = حجم نترات الزئبقيك أو نترات الفضة المستهلكة فى معايرة العينة.
 B = حجم نترات الزئبقيك أو نترات الفضة المستهلكة فى معايرة التجربة الغفل.
 N = عيارية نترات الزئبقيك أو نترات الفضة.

وحدة القياس: (mg/L).

دلالة الاختبار

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

١٧. الكلور

أساس الطريقة:

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

الاحتياطات:

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

طريقة الحساب:

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

حيث:

A = حجم فينيل أكسيد الزرنيخ (عيارية ٠.٠٠٠٥٦٤).

B = حجم اليود (عيارية ٠.٠٠٢٨٢).

C = حجم العينة (سم ٣).

وحدة القياس: (mg/L)

الكلور المستهلك:

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

الكلور المستهلك = الجرعة - الكلور المتبقى

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

خطوات قياس الكلور المتبقى في المياه بطريقة DPD:

تمهيد:

عند إضافة N.N-Diethyl-p-phenylenediamine إلى عينة ماء، يتفاعل الكلور الحر المتاح في الحال لينتج لون أحمر. يتم بعد ذلك معايرة العينة باستخدام كبريتات الأمونيوم الحديدية القياسية (FAS) حتى الوصول إلى نقطة معايرة نهائية واضحة.

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

الأجهزة:

سحاحة ١٠ مل وحامل قارورة إيرلنماير ٢٥٠ مل مخبر ١٠٠ ميليلتر مدرج.

الكواشف:

أ. كبريتات الأمونيوم الحديدية (القياسية):

يذاب ١.١٠٦ جرام من ملح موهو $[\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ في ماء مقطر يحتوى على ١ مل من حمض الكبريتيك (٣:١) لعمل محلول لتر باستخدام ماء مقطر مغلى ومبرد. وتستخدم لمدة أسبوع ويتم معايرتها في مقابل ثاني كرومات البوتاسيوم إذا استخدمت لمدة أطول من ذلك.

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

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

ج. محلول الفوسفات المنظم (ثابت الأس الهيدروجيني):

يحضر بإذابة ٢٤ جرام من: "Anhydrous disodium hydrogen phosphate" و ٤٦ جرام من (KH₂PO₄) في ماء مقطر، بإضافة ١٠٠ مللى لتر من الماء المقطر المذاب به ٠.٨ جم من E.D.T.A ثم يتم التخفيف للمحلول إلى لتر باستخدام الماء المقطر. ويمكن إضافة ٠.٢ جرام من كلوريد الزئبق كمادة حافظة ولمنع تداخل اليود.

الخطوات:**١. تحضير العينة:**

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

٢. المعايرة:

- أ. أملاً السحاحة (سعة ٢٥ ملليلتر) بكبريتات الأمونيوم الحديدية القياسية .
- ب. قم بتصريف الـ F.A.S الزائدة وإزالة فقاعات الهواء.
- ج. قم بالتصريف حتى خط الصفرة.
- د. قم بمعايرة العينة إلى أن يختفى اللون الأحمر.
- هـ. سجل عدد مللى لترات الـ F.A.S المستخدمة.

٣. الحسابات:

كل مليلتر F.A.S يكافئ (يعادل) ١ مللجم/لتر كلور حر متاح وتضرب
القراءة $\times 10 =$ مللجم/لتر.

٤. البدائل:

يمكن استبدال محلول الفوسفات المنظم ومحلول D.P.D. ١١ بوحدة من
مسحوق هاك (Hach powder pillow) للحصول على الكلور الحر
المتاح.

٥. تفسير النتائج:

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

قياس الكلور الحر والمتحد باستخدام كبريتات الحديدوز النوشادرية:

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

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

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

الكلور المتحد = الكلور الكلي - الكلور المتبقي (الحر)

الكلور المتحد (ملجم/لتر) = (قراءة السحاحة فى الخطوة ٣) - (قراءة
السحاحة فى الخطوة ١) $\times 10$

حسابات جرعات الكلور:

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

$$\text{الكمية المطلوبة من الكلور (100\%)} = \text{متر مكعب من المياه} \times \text{مللجم/لتر (الجرعة)} \times 0.0001$$

مثال:

ما مقدار كمية غاز الكلور (بالكجم) المستخدمة في عمل جرعة ٤.٠ مللجم/لتر من غاز الكلور لإضافتها إلى ٢١٠٠٠ م^٣ من الماء ؟

$$\text{الكمية} = 21000 \times 4.0 \times 0.0001 = 84 \text{ كجم كلور}$$

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

$$\text{كمية الهيبوكلوريت بالكجم} = \frac{\text{الكلور المطلوب (كجم)} \times 100}{\text{نسبة الهيبوكلوريت}}$$

مثال:

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

$$\text{الكمية} = \frac{100 \times 84}{65} = 129.23 \text{ كجم}$$

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

$$\text{جرعة الكلور بالمللجم/لتر} = \frac{\text{مقدار الكلور بالكجم}}{\text{المتر المكعب} \times 0.0001}$$

مثال:

ما هي جرعة الكلور (ملجم/ لتر) إذا تم استخدام ٣٧ كجم كلور لكل ٢٠٠٠٠ م^٣ من الماء.

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

١٨. الفلزات الثقيلة**أساس الطريقة:**

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

الاحتياطات:

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

دلالة الاختبار:

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

- **الماغنسيوم:** يشكل الماغنسيوم فى معظم المياه العسرة نسبة ضئيلة، إذا ما قورنت بالكالسيوم، والحد الأقصى المسموح به هو ١٥٠ مجم/لتر.
- **الصوديوم:** يوجد الصوديوم فى معظم المياه الطبيعية بمستويات تتراوح بين ١-٥٠٠ مجم/لتر، وترتفع نسبة وجوده فى المياه العسرة. وتعتبر النسبة بين تركيز الصوديوم إلى تركيز كل الكاتيونات مؤشراً لصلاحية المياه للرى. والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب ٢٠٠ مجم/لتر.
- **العناصر الفلزية الثقيلة والسامة:** يتراوح تأثير العناصر الموجودة فى مياه الشرب بين ما هو غير ضار، وما قد يؤدي إلى مشاكل، وما هو سام وذو خطورة عالية وفيما يلي بيان بأمتلة من هذه العناصر وتأثيرها:
 - **عنصر الكاديوم:** سام ويؤدي إلى أمراض خطيرة من ارتفاع لضغط الدم وأنيميا إلى الفشل الكلوي وسرطان البروستاتا. ولقد حددت منظمة الصحة العالمية تركيز ٠.٠٠٥ مجم/لتر كحد أقصى لوجوده فى المياه. والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب فى التشريعات المصرية ٠.٠٠٣ مجم/لتر.
 - **عنصر النحاس:** لا يسبب تسمماً بالتراكم، والتسمم به يمكن تجنبه بالاعتماد على التدوق، حيث يمكن تمييزه عندما تصل تركيزاته إلى ١-٢ مجم/لتر، ولا يحدث تسمم إلا بتركيزات أعلى من ذلك بكثير. وينشأ مصدر وجود النحاس بتركيزات عالية عن التلوث الزراعي، والصرف الصحي. والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب فى التشريعات المصرية ٢ مجم/لتر.
 - **عنصر الحديد:** غير ضار، ولكن وجوده بتركيز عال يجعل للمياه طعماً غير مستساغ، كما أن المياه المحتوية عليه عندما تتعرض للأكسجين فإن الحديد يترسب ويؤدي إلى ظهور بقع فى الغسيل والأحواض. والحد الأقصى المسموح به فى مياه الشرب فى التشريعات المصرية ٠.٣ مجم/لتر.

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

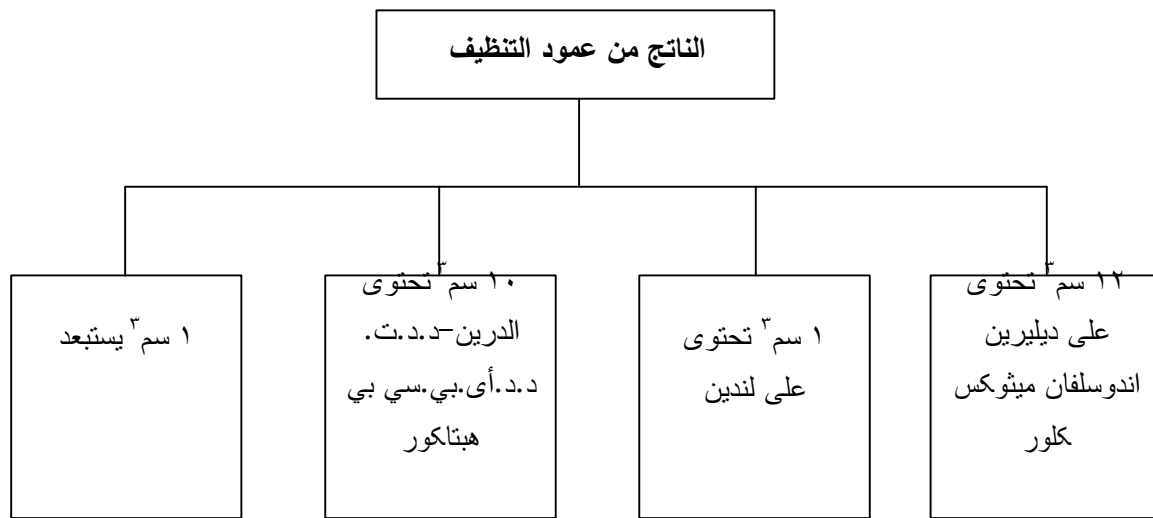
أساس الطريقة:

يؤخذ لتر من العينة ويضاف له ٢٠ سم^٣ من الهكسان العادي ويستخلص الجزء العضوي ويتم ذلك مرتين، ويجفف المستخلص باستخدام كبريتات الصوديوم الجافة، ويجرى التحليل باستخدام كروماتوجرافيا الغاز. ويمكن تنظيف العينات بإمرارها في عمود زجاجي (١٠ سم طول و ٥ مم نصف قطر) محتوي على سليكا جيل منشطة بالتسخين عند درجة حرارة ١١٠°م

١٩. المبيدات

والمركبات العضوية

ويغسل العمود في ١٥- سم^٣ من مخلوط أيزو أوكتان بنزين بنسبة (٩٥ : ٥) و ١٠ سم^٣ من مخلوط أيزو أوكتان بنزين بنسبة (٧٠ : ٣٠) ثم ١٠ سم^٣ من البنزين ويجمع الناتج جزئياً كما في شكل رقم (٨-٧). يقاس تركيز المكونات باستخدام جهاز كروماتوجرافيا الغاز أو السائل تحت ضغط مرتفع. وتتضمن المواصفة المصرية معايير لعشرات المركبات العضوية (مبيدات - هيدروكربونات - كلورو هيدروكربونات - مركبات أكسجينية - مركبات نيتروجينية).



شكل رقم (٨-٧)
طريقة تحليل المبيدات