



برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي لمهندس تشغيل صرف صحي - درجة ثالثة

التحليل العملية



المحتويات

2	التحليل المعملية الرئيسية المستخدمة في محطات الصرف الصحي
4	1. قياس المواد القابلة للترسيب
6	2. قياس الرقم الأيدروجيني (pH)
7	3. قياس نسبة المواد العالقة والمتطايرة
10	4. قياس الأكسجين المذاب
11	5. قياس الأكسجين الحيوي المستهلك
13	6. قياس الأكسجين المستهلك كيميائياً
15	7. التوصيل الكهربائي
16	8. الزيوت والشحوم
16	9. الأمونيا Ammonia
18	10. الفوسفات
18	11. قياس الكلور المتبقي بطريقة محلول DPD
21	12. القلوية Alkalinity
22	13. درجة الحرارة
23	14. الفلزات الثقيلة
24	15. معدل التنفس
25	16. المواد السامة (السيانيد)
27	17. التحاليل البكتريولوجية
37	18. الفحص الميكروسكوبي للكائنات الحية

أهداف البرنامج التدريبي

في نهاية البرنامج التدريبي يكون المتدرب قادر على :-

- معرفة طرق القياس الوزنية (مواد صلبة - زيوت وشحوم) .
- معرفة قياس الهيدروجين .
- معرفة القياسات الحجمية (DO - COD - BOD) .
- معرفة قياسات (التوصيل الكهربى - البيولوجية - العناصر الثقيلة - الكلور المتبقى) .

التحاليل المعملية الرئيسية المستخدمة في محطات الصرف الصحي

مقدمه:

يجرى جمع عينات مياه للتحليل من محطات الصرف الصحي قبل وحدات الترسيب وبعدها وتجرى عليها اختبارات مختلفة لحساب مدى كفاءة هذه الوحدات

التحاليل الرئيسية في محطات الصرف الصحي

1. المواد القابلة للترسيب.

2. الرقم الأيدروجيني.

3. المواد العالقة والمتطايرة.

4. الأكسجين المذاب.

5. الأكسجين الحيوي المستهلك.

6. الأكسجين الكيميائي المستهلك.

7. التوصيل الكهربائي.

8. الشحوم والزيوت.

9. الأمونيا.

10. الفوسفات

11. الكلور المتبقي.

12. القلوية.

13. درجة الحرارة.

14. معدل التنفس.

15. المعادن الثقيلة.

16. التحاليل البكتريولوجية.

17. الفحص الميكروسكوبي.

1. قياس المواد القابلة للترسيب

التعريف

هو تحديد مدى قابلية المواد الصلبة على الانفصال من السائل والترسيب في حوض الترسيب، يجرى هذا الاختبار على السائل المخلوط أو الحمأة المعادة، ويتم قياس واحد لتر من العينة التي توضع في قمع إمهوف خلال مدة زمنية معينة (ساعة مثلاً) لقياس حجم المواد القابلة للترسيب، وهو يشير الى حجم الرواسب التي تتم إزالتها بواسطة الترسيب في أحواض الترسيب أو المروقات أو البحيرات المهواة، وتقرأ النتائج مباشرة من قمع امهوف (مللي/لتر). أو ترسم النتائج على رسم بياني يوضح العلاقة بين النسبة المئوية والوقت.

الغرض من تجربة قياس المواد القابلة للترسيب

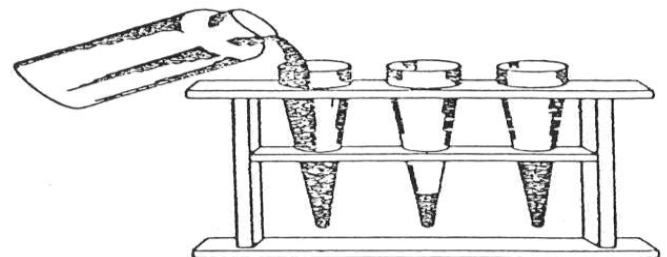
تحدد هذه التجربة حجم المواد الصلبة القابلة للترسيب في لتر واحد من عينة المجاري. فإذا تم تحديد كمية المواد الراسبة في العينة الداخلية لوحدة ترسيب وفي عينة أخرى خارجية يمكن بذلك حساب مدى كفاءة وحدات الترسيب في مراحل التنقية المختلفة.

الأدوات المستخدمة:

1. قمع شفاف من الزجاج أو البلاستيك سعة 1 لتر وبه تدريج من أسفل لقياس حجم المواد الراسبة، واسمه قمع إمهوف (Imhoff cone)، (شكل رقم 9-1) ويثبت هذا القمع على حامل خشبي.
2. ساق زجاجية للتقليب الخفيف.
3. ساعة توقيت زمنية.

خطوات التجربة:

1. اخلط العينة جيداً.
2. املاً قمع أمهوف حتى علامة اللتر .
3. اضبط ساعة التوقيت لمدة 45 دقيقة.
4. بعد انتهاء مدة 45 دقيقة، ابدأ بتحريك العينة برفق مستخدماً الساق الزجاجي وذلك لتمكين المواد العالقة بجدار القمع من الرسوب إلى القاع.
5. اضبط ساعة التوقيت بجدار القمع لمدة 15 دقيقة اضافية.
6. بعد تمام انتهاء مدة الساعة المحددة للترسيب يتم قراءة حجم المواد الراسبة في قاع القمع، وتسجيل النتيجة بالمللي لتر في اللتر



شكل رقم (9-1) أقمع إمهوف

تفسير النتائج:

من النتائج التي يتم الحصول عليها يمكن وصف مقدار تركيز عينة المجاري كما هو موضح بالجدول رقم (9-1).

جدول رقم (9-1) تركيز المواد القابلة للترسيب في عينات مختلفة

متوسط النتيجة	مكان أخذ العينة	وصف العينة
8 مللي لتر / لتر	مجري غير معالجة	ضعيفة التركيز
12 مللي لتر / لتر	مجري غير معالجة	متوسطة التركيز
20 مللي لتر / لتر	مجري غير معالجة	قوية التركيز
3 مللي لتر / لتر	معالجة ابتدائية	كفاءة مقبولة
< 3 مللي لتر / لتر	معالجة ابتدائية	كفاءة ضعيفة
0,5 مللي لتر / لتر	معالجة ثانوية	كفاءة مقبولة
< 0,5 مللي لتر / لتر	معالجة ثانوية	كفاءة ضعيفة

حسب مؤشر حجم الحمأة

هو الحجم الذي يشغله واحد جرام من الحمأة المنشطة بعد 30 دقيقة من ترك واحد لتر من مياه تنك التهوية بدون حركه.

إذا أخذنا عينة من السائل المخلوط من أحواض التهوية فإن معدل الترسيب يختلف باختلاف تكوين الحمأة، فمعدل الترسيب البطيء يدل على خفة وزن الحمأة وأنها حديثة التكوين (صغيرة السن) والثقيلة في الوزن ترسب بسرعة وتكون كبيرة السن. ولكي نتأكد من التحكم في معدل الترسيب يجب أن نحسب معدل حجم الحمأة من المعادلة التالية:

حجم الحمأة المترسبة بعد 30 دقيقة مللي / اللتر

تركيز المواد العالقة في نفس العينة ملجم / اللتر

والمدى الجيد هو من (80-120) سم³ / جرام

2. قياس الرقم الأيدروجيني (pH)

الغرض من التجربة:

يعتبر الرقم الأيدروجيني مقياساً للتعبير عن درجة الحمضية أو القاعدية للعينة. فعندما يكون مقدار الأس الأيدروجيني للعينة 7 تعتبر هذه العينة متعادلة أي ليست قلوية أو حامضية. وكلما زاد الرقم من 7 إلى 14 تزداد درجة قاعدية العينة، وكلما تناقص الرقم الأيدروجيني من 7 إلى صفر تزداد درجة حموضة العينة.

الأدوات المستخدمة:

جهاز قياس الرقم الأيدروجيني مزود بالكترودات خاصة للقياس:

تعاير هذه الألكترودات قبل الاستعمال بمحاليل ذات رقم أيدروجيني قياسي معروف. فمثلاً يوجد محلول قياسي بدرجة أس أيدروجيني 7 وآخر بدرجة 4,01 أو بدرجة 10، وباستخدام هذه المحاليل القياسية المعروفة يتم معايرة الجهاز و ضبطه لإعداده لقياس العينات.

ونظراً لأن درجة الحرارة تؤثر على قياس درجة الأس الأيدروجيني، فجميع الأجهزة الإلكترومترية مزودة بمقياس لدرجة حرارة العينة. وقد يتم ضبط درجة حرارة العينة أوتوماتيكياً في بعض الأجهزة الأكثر تكلفة.

خطوات التجربة:

يجب استعمال كل جهاز طبقاً للتعليمات المرفقة مع الجهاز، والمكتوبة بواسطة مصممي الجهاز.

ويمكن تلخيص الخطوات الأساسية لاستعمال هذه الأجهزة كما يلي:

1. تأكد أن الجهاز موصل بالتيار الكهربائي أو أن البطارية التي يعمل بها الجهاز سليمة.
2. تأكد أن الإلكتروود مملوء بمحلول كلوريد البوتاسيوم المركز حيث أن الإلكتروود الجاف يفقد حساسيته ويعتبر غير صالح للاستعمال.
3. يتم غسل الإلكتروود بالماء المقطر قبل وبعد وضعه في أي محلول أو عينة وتجفيفها.
4. يتم ضبط الصفر الخاص بابتداء عمل الجهاز.
5. يجب معايرة الجهاز بمحلولين أو ثلاثة محاليل قياسية، وذلك بتجهيز ثلاثة كؤوس، كأس منها يحتوى على محلول قياسي 7 والثاني يحتوى على محلول قياسي 4,01 والثالث يحتوى على العينة وذلك في حالة العينات الحامضية. أما في حالة العينات القلوية فيملأ كأس بمحلول قياسي 10 بدلاً من المحلول القياسي 4,01، وذلك لأن معايرة الإلكتروودات تكون أكثر دقة إذا تم معايرتها بمحاليل قياسية مقارنة لدرجة الأس الأيدروجيني في العينة.
6. يتم غمس الإلكتروود النظيف الجاف في كأس المحلول القياسي، ويحرك مفتاح ضبط المعايرة ليتطابق درجة المحلول القياسي مع درجة الحرارة المقابلة.
7. يغسل الإلكتروود بالماء المقطر ويجفف، ثم يغمس في محلول المعايرة الثاني ويحرك مفتاح ضبط المعايرة ليتطابق درجة المحلول القياسي الثاني مع درجة الحرارة المقابلة.
8. يغسل الإلكتروود بالماء المقطر ويجفف ثم يغمس في العينة ونقرأ نتيجة الأس الأيدروجيني للعينة بعد التأكد من أن هذه القراءة مضبوطة على درجة حرارة العينة إذا كان ضبط درجة الحرارة في الجهاز يتم يدوياً.
9. يغسل الإلكتروود بالماء المقطر ويجفف في المكان المخصص له حتى يكون جاهزاً للاستعمال في العينات التالية.

تفسير النتائج:

يتراوح الرقم الأيدروجيني لمياه الصرف الصحي الغير ملوثة بمياه صرف صناعي بين 6,5-8,5. فاذا ازداد أو نقص الأس الأيدروجيني في العينة عن هذا المستوى فيكون ذلك دليل على صرف مخلفات صناعية على مياه الصرف الصحي. وإذا ازداد تركيز التلوث بالمخلفات الصناعية، فإن ذلك يسبب تسمم الكائنات الحية التي تقوم بعملية تنقية مياه الصرف الصحي.

3. قياس نسبة المواد العالقة والمتطايرة

يمكن تقدير كمية المواد العضوية العالقة (المواد المتطايرة) بوضع المواد العالقة التي تم تجفيفها في درجة حرارة 103 درجة مئوية في فرن درجة حرارته 550 درجة مئوية، وبذلك تتطاير المواد العضوية العالقة (Volatile Suspended Solids).

الغرض من التجربة

المواد العالقة هي الجزيئات التي يتسبب حجمها ووزنها في عدم ترسبها بدون معالجة ثانوية أو إضافية. وبالتالي فهي كمية المواد المتبقية بعد ترسيب العينة. وعند تعيين المواد العالقة قبل وبعد عملية المعالجة يمكن تحديد كفاءة وحدات المعالجة.

الأدوات المستخدمة

1. فرن للتجفيف مضبوط على درجة حرارة 103 - 105 درجة مئوية.
2. فرن للحرق مضبوط على درجة حرارة 550 درجة مئوية.
3. مضخة كهربائية لسحب الهواء للترشيح.
4. مجفف به مواد ماصة للرطوبة (كلوريد كالسيوم أو سليكا جيل).
5. جهاز ترشيح بوخنر مكون من قمع (Buchner) ودورق برقبة وفوهة واسعة وله ذراع جانبية متصلة بخراطوم طرفه الآخر يتصل بفرع من وصلة دورق يستعمل كمصيدة، والطرف الآخر يتصل بمضخة سحب الهواء. والغرض من المصيدة هو منع تسرب الماء المرشح من الوصول الى مضخة الترشيح.
6. بوتقة ترشيح مكونة من قمع (Buchner) سعة 125 أو 40 سم³ بقطر 22 مم تركب على جوان مطاطي مناسب مثبت على فوهة دورق الترشيح (Buchner).
7. وسط للترشيح مصنوع من الألياف الزجاجية التي تتحمل الحرارة عند الحرق على درجة 550 درجة مئوية.
8. ميزان كهربائي حساس.
9. ماسك معدني.
10. مخبر مدرج سعة 25 - 50 سم³.

خطوات التجربة:

1. استعمل ملقاط صغير لوضع ورقامة الترشيح بداخل البوتقة الصيني بحيث يكون سطح الورقة الخشن إلى أعلى.
2. ابدأ بتشغيل مضخة سحب الهواء، واغسل ورقة الترشيح عدة مرات بالماء المقطر.

3. ضع البوتقة المثبت بها ورقة الترشيح المغسولة في فرن التجفيف المضبوطة على درجة 105 درجة مئوية لمدة ساعة على الأقل لتجفيفها ثم في فرن الحرق المضبوطة على درجة 550 درجة مئوية لمدة ساعة أخرى.
4. ضع البوتقة في المجفف لتبريدها.
5. أوزن البوتقة وورقة الترشيح فارغة وتؤخذ القراءة إلى رابع رقم عشري و يجب ملاحظة تكرار عملية التجفيف و التبريد حتى تتأكد من ثبات الوزن الفارغ ويسمى "و1".
6. قم بخلط العينة جيداً، وقياس كمية 25 سم³ باستعمال المخبر المدرج.
7. بعد تركيب البوتقة على جهاز الترشيح وتشغيل مضخة السحب، قم بصب البوتقة حتى النهاية واغسل المخبر بالماء المقطر عدة مرات وتأكد من أن جميع المواد العالقة في العينة قد تم ترشيحها ثم اغسل البوتقة ومابها عدة مرات بالماء المقطر.
8. أوقف مضخة سحب الهواء وارفع البوتقة من جهاز الترشيح وضعها في فرن التجفيف على زجاجة ساعة عند درجة حرارة 105° م لمدة ساعة أو أكثر حتى تتأكد من تمام جفافها بثبات وزنها بعد تبريدها في المجفف.
9. قم بوزن البوتقة المحتوية على المواد المرشحة والمجففة على درجة 105° م وتسمى هذه الوزنة "و2".
10. لتعيين المواد العالقة المتطايرة، يتم وضع البوتقة باستعمال الماسك الصلب بعناية داخل فرن الحريق المضبوط على درجة 550° م وتترك لمدة حوالي 15 دقيقة.
11. أخرج البوتقة من فرن الحريق مستعملاً الماسك الصلب وضعها في المجفف لتبريدها.
12. أوزن البوتقة بعد تبريدها في الميزان الكهربائي الحساس، وسجل وزن المواد الباقية بعد الحرق عند 550 درجة مئوية وتسمى الوزنة "و3".

طريقة الحساب:

1. المواد العالقة الكلية بالمليجرام / لتر =

$$1000000 \times \frac{\text{وزن البوتقة عند } 105^\circ \text{ م} - \text{الوزن الفارغ و1}}{\text{حجم العينة (سم}^3\text{)}}$$

2. المواد العالقة المتطايرة بالمليجرام / لتر =

$$1000000 \times \frac{\text{وزن البوتقة عند } 550^\circ \text{ م} - \text{وزن البوتقة عند } 105^\circ \text{ م و2}}{\text{النسبة المئوية للمواد العالقة المتطايرة} = \text{حجم العينة (سم}^3\text{)}}$$

$$100 \times \frac{\text{وزن المواد المتطايرة بالمليجرام / لتر}}{\text{وزن المواد الكلية بالمليجرام / لتر}}$$

تفسير النتائج:

تستعمل نتائج تحليل المواد المتطايرة العالقة في حساب كفاءة وحدات التنقية كما هو مبين في المثال التالي:

مثال:

كمية المواد العالقة الكلية في المدخل = 330 مجم/ لتر

كمية المواد العالقة الكلية بعد المرحلة الابتدائية = 110 مجم/ لتر

كمية المواد العالقة الكلية بعد المرحلة الثانوية = 30 مجم/ لتر

الحل

$$\text{كفاءة محطة التنقية} = \frac{\text{المدخل} - \text{المخرج}}{\text{المدخل}} \times 100$$

$$\text{كفاءة المرحلة الابتدائية} = \frac{330 - 110}{330} \times 100 = 66,7\%$$

$$\text{كفاءة المرحلة الثانوية} = \frac{330 - 30}{330} \times 100 = 90,9\%$$

لضمان دقة هذا التحليل نراعى الاحتياطات التالية:

1. ضبط درجة حرارة الأفران

2. ضبط الميزان الحساس

3. ملاحظة اي تسرب في عملية الترشيح بسبب عدم وضع ورقة الترشيح بالطريقة السليمة، وذلك يعطى نتائج منخفضة عن الواقع. ولمعالجة ذلك يجب وضع ورقة الترشيح وغسلها بقليل من الماء المقطر مع تشغيل مضخة الهواء حتى تثبت في المكان الصحيح.

4. يجب العناية بخلط زجاجة العينة جيدا قبل قياسها في المخبار.

5. تجهيز عدة بواتق للعمل حتى لا يحدث عطل في حالة حدوث تسرب في اي بوتقة أو كسر.

4. قياس الأكسجين المذاب

الغرض من التجربة

تستهلك المواد الملوثة للمياه كمية من الأكسجين المذاب (Dissolved Oxygen)، فكلما زاد تركيز المواد العضوية تقل كمية الأكسجين المذاب. لذلك بقياس كمية الأكسجين المذاب يمكن تعيين درجة تركيز المواد العضوية، أي تحديد درجة التلوث.

الأدوات المستخدمة

1. جهاز قياس الأكسجين المذاب.
2. الإلكترود الخاص بقياس الأكسجين المذاب.
3. زجاجة BOD سعة 300 سم³.

خطوات التجربة

يجب أن يكون الإلكترود صالح للاستعمال وغير جاف وذلك بأن يكون مملوء بمحلول كلوريد البوتاسيوم المركز والغشاء الحساس مشدود ولا يوجد أي فقاعات هواء بداخله. ويتم توصيل الإلكترود بعد التأكد من صلاحيته بالجهاز. ونظراً لاختلاف هذه الأجهزة، فينصح باتباع الطريقة المذكورة في تعليمات الجهاز والمذكورة في الكتاب المرفق مع الجهاز.

والطريقة التالية تلخص طريقة المعايرة بطريقة استخدام الماء المشبع بالأكسجين:

1. املاً زجاجة BOD لمنتصفها بكمية من الماء.
2. قم بتغطية الزجاجة واقلبها عدة مرات ليتشبع الماء بالهواء الذي يشغل النصف الآخر من الزجاجة.
3. ارفع غطاء الزجاجة وضع الإلكترود في الزجاجة.
4. اضبط الصفر اليدوي قبل فتح الجهاز.
5. ضع الإلكترود في عينة مياه نقية مشبعة بالهواء.
6. اضبط مفتاح درجة الحرارة ليتطابق درجة حرارة العينة.
7. باستعمال الجدول المرافق للجهاز يتم استعمال مفتاح المعايرة ويضبط المؤشر ليقراً تركيز الأكسجين المقابل لدرجة الحرارة المقروءة.
8. يتم قراءة كمية الأكسجين المذاب في أي عينة بعد عملية معايرة الجهاز بأن يوضع الإلكترود في العينة وقراءة التركيز مباشرة على الجهاز.

يسهل استعمال هذه الأجهزة في قراءة كمية الأكسجين المذاب في أحواض التهوية عندما تكون هذه الأجهزة تعمل بالبطارية ومزودة بالإلكترود مزود بسلك طويل ومثبت في قضيب من الحديد لغمره في أحواض التهوية.

5. قياس الأكسجين الحيوي المستهلك**الغرض من التجربة**

يحدد قياس الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD) بطريقة غير مباشرة تركيز المواد العضوية في مياه الصرف الصحي، وذلك بقياس كمية الأكسجين المذاب قبل وبعد مدة خمسة أيام تحضين داخل حضانة مضبوطة عند درجة 20° م، ومن قياس كمية الأكسجين المستهلك بواسطة الكائنات الحية يمكن حساب تركيز المواد العضوية بالعينة.

الأدوات المستخدمة

1. زجاجات (BOD) سعة 300 سم³ بغطاء غاطس وفوقه غطاء بلاستيك.
2. حضانة مضبوطة على درجة حرارة 20° م.
3. مخبر مدرج سعة 250 سم³.
4. ماصة سعة 10 سم³.
5. جهاز قياس الأكسجين المذاب أو الأدوات المستخدمة في قياس الأكسجين بطريقة "ونكلر".

الكيمائيات المستعملة:

1. محلول الفوسفات.
2. محلول كبريتات الماغنسيوم.
3. محلول كلوريد الكالسيوم.
4. محلول كلوريد الحديد.
5. مياه التخفيف.

خطوات التجربة:

1. تأكد من أن الأس الأيدروجيني للعينة 6,5 - 7,5 درجة وإلا يجب ضبط الأس الأيدروجيني باستخدام المحلول المخفف من حامض الكبريتيك أو أيروكسيد البوتاسيوم حسب الحاجة.
 2. يجب أن تكون العينة خالية من الكلور الحر.
 3. يتم اختيار حجم العينة المناسب لخلطه مع مياه التخفيف طبقاً للجدول رقم (9-2).
- جدول رقم (9-2) العلاقة بين حجم العينة المطلوب تخفيفها وكمية الأكسجين الحيوي المستهلك

حجم العينة المطلوب تخفيفها إلى 300 سم ³	كمية الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD) مجم/ لتر
3 سم ³	560 - 210
6 سم ³	280 - 105
9 سم ³	187 - 70
12 سم ³	140 - 53
15 سم ³	112 - 42
18 سم ³	94 - 35
21 سم ³	80 - 30
24 سم ³	70 - 26
27 سم ³	62 - 24
30 سم ³	56 - 21
45 سم ³	37 - 14
60 سم ³	28 - 11
75 سم ³	22 - 8

من الأفضل اختيار تخفيف مزدوج للتأكد من تطابق النتائج. وفي حالة المخلفات الصناعية عندما يحتمل أن يزداد تركيز (BOD)، يمكن استخدام (0,1) من حجم العينات التي تخفف. وبذلك يمكن اختبار عينات من تركيز 1000 - 3000 مجم/لتر.

المهم أنه يجب مراعاة أن يبقى في العينة 1-2 مجم/ لتر أكسجين مذاب غير مستهلك بعد مدة خمسة أيام تحضين لكي تكون صحة النتائج مضمونة.

4. أملاً زجاجة (BOD) الى نصفها تقريباً بمياه التخفيف ثم اصف اليها الحجم المختار من العينة، وتكمل الزجاجاة بمياه التخفيف بدون أن تسمح لفقااعات الهواء من الاحتباس في الزجاجاة. وبعد ذلك يوضع غطاء الزجاجاة برفق وفوقه غطاء البلاستيك.

5. بنفس الطريقة يتم تحضير زجاجتين (BOD) بدون عينة، توضع واحدة منهما في الحضانة مع الزجاجتين التي تحتوى الأولى منهما على العينات، وتستعمل الأخرى لقياس مقدار الأكسجين المذاب فيها في بداية التجربة.

6. بعد مدة التحضين (خمسة أيام) يتم قياس كمية الأكسجين المذاب في كل زجاجة.

7. يسجل مقدار الفرق في تركيز الأكسجين النهائي عن الابتدائي.

طريقة الحساب

1. تركيز الأكسجين في بداية التجربة = أ مجم/ لتر
2. تركيز الأكسجين في نهاية مدة التحضين = ب مجم/ لتر
3. كمية (BOD) في العينة = نسبة التخفيف × (أ - ب) مجم/ لتر

6. قياس الأكسجين المستهلك كيميائياً

قياس الأكسجين المستهلك كيميائياً والمكافئ للمواد العضوية الكلية بمياه المجاري "Chemical Oxygen Demand" (COD).

الغرض من التجربة

يمكن أكسدة جميع المواد العضوية في عينة المياه بواسطة ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمضة بحامض الكبريتيك في وجود كبريتات الفضة كحافز للتفاعل وكبريتات الزئبق لإزالة تأثير الكلور إذا وجد. ويستغرق إتمام هذه التجربة مدة 3-4 ساعات ولذلك تتميز هذه الطريقة الكيماوية بالسرعة وعدم الانتظار لمدة خمسة أيام اللازمة لتجربة (BOD). ولكن من الضروري ملاحظة أن هذه التجربة هي مقياس لجميع المواد العضوية في العينة وليست كمية المواد العضوية التي تستهلك فقط بالكائنات الحية. وعند عدم وجود مخلفات صناعية يمكن وجود علاقة بين (COD) وكمية (BOD)، فعادة يكون (COD) ضعف (BOD).

الأدوات المستخدمة

1. مخبار مدرج سعة 50 سم³
2. ماصة 10 سم³ بطرف واسع للعينة
3. ماصة 10 سم³
4. كرات زجاج (مادة موزعة للحرارة)
5. كأس مخروطي 250 سم³ مركب على فوهته مكثف Reflux
6. ورق عياري 1 لتر
7. سخان كهربائي بضابط حراري منظم من 150-300 °م
8. سحاحة مدرجة 50 سم³ وحامل للسحاحة
9. ورق مخروطي

الكيمائيات المستعملة

1. محلول قياسي من ثنائي كرومات البوتاسيوم قوة 0.025 ع.
2. محلول كبريتات الفضة في حامض الكبريتيك المركز.
3. كاشف الفريون (Ferrion indicator So1).
4. كبريتات الحديدوز النوشادري 0.25 عياري.

خطوات التجربة

1. قم بتجهيز الدوارق والمكثفات ووصلات مياه التبريد للمكثف.
2. ضع العينة في الدورق بواسطة ماصة واسعة الفوهة (وهي عادة حوالى 1-5 سم³ بعد رج زجاجة العينة جيداً).
3. اضع لدورق العينة بعض كرات الزجاج (لتوزيع الحرارة).
4. اضع 0,4 جرام كبريتات الزئبق، واستكمل حجم العينة حتى 15 سم³ بالماء المقطر.
5. اضع بكل دفعة 10 سم³ من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم العياري.
6. اضع مقدار 30 سم³ من خليط حامض الكبريتيك وكبريتات الفضة بواسطة استعمال المخبر على جدران الدورق من الداخل مع ملاحظة توجيه فوهة الدورق بعيداً عن ملابسك ووجهك، اي في الاتجاه المضاد. ويترك حتى يبرد.
7. يتم تركيب الدورق في المكثف وعلى سطح السخان الكهربائي، ولاحظ أن مياه التبريد تمر في المكثف.
8. ابدأ رفع درجة الحرارة الى 150° م .
9. ابدأ بتجهيز "البلاك" الذى يشمل جميع الخطوات السابقة (الخطوات من 1-8) ماعدا وضع العينة (الخطوة رقم 2).
10. بعد مرور ساعة من الزمن على التسخين في درجة حرارة 150° م ارفع درجة الحرارة لمدة ساعة أخرى مع استمرار مراقبة عملية التبريد.
11. يقلل السخان وتترك الأجهزة لتبرد مع مراقبة استمرار سريان مياه التبريد.
12. بواسطة زجاجة الغسيل بالمياه المقطرة اغسل المكثف من أعلى لضمان مرور البخار من المكثف الى الدورق.
13. ترفع الدوارق برفق وتفصل عن المكثفات ويتم تبريدها ثم تكمل حتى يصل الحجم الى 140 سم³ بالماء المقطر.
14. ابدأ بعملية المعايرة مع كبريتات الحديدوز النوشادرية القياسية، مع استخدام كاشف الفريون الذى يغير اللون من اللون الأصفر الى اللون البنى المحمر.

طريقة الحساب

تركيز COD (مجم/لتر) =

$$\left\{ \frac{\text{قراءة العينة} - \text{قراءة البلاك}}{\text{حجم العينة}} \right\} \times \text{عيارية كبريتات الحديدوز النوشادرية}$$

ضمان جودة النتائج

للتأكد من صحة النتائج يتم استخدام محلول قياسي معلوم التركيز (COD) مثل محلول فيثالات البوتاسيوم الحامضية حيث تحتوي على 500 مجم/لتر (COD) (وتحضر بإذابة 0,425 جرام من ميثالات البوتاسيوم الحامضية المجففة عند درجة حرارة 120° م في ماء مقطر يكمل الى 1 لتر).

ويعامل هذا المحلول معاملة العينة تماما بإضافة 20 سم³ منه وتتم الأكسدة والمعايرة وحساب (COD) وتعد هذه بمثابة مراقبة جودة التحليل.

7. التوصيل الكهربى

أساس القياس

قيمة التوصيل الكهربى للعينة تتفاوت حسب مصدرها نتيجة وجود بعض الأملاح المعدنية الذائبة. ويمكن استخدام قيم التوصيل الكهربى في معرفة كمية المواد الذائبة، ومعامل التحويل يتراوح بين 0,65 إلى 0,9 . وعند ضرب قيمة التوصيل الكهربى (ميكروسيمنز أو ميكورموه/سم) في هذا المعامل ينتج كمية المواد الذائبة (مجم/لتر).

الاحتياطات

1. تحفظ الخلية أو أقطاب التوصيل في ماء مقطر في فترة عدم الاستخدام.
2. تسجل درجة الحرارة ويجرى تصحيح للقيم المقروءة.
3. تجرى معايرة للخلية المستخدمة.
4. يستخدم ماء توصيل (Conductivity water) عند تحضير المحاليل القياسية.
5. يجرى قياس التوصيل بأسرع ما يمكن.

طريقة الحساب

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

حيث: T هي درجة الحرارة التي يجرى عندها القياس.

وحدة القياس: mille Siemens / meter or micro Siemens/ cm

تفسير النتائج

هو رقم للتعبير عن قابلية المحلول المائي على توصيل التيار الكهربى، وهذه القدرة تعتمد على وجود الأملاح، وتركيزها، وتكافؤات أيوناتها. ويتراوح التوصيل الكهربى للمياه النقية من 50 إلى 1500 مللي موه/سم.

8. الزيوت والشحوم

طرق جمع العينات

تجمع العينات في اوعية زجاجية ذات فوهة واسعة ويمكن ان تحفظ العينة بإضافة حمض الكبريتيك أو الهيدروكلوريك ليصل الرقم الهيدروجيني لأقل من (2) وفي هذه الحالة يمكن أن تصل مدة الحفظ إلى أربعة اسابيع.

تأتى الزيوت والشحوم بأنواعها نتيجة النشاطات المختلفة للإنسان في مجتمعاته السكانية.

وتقدير الشحوم والزيوت في محطة المعالجة يساعد في تحديد كفاءة المحطة وتحديد المتاعب التي تنتج من التخمر او تجفيف الحمأة.

وتعرف الزيوت والشحوم على انها مواد عضوية يمكن استخلاصها باستخدام مذيب عضوى مثل الكلوروفورم أو ثنائى كلوروميثان او الاثير البترولي أو أي مذيب آخر.

وتعتبر هذه الطريقة مناسبة لاستخلاص الاحماض الدهنية والمواد الهيدروكربونية البترولية والمواد البترولية الخام كما تعتبر هذه الطريقة مناسبة لتعيين الزيوت والشحوم في المخلفات السائلة المعالجة وغير المعالجة.

الطريقة

تنقل العينة المحمضة في قمع فصل مع المذيب مع الرج ثم تترك حتى يتم فصلها الى طبقتين ويجمع المذيب ويرشح وتزال المياه بإضافة كبريتات الصوديوم الإيمائية ثم يجمع ويقطر في جهاز التقطير عند درجة 85° م ثم ينقل المذيب في كاس ويجفف في حمام مائي ويوزن بعد التجفيف وتنسب النتيجة إلى مجم/ لتر.

9. الأمونيا Ammonia

جمع العينات بطريقة سليمة للتحليل

- يفضل أن تجري التحاليل بأسرع ما يمكن لكل النتائج التي يعتمد عليها.
- تجمع العينة في وعاء زجاجي او بلاستيك بحجم لا يقل عن 50 سم³
- يتم التخلص من الكلور المتبقي فوراً لمنع التفاعل مع الامونيا.
- في حالة عدم امكن اجراء التحليل الفوري يحفظ بواسطة إضافة حوالي 0,8 سم² حمض الكبريتيك المركز/ لتر وتحفظ العينة عند 4 درجة مئوية بحيث يكون قيمة الرقم الهيدروجيني من 1,5 الي 2,0.

أسباب الزيادة و طرق التخلص منها

- توجد الأمونيا في المياه السطحية والجوفية بصورة طبيعية تحدث عند تحلل اليوريا والمركبات العضوية المحتوية علي النيتروجين.
- يمكن أن تزيد المعالجة الابتدائية من قيمة الامونيا نتيجة تحلل بعض مركبات البروتين اثناء عملية المعالجة.
- في المعالجة الثانوية يمكن ان تتأكسد الامونيا الي النيتريت ثم الي النترات بدرجات مختلفة اعتمادا علي بعض العوامل مثل درجة الحرارة وزمن المكوث والأحياء الدقيقة وكمية الأكسجين.

- إذا كانت المحطة تعمل بكفاءة فإن تركيز الامونيا يجب ان يقل من المدخل الي المخرج بينما يزيد تركيز النترات وإذا لم يحدث ذلك فهذا يدل علي ان هناك خلل في عملية المعالجة ويجب مراجعتها.

تأثير الأمونيا علي خطوات المعالجة والبيئة

تسبب الامونيا بعض المشاكل في المعالجة مثل زيادة جرعة الكلور المطلوبة وازدياد الطلب علي الاكسجين في المياه المستقبلية للمخلفات وبالتالي تؤدي إلى اختناق الأسماك ونفوقها.

التخلص من الأمونيا

يتم توفير الوسط المناسب لأكسدة الامونيا لعمليات المعالجة البيولوجية حيث يتم أكسدة الامونيا بمساعدة البكتيريا الهوائية في وجود الاكسجين اللازم و يحولها الي نيتريت ثم الي نترات.

والمياه المعالجة النهائية يمكن أن تحتوى على ما بين صفر - 50 ملجم/ لتر - نترات حسب كميته النتروجين الموجودة اصلا في المياه الخام.

طريقه تحديد تركيز الأمونيا وتفسير النتيجة

تعتبر كيمياء النتروجين معقده نظرا لأشكال النيتروجين المختلفة ومن أهمها الامونيا والنيتريت والنترات. وتتراوح قيمه الامونيا في المجاري ما بين 10 - 40 ملجم / لتر.

وهناك ثلاث طرق رئيسيه لتحديد تركيز الامونيا.

1. طريقه التقطير و المعايرة N_2-NH_3 .
2. طريقه القطب الاختياري Ion Selective Electrode.
3. الطريقه اللونية باستخدام الاسبكترو فوتوميتر Spectrophotometric

إجراءات التحكم في الجودة ومدى دقة النتائج

1. يجب ازالة الكلور اذا كانت العينة تحتوي علي كلور متبقي.
2. استخدام ماء خالي من ايونات الاملاح.
3. يتم قراءة عينة البلائك مرتين ثم عينة واحدة قياسية غير معلومة لكل عشر عينات يجري تحليلها.
4. عمل عينة مزدوجة (او متكررة) مع عينة spike لكل عشر عينات يجري تحليلها.
5. في حالة وجود المواد العضوية في القياس بأجهزة الاسبكتروفوتوميتر في العينات يتم القراءة عند 370 نانومتر.

10. الفوسفات

جمع العينات وتجهيزها

يجمع ما لا يقل عن 100 سم³ من العينة في اناء زجاجي سبق شطفه بحمض الكبريتيك 1:1 أو الهيدروكلوريك. يتم الشطف بالماء المقطر. ولا تستعمل المنظفات الصناعية التجارية المحتوية على الفوسفات.

لا يتم حفظ العينات المحتوية على قليل من الفوسفور في أوعية بلاستيك لأن الفوسفور يمكن أن يمتص على جدار الوعاء.

يقسم الفوسفور الى (فوسفور عضوي) في المواد العضوية ومركب فوسفوري غير عضوي (بولي فوسفات) المستخدم في المنظفات وكذلك (الأورثوفوسفات) الغير عضوي الذائب وهو المركب المتاح للاستخدام البيولوجي والناجم من سلسلة تكسير المواد العضوية.

في حالة تعيين الفوسفات المذاب ترشح العينة مباشرة أو تحفظ بالتبريد حتى أقل من 10°م ويضاف 40 مجم/ لتر من كلوريد الزئبق.

في حالة تعيين الفوسفات الكلي يضاف 1 سم³ من حمض الهيدروكلوريك المركز لكل لتر أو برد للتجمد بدون إضافات. ويتم هضم العينة لأكسدة المواد العضوية لإطلاق الفوسفور في شكل أورثوفوسفات . يتم تحليل العينات خلال 48 ساعة.

مصادر التلوث وطرق التخلص من الفوسفات:

يحتوي الصرف الصحي على معدل من 175-250 مجم/لتر من المواد العضوية ومن المحتوى الفوسفوري على 8-12مجم. وتعتبر هذه النسبة كمية زائدة في المعالجة البيولوجية.

يعتبر الفوسفور عنصر أساسي في عملية التمثيل الغذائي للمواد العضوية ووجودها في محطة المعالجة ضروري لعمليات المعالجة البيولوجية لمياه المجاري، ولكن عندما توجد بكميات زائدة تخلق مشكلة مسببة نموات كبيرة للنباتات المائية ويسبب ذلك نقص في مستوى الأكسجين ويؤدي الى انسداد المجرى المائي نتيجة للنموات الكبيرة، كما يؤدي إلى نفوق الأسماك وظهور طعم ورائحة للمياه.

طرق الإزالة

في حالة الإزالة بالمواد الكيماوية للفوسفور يتم التخلص من الفوسفور في الأشكال الآتية غير الذائبة (فوسفات الكالسيوم- وفوسفات الألومنيوم- وفوسفات الحديد) ويستخدم في طرق الإزالة استعمال مساعدات المروبات الآتية (الجير -الشب-ألومينات الصوديوم- كلوريد الحديد).

11. قياس الكلور المتبقي بطريقة محلول DPD

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

المعدات

سحاحة سعة 10 مل وحامل، ورق مخروطي 250 مل، مخبر مدرج سعة 100 مللي لتر.

الكواشف

أ. كبريتات الأمونيوم الحديدية (القياسية)

ب. محلول N, N-diethyl-p-phenylenediamine (DPD)

ج. محلول الفوسفات المنظم (لتنبيت الأس الهيدروجيني)

الخطوات**1. تحضير العينة:**

أ. إضافة 5 مللي لتر من محلول الفوسفات إلى الدورق.

ب. إضافة 5 مللي لتر من الكاشف DPD.

ج. إضافة 100 مللي لتر من العينة.

2. المعايرة:

أ. املاً السحاحة بكبريتات الأمونيوم الحديدية القياسية (F.A.S).

ب. قم بمعايرة العينة إلى أن يختفي اللون الأحمر للعينة.

ج. سجل عدد مللي لترات محلول F.A.S المستخدمة.

3. الحسابات:

كل مللي لتر F.A.S يكافئ (يعادل) 1 ملجم/لتر كلور حر متاح تضرب القراءة $\times 10 =$ ملجم/لتر كلور حر متاح.

4. البدائل:

يمكن استبدال المحلول الثابت الأس الهيدروجيني (الفوسفات) ومحلول الـ D.P.D. بواحدة من المسحوق الجاهز (powder pillow) للحصول على الكلور الحر متاح.

5. تفسير النتائج:

إذا ظهر لون أصفر مع D.P.D. بدلاً من اللون الأحمر، فذلك يعني أن العينة تحتاج إلى التخفيف بالماء المقطر واختبار التخفيف لمعرفة الكلور الحر. ويوضح الجدول رقم (3-9) العلاقة بين مدى كمية الكلور المتبقي والحجم الأصلي للعينة وحجم الماء المقطر.

جدول رقم (9-3) العلاقة بين مدى كمية الكلور المتبقي والحجم الأصلي للعينة وحجم الماء المقطر

مدى الكلور المتبقي (ملجم/لتر)	الحجم الأصلي للعينة (مللي/لتر)	حجم الماء المقطر (مللي/لتر)
صفر - 4.0	100	صفر
8,0 - 4,1	50	50
16 - 8,1	25	75

حسابات جرعات الكلور

1. لإيجاد كمية الكلور (بالكجم) اللازمة لتحضير جرعة محددة لإضافتها إلى مقدار معلوم من الماء، الكمية المطلوبة من الكلور (100%) = متر مكعب من المياه × ملجم/لتر (الجرعة) × 0,001

مثال:

ما مقدار كمية غاز الكلور (بالكجم) المستخدمة لتحقيق جرعة 4,00 ملجم/لتر من غاز الكلور لإضافتها إلى 21000 م³ من الماء؟

$$\text{الكمية} = 0,001 \times 4 \times 21000 = 84 \text{ كجم كلور}$$

2. لإيجاد مقدار هيبوكلوريت الكالسيوم المطلوب ليعطي 84 كجم كلور، فإن:

$$\frac{\text{الكلور المطلوب (كجم)} \times 100}{\text{تركيز الهيبوكلوريت \%}}$$

كمية الهيبوكلوريت بالكجم =

مثال:

ما كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (65%) المطلوبة إذا علمت أن مقدار الكلور المطلوب هو 84 كجم؟

$$\text{الكمية} = 129,23 \text{ كجم}$$

$$\frac{100 \times 84}{65}$$

65

3. لإيجاد جرعة الكلور (مجم/لتر) عندما يكون كلا من مقدار الكلور (بالكجم) وكمية المياه المراد معالجتها (بالمتر المكعب) معلومين:

$$\frac{\text{مقدار الكلور بالكجم}}{\text{التر المكعب} \times 0,001}$$

جرعة الكلور بالملجم/لتر =

$$0,001 \times \text{التر المكعب}$$

مثال:

ما هي جرعة الكلور (مللجم/لتر) إذا تم استخدام 37 كجم كلور لكل 20000 م³ من الماء.

$$\text{الجرعة} = \frac{37}{20000 \times 0,001} = 1,8 \text{ مللجم/لتر}$$

أهمية إضافة الكلور

يتم إضافة الكلور إلى المياه أو المخلفات السائلة للتأكد من مطابقتها من الناحية البكتريولوجية أو لتحسين الخواص الطبيعية والكيميائية للمياه.

12. القلوية Alkalinity

القلوية الكلية للمياه أو المخلفات السائلة هي مقياس لمقدرتها على معادله الأحماض، وترجع قلوية المياه إلى محتوياتها من أملاح الأحماض الضعيفة وأيضا الأملاح القاعدية الضعيفة أو القوية ويعتبر أيون البيكربونات المكون الرئيسي للقلوية نتيجة تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع المواد القاعدية الموجودة في التربة.

وفي بعض الأحيان تحت ظروف معينة تحتوي المياه الطبيعية على كميات محسوسة من أملاح الكربونات والمواد الهيدروكسية، لذا فإن قلوية المياه الطبيعية ترجع أساسا إلى أملاح الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيدات أما أملاح اليورات والبورات والسليكات والفوسفات فإن تأثيرها محدود جدا ولا يذكر.

المدى المعتاد للقلوية للمياه الخارجة والداخلية يتراوح من 50 إلى 500 ميللجرام / لتر

طريقة القياس**أساس الطريقة:**

يعاير المحلول حتى يصل إلى أس أيروجيني 4.5 وفي حالة المياه المحتوية على نسبة عالية من الأحماض يعاير حتى يصل إلى أس أيروجيني 3,9.

الاحتياطات:

1. لا يجب ترشيح أو تخفيف أو تركيز عينة القياس.
2. لا تفتح القارورة المحتوية على العينة إلا قبل التحليل مباشرة.
3. التأكد من غياب زيوت أو شحوم بدرجة عالية.

طريقة الحساب:

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

حيث:

A = حجم الحامض المستخدم في المعايرة

N = عيارية الحامض المستخدم في المعايرة

وحدة القياس:

(mg/L CaCO₃)

تفسير النتائج

تُعزى قلوية المياه لوجود هيدروكسيدات - كربونات - بيكربونات بعض عناصر الاقلاء، وارتفاع قلوية المياه يؤدي إلى تزايد التكاثر البيولوجي. وتحسب قلوية المياه بإضافة حمض الكبريتيك في وجود دليلي الفينولفثالين والميثيل البرتقالي. وليست هناك أضرار من المياه المحتوية على قلوية حتى 400مجم/ لتر. وعادة ما تكون مياه الصرف الصحي قلوية.

13. درجة الحرارة

أسباب تغير درجة الحرارة

تساعدنا درجة الحرارة في اكتشاف التغيرات التي تحدث في نوعية مياه المجاري حيث أن الانخفاض في درجة الحرارة يشير إلى وجود تسرب لمياه الرشح الأرضي إلى داخل شبكة مواسير المجاري وكذلك وجود ارتفاع في درجة الحرارة يشير إلى وصول مياه ساخنة من مخلفات الصناعة إلى محطة المعالجة.

ومن الضروري قياس درجة الحرارة لتشغيل المحطة وتستخدم في حساب درجة تشبع المياه بالأكسجين الذائب. وتتأثر عملية الترسيب بدرجة الحرارة حيث تزداد كفاءتها عند انخفاض درجة الحرارة عنها في حالة ارتفاع درجة الحرارة.

ويمكن قياس درجة الحرارة في مكان أخذ العينة وعادة ما تقاس درجة الحرارة في مكان أخذ العينات اللحظية لأنها تتغير بسرعة.

وتقاس الحرارة باستخدام الترمومتر، ومعظم الأجهزة الخاصة بالقياس مثل الرقم الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي والأكسجين المذاب مزودة بأجهزة قياس داخلية لقياس درجة الحرارة وتظهر قيمتها على الشاشة أوتوماتيكياً.

والمدى العادي لاختبار درجة الحرارة يكون كالآتي:

المدى العادي	العينة
18-29°م	المجري الخام
16-35°م أو أكثر في بحيرات الأكسدة	المجري بعد المعالجة
16°م - درجة حرارة الجو.	المجري المائية

14. 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.

الاحتياطات

1. تحميص العينات وإجراء عملية هضم كاملة.
2. قياس طيف الامتصاص الذري عند الطول الموجي المناسب للعنصر.
3. عمل منحني قياس بتركيزات تتناسب مع ما هو متوقع في العينة.
4. استخدام اللهب المناسب أو الفرن الجرافيتي.

تفسير النتائج

يتراوح تأثير العناصر الموجودة في مياه الشرب أو الصرف الصحي بين ما هو غير ضار، وما قد يؤدي إلى مشاكل، و ما هو سام وذو خطورة عالية، وفيما يلي أمثلة من هذه العناصر وتأثيرها:

أ. عنصر الرصاص:

وهو عنصر سام بالتراكم، وتتسبب المياه المحتوية عليه في الإصابة بالإمساك - الاضطرابات المعوية - الأنيميا - الشلل التدريجي للعضلات، وهو يستخدم في الصناعة، وأنابيب الرصاص.

ب. عنصر النحاس:

لا يسبب تسمماً بالتراكم، والتسمم به يمكن تجنبه بالاعتماد على التدوق، حيث يمكن تمييزه عندما تصل تركيزاته إلى 1-2مجم/لتر، ولا يحدث تسمم إلا بتركيزات أعلى من ذلك بكثير. وينشأ مصدر وجود النحاس بتركيزات عالية من التلوث الزراعي، والصرف الصحي.

ج. عنصر الحديد:

غير ضار، ولكن وجوده بتركيز عال يجعل للمياه طعماً غير مستساغ، كما أنه عندما تتعرض المياه المحتوية عليه للأكسجين فإن الحديد يترسب ويؤدي إلى ظهور بقع في الغسيل والأحواض.

د. عنصر المنجنيز:

وجود كميات ضئيلة منه يؤدي إلى مشاكل كثيرة، والكميات الكبيرة منه سامة، ومصدره غالباً التلوث الصناعي.

15. معدل التنفس

تستخدم هذه التجربة لتعيين معدل استهلاك للأكسجين للعينه (الحماة المنشطة مثلا) خلال فترة زمنية. وهي تجربة مهمة في الدراسات المعملية وفي وحدات التجارب كما هي مهمة في تشغيل محطات المعالجة التي تعمل بأقصى طاقة لها.

وعند استخدام هذه التجربة في المعمل بشكل روتيني فلا بد من الاخذ في الاعتبار الظروف البيئية لان ظروف التجربة ليست كظروفها في مكان أخذ العينه حتى لا تكون النتائج المقاسة غير معبرة عن معدل الاستهلاك الحقيقي للأكسجين

هذه الطريقة تعطى مؤشر واضح لما يلي:

1. مدى تسمم البكتريا من مياه الصرف أثناء المعالجة البيولوجية.
 2. تقدير الاكسجين المطلوب استهلاكه في حوض التهوية.
 3. توضيح لنا بعض التغيرات التي تطرأ على ظروف التشغيل بالوحدة حتى يمكن تداركها في الوقت المناسب.
- وتعتمد هذه الطريقة على:**

1. تقدير الاكسجين الذائب في حوض التهوية كل دقيقة ورسم العلاقة الخطية بين الاكسجين الذائب والزمن وميل هذا الخط هو الاكسجين المستهلك لكل لتر/ دقيقة.
2. تقدير المواد الصلبة المتطايرة في السائل المخلوط وتسمى MLVSS ويحسب معدل استهلاك الاكسجين من العلاقة الاتية:

معدل الاستهلاك = ميل المستقيم $MLVSS/60 \times$ مجم لكل لتر

وفي حالة استخدام جهاز التنفس يتبع كتالوج التشغيل لبداية التشغيل على أن يكون سعة قراءته أكبر من معدل الاستهلاك للأكسجين في العينه ويلزم ذلك تعيين نسبة المواد العالقة المتطايرة في العينه.

تحضير العينه

ضبط درجة الحرارة للدرجة التي جمعت منها أو لدرجة الحرارة المراد تقييمها وتترك ثابتة أثناء التحليل ونسجل درجة الحرارة على الجهاز.

نزيد من تركيز الأكسجين للعينه بواسطة الرج أو بإمرار فقاعات هوائية أو أكسجين خلالها.

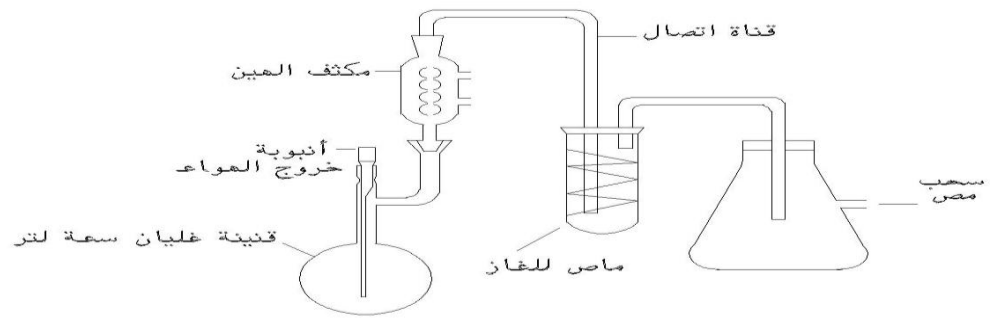
في حالة استخدام جهاز الرقم الهيدروجيني يغمس الإلكترود الخاص بالجهاز في الحال في زجاجة الاحتياج الأكسجيني الحيوي المحتوية على العينه والموضوعة فوق قلاب مغناطيسي بعد إزالة الكمية المنسكبة جراء وضع الإلكترود ويراعى أن تعزل المحتويات عن الجو. وفي وجود العينه ذات التركيز العالي (أكثر من 50 ملجم/لتر) تزيد درجات التقلب المغناطيسي لزيادة الاكسجين.

بعد ثبوت القراءة نقيس الأكسجين الذائب ونبدأ في حساب الوقت من البداية وبمعدل كل دقيقة وذلك لمدة 15 دقيقة حتى تصل نسبة الأكسجين إلى نسبة محددة. علماً بأن إلكتروود الجهاز لا يعطى قراءات دقيقة في القيم الأقل من واحد ملجم/ لتر اكسجين.

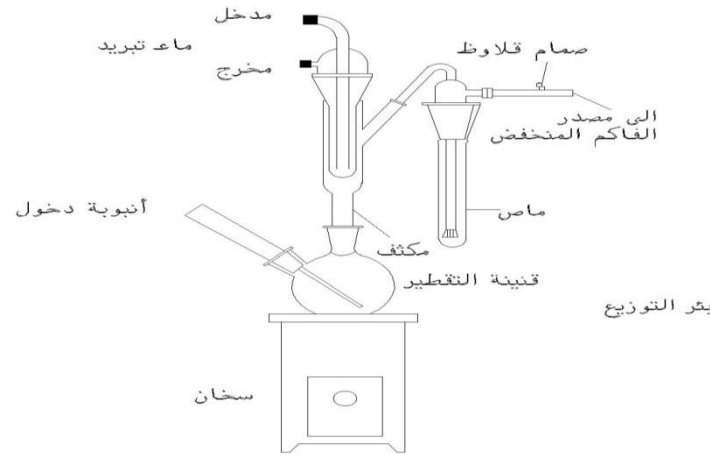
القيمة الأقل من (2) سوف تحد من معدل استهلاك الاكسجين بالعينة وتعمل على نقصان معدلات الاستهلاك أثناء سير التجربة.

16. المواد السامة (السيانيد)

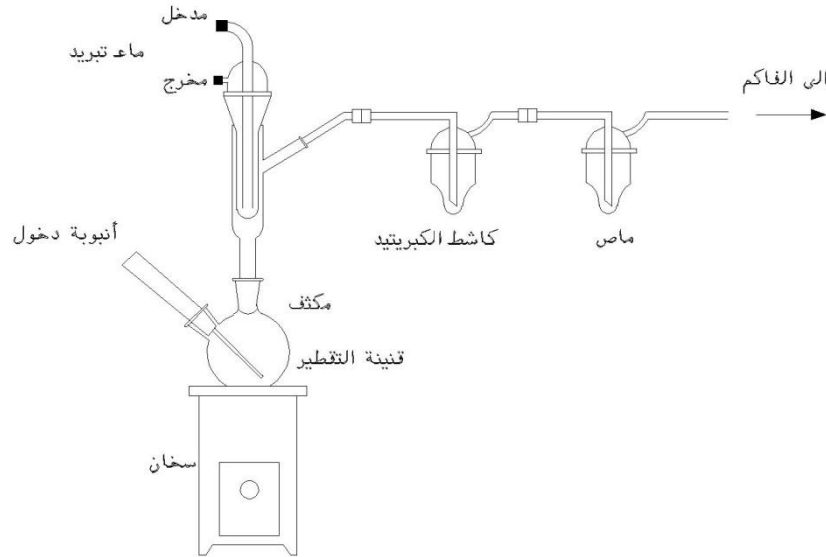
أساس الطريقة تعتمد الطريقة على تقطير العينة المحمضة وجمع حمض الهيدروسيانيك الناتج في ايدروكسيد صوديوم وتقديره بالمعايرة الحجمية، أو بتحويله إلى كلوريد السيانوجين وتقديره طيفياً. ويستخدم أحد الأجهزة المبينة في الأشكال (2-9)، (3-9)، (4-9) في عملية التقطير.



شكل رقم (2-9) جهاز تقطير السيانيد، نموذج (أ)



شكل رقم (3-9) جهاز تقطير السيانيد، نموذج (ب)



شكل رقم (9-4) جهاز تقطير السيانيد، نموذج (ج)

الاحتياطات

1. يضاف حمض الاسكوربيك في وجود الكلور في العينة.
2. تحفظ العينة في وسط قلوي (أس أيروجيني أكبر من 12).
3. تحلل العينة بمجرد جمعها.
4. في حالة وجود النتريت أو النترات يجب إضافة حمض السلفاميك.
5. في حالة وجود أحماض اليفاتية يتداخل في التقدير ويجب إزالتها باستخلاصها بمذيب عضوي.
6. في حالة وجود كبريتيد في العينة يجب إمرار الحمض المتطاير في خلاص الرصاص.

طريقة الحساب

1 طريقة المعايرة الحجمية:

$$CN = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{ml original sample}} = \frac{250 \times 26 \times N}{\text{ml of aliquot titrated}}$$

حيث:

- A = حجم نترات الفضة المستخدمة في معايرة العينة المأخوذة من 250 سم³ هو الحجم الكلي.
- B = حجم نترات الفضة المستخدمة في التجربة الغفل.
- N = عيارية نترات الفضة.

2 الطريقة الطيفية:

$$\frac{A \times 1000}{B} \times \frac{50}{C}$$

حيث:

A = وزن السيانيد (ميكروجرام) من منحنى المعايرة.

B = حجم العينة المأخوذة للمعايرة.

C = حجم العينة المأخوذة للقياس الطيفي.

وحدة القياس: µg/L.

17. التحاليل البكتريولوجية

مقدمة

قد تحتوي المياه غير المعالجة بطريقة صحيحة على كائنات دقيقة تسبب الأمراض. ويستغرق الكشف عن أنواع محددة من هذه الكائنات والتي تسبب أمراضاً مثل الدوسنتاريا والتيفود وقتاً طويلاً، كما أنه يتطلب أجهزة خاصة. لذا يستعاض عن الكشف عن كل المسببات المرضية الموجودة في الماء بالكشف عن وجود البكتريا القولونية كمؤشر للتلوث.

ويعتبر خلو المياه من البكتريا القولونية مؤشراً لصلاحية المياه للاستخدام الآدمي من الناحية البكتريولوجية. وعلى العكس فإن وجود هذه البكتريا في مياه الصرف المعالجة يعطى مؤشراً على عدم صلاحية هذه المياه لإعادة الاستخدام. وتتطلب المعايير القياسية لمياه الشرب وأن تكون المياه خالية من بكتريا القولون البرازية والبكتريا السبحية البرازية.

والبكتريا القولونية غير الغائطية لها قدرة على تخمر اللكتوز مع انتاج غاز في 48 ساعة عند درجة حرارة 37°م (درجة حرارة جسم الإنسان). في حين أن البكتريا القولونية الغائطية تنمو عند درجات حرارة أعلى (45°م). وتتضمن المجموعة القولونية كل البكتريا الهوائية واللاهوائية سالبة الجرام غير المكونة للحويصلات العضوية الشكل.

ويستخدم الفحص البكتريولوجي لعينات المجاري التي يتم تنقيتها وتطهيرها بالكلور لتحديد مدى كفاءة عملية التطهير.

وتحدد النوعية البكتريولوجية لمياه الصرف بما يعرف بقانون الحد الأعلى للتلوث (Maximum Contamination Limit MCL). وهذا القانون يحدد:

- الطريقة المستخدمة في القياس.
- عدد العينات المطلوبة للتحليل.
- حجم العينة المستخدمة في التحليل.
- الحد الأقصى للبكتريا القولونية الغائطية وغير الغائطية المسموح بها في مياه الصرف الصحي.

الاحتياطات الواجب اتباعها في التحاليل البكتريولوجية

1. يجب إجراء التحليل بمجرد جمع العينة وإذا تأخر التحليل عن ساعة لاعتبارات النقل أو خلافه وجب وضع العينة في صندوق مبرد. ويجب تحت أي ظرف من الظروف ألا تستغرق الفترة بين الجمع والتحليل أكثر من 24 ساعة.
2. يراعى تسجيل وقت ودرجة حرارة تخزين العينات لتؤخذ في الاعتبار عند تفسير النتائج.
3. تعقم كل الأدوات والمواد المستخدمة في الاختبار.
4. عند إجراء كل تخفيف وجب الرج والخلط الجيدين.
5. عند إجراء كل تخفيف وإزالة غطاء الأنابيب وجب إجراء ذلك في منطقة معقمة باللهب وتغلق العينة مباشرة.
6. يجب أن تكون الحضانة ذات حجم مناسب يسمح بانتشار الهواء وتجانس درجة الحرارة، كما يجب أن تحفظ أطباق بترى في أكياس بلاستيك لمنع جفاف وسط الآجار.
7. يجب مراقبة الزجاجات والأدوات والتأكد من خلوها من البقع ويستخدم صابون غير سام في الغسيل.
8. تستخدم تجربة غفل دائماً مع العينة للتأكد من التعقيم.
9. تستخدم قطعة من القطن في الماصات المستخدمة.
10. لا يعتد بنتائج عينات أجرى تحليلها بعد 30 ساعة من جمعها حتى وإن حفظت في صندوق مبرد.
11. تستبعد العينات التي لا يصاحبها بطاقة بيانات كاملة.

الأجهزة المستخدمة في التحاليل البكتريولوجية

1. أجهزة قياس درجة الحرارة بدقة 0.5°C أو أقل وتختبر دورياً.
2. حمام مائى (Water bath) عند درجة حرارة 44.5°C ويستخدم معه ترمومتر مغمور بدقة 0.2°C .
3. جهاز قياس وتسجيل درجة الحرارة متصل بالحمام المائى والأوتوكلاف.
4. ميزان حساس (Sensitive balance) حساسية 1 مجم.
5. جهاز قياس الرقم الأيروجيني (pH-meter) مزود بمحاليل منظمة ذات أرقام أيروجينية 4.0 و 7.0 و 10.0 ومنظم لدرجة الحرارة.
6. جهاز تقطير مياه (Water deionization unit) لإنتاج ماء مقطر يمكن إزالة ما به من أيونات باستخدام أعمدة تحتوى على راتنجات أيونية.
7. ماصات (Pipettes) مختلفة الأحجام ومخابير مدرجة (Graduated cylinders) سعات مختلفة.
8. فرن هواء ساخن (Hot air sterilizing oven) للتعقيم تقل درجة الحرارة فيه إلى $160 - 180^{\circ}\text{C}$.
9. جهاز أوتوكلاف (Auto clave) للتعقيم مزود بمسجل للضغط والوقت والحرارة.
10. ثلاجة (Refrigerator) لتخزين الأوساط والعينات والمحاليل تصل درجة الحرارة فيها إلى $4,4^{\circ}\text{C} - 1^{\circ}\text{C}$ وتسجل درجة الحرارة يومياً وتنظف شهرياً.
11. مجمد (Freezer) تضبط درجة حرارته يومياً ويفضل نوعية بها نظام إنذار.

12. جهاز ترشيح (Membrane filter equipment) عبارة عن قمع وحامل وطللمبة تفريغ هواء (Vacuum pump) ودورق ترشيح بالتفريغ (Vacuum flask) وقمع ترشيح بقاعدة قطرها 47 ملليمتر وغشاء ترشيح بقطر 47 ملليمتر ومسامية 45 ميكرون.

13. ميكروسكوب (Binocular microscope) بدرجة تكبير 10 - 20 مرة مزود بمصدر ضوئي فلورسنت.

14. حضانة (Incubator) بغلاف هواء أو ماء يمكن ضبط درجة حرارتها أوتوماتيكياً على درجات حرارة 35-44°م.

15. أدوات تحضير الأوساط وهي مصنوعة من زجاج البوروسليكات أو الصلب الذي لا يصدأ وفي حالة استخدام طريقة الترشيح الغشائي تستخدم أنية بلاستيك 76 × 15مم.

16. أطباق بيتري (Petri dishes) قطر 47 ميللمتر مزودة بمخدرات أسفنجية ويراعى استواء القاع وعدم وجود خدوش وذلك لتجانس الوسط وتحفظ الأنية المعقمة في علب من الألومنيوم.

17. أنابيب تخمير (Fermentation tubes).

18. زجاجات عينات (Sampling bottles) ذات سعة مناسبة (125 ملليلتر) مصنوعة من الزجاج أو البلاستيك جيد الإحكام ومقاوم للمذيبات ويسهل تعقيمه. وقبل التعقيم في الأوتوكلاف يضاف 0,1 ملليلتر من 10% ثيوكبريتات الصوديوم لكل قارورة سعة 125 ملليلتر وهذه الكمية كافية لإزالة أثر 15 مجم/لتر من الكلور المتبقي.

19. لولب من سبيكة النيكل أو بلاتين - أيريديم للتعقيم باللهب.

20. أنابيب أو قوارير تخفيف مصنوعة من زجاج البوروسليكات أو البلاستيك ذات غطاء قلووظ سعة 99 ملليلتر.

21. أدوات متنوعة مثل كؤوس مخروطية وعادية سعة 50 و 100 سم³ و 1 و 2 لتر بغطاء بلاستيك وملقط (Forceps) من الصلب الذي لا يصدأ وأنابيب تفريغ (Vacuum tubes).

22. موقد بنزن (Bunsen burner) أو موقد بالكحول.

طرق الكشف عن المجموعة القولونية وبكتريا القولون البرازي

ويعتمد اختبار الكشف عن البكتريا القولونية الغائطية (Escherichia Coli) على أثرها في تخمر اللكتوز لينتج حامض وغاز عند درجة حرارة 36 و 44°م في أقل من 24 ساعة. وينتج الأندول في ماء الببتون. ويتم تحديد عدد البكتريا القولونية بطريقتين قياسيتين.

1. طريقة تخمر الأنابيب المتعددة (Multiple tube fermentation method)

2. طريقة الترشيح الغشائي (Membrane filter method).

ويبين الجدول رقم (9-3) المتطلبات اللازمة لإجراء الاختبار بهاتين الطريقتين.

جدول رقم (9-3) التجهيزات المطلوبة للتحاليل البكتريولوجية

التجهيزات المطلوبة	طريقة العدد الأكثر احتمالية (MPN)	طريقة الترشيح الغشائي (MF)
أوتوكلاف يعمل عند ضغط 15 رطل/ بوصة ²	+	+
فرن يعمل عند درجة حرارة 160 - 170°م	+	+
ثلاجة	+	+
وعاء لتجميع العينة من الصلب الذي لا يصدأ	+	+
أنابيب	+	-
أطباق ينزى	-	+
أنابيب درهام	+	-
أغشية ترشيح	-	+
آنية لتحضير الأوساط من صلب لا يصدأ	+	+
جهاز ترشيح	-	+
موقد (بنزن)	-	+
ملقط	-	+
حامل لأنابيب الزرع	+	-
قطع قطن	+	-
جهاز قياس الرقم الأيروجيني	+	+
ماصات 0.1 - 1 - 5 - 10 - 20 سم ³	+	+
مخبر مدرج	+	+

إناء للماصات	+	+
وعاء تخفيف	+	+
صندوق تبريد	+	+
آنية تجميع 100-250-500-1000 سم ³	+	+
عدسة مكبرة	-	+
حضانة عند درجة حرارة 44.5°م	+	+

1. طريقة تخمر الأنابيب المتعددة

الغرض من الطريقة:

تستخدم هذه الطريقة لتعيين وجود وعدد بكتيريا المجموعة القولونية (مخمرات سكر اللين) عن طريق زرع سلسلة أجزاء مقاسة الحجم من العينة داخل أنابيب محتوية على أوساط زرع ملائمة.

اعتبارات خاصة بطريقة تخمر الأنابيب المتعددة:

يجرى الاختبار من خلال ثلاث مراحل محددة:

1. الاختبار الأولي.

2. الاختبار التأكيدي.

3. الاختبار المكمل.

ومن الممكن إيقاف فحص عينة المياه عند نهاية أي من هذه المراحل إذا ما تحقق الهدف من الاختبار أو استكمال الفحص مباشرة من مرحلة إلى المرحلة التالية. ويهدف والاختبار التأكيدي والاختبار المكمل إلى زيادة التأكد من أن النتائج الايجابية في الاختبار الأول هي في الواقع نتيجة لبكتيريا القولون وليست نتيجة لنشاط اي أنواع أخرى من البكتيريا.

- والاختبار المكمل "Complete test" هو الاختبار القياسي لتعيين مدى مطابقة المياه للمعايير القياسية وصلاحياتها للشرب من الوجهة البكتريولوجية. وتحت هذه المقاييس يمكن أن ينتهي الفحص بعد الاختبار التأكيدي، ولكن بعد أن يثبت أن الاختبار التأكيدي قد أعطى نتائج مكافئة للاختبار المكمل بسلسلة من الاختبارات المتوازنة.

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

- طريقة الأنابيب المتعددة مبنية على قوانين الإحصائية وتستخدم للحصول على تقدير العدد البكتيري في العينة معبراً عنه بالعدد الاحتمالي "MPN". لهذا السبب تسمى طريقة العدد الاحتمالي وذلك بالنظر إلى وجود بكتيريا المجموعة القولونية من عدمه (إيجابية أو سلبية) وبعد إتمام الخطوات المعملية تلخص كل النتائج الإيجابية والسلبية ثم يتم الربط بين هذه النتائج وأحجام العينة التي تم زرعها. وفي النهاية يتم تعيين العدد الاحتمالي بالرجوع إلى جدول الأعداد الاحتمالية أو باستخدام القانون الآتي:
- العدد الاحتمالي =

$$100 \times \frac{\text{عدد العينات التي أعطت نتائج إيجابية}}{\sqrt{\text{عدد الملليلترات من العينات التي أعطت نتائج سلبية} \times \text{عدد الملليلترات من العينات في كل}}}$$

وهناك عدة طرق مختلفة لزرع العينة منها:

- الزرع المبدئي لخمس أجزاء كل منها 10 مللي لتر ويستخدم في اختبار نوعية مياه الشرب. وحتى يكون الاختبار أكثر حساسية تنفذ هذه الطريقة وتطبق باستخدام خمسة أجزاء كل منها 100 مللي لتر من العينة وهي مفضلة في كثير من محطات معالجة المياه.
- زرع خمسة أجزاء كل منها 10 مللي لتر، خمسة أجزاء 1 مللي لتر، خمسة أجزاء 0,1 مللي لتر. وتطبق في اختبار المياه الأقل في النوعية من مياه الشرب. وعندما يكون معلوماً أن بكتيريا المجموعة القولونية موجودة، ويكون الغرض من هذا الاختبار في هذه الحالة هو تعيين العدد.

الخطوات المعملية:

أ. الاختبار الاحتمالي:

1. جهاز شوربة الماكونكي في أنابيب ورتب هذه الأنابيب في حامل أنابيب الزرع بطريقة منظمة لزرع 10 مللي لتر أو أكثر من العينة باستخدام التركيز الصحيح.
2. نقوم بتقييم أنابيب الزرع و ندون ذلك في النموذج الخاص المعد لذلك بالمعمل وكذلك نسجل الحجم المختار المزروع من العينة.
3. رج العينة بشدة 25 مرة تقريباً إلى أعلى وإلى أسفل.
4. توضع الأنابيب داخل الحضانة ويجري تحصيلها لمدة 24 ساعة عند 37 درجة مئوية.
5. يسجل عدد العينات الإيجابية للأنابيب التي يظهر فيها غاز في أنبوبة درهام الصغيرة المقلوبة. ونسجل العينات السلبية التي لا يظهر فيها اي غاز.

ملحوظة:

يستخدم ماكونكي مزدوج التركيز في حالة زرع 10 مل من العينة ومفرد التركيز في حالة زرع 1 مل من العينة أو أقل.

ب. الاختبار التأكيدي:

1. تلقح جميع الأنابيب التي ظهر فيها الغاز (الإيجابية) على شورية الماكونكي وذلك باستخدام عقدة تلقح بعد تعقيمها باللهب ثم نبردها قبل إجراء كل عملية نقل.
2. أعد المزارع إلى الحضانة ليجري تحضينها لمدة 24 ساعة + 2 ساعة عند درجة حرارة 35 درجة مئوية، ثم نسجل الأنابيب الإيجابية (وجود غاز).
3. في كل الأحوال تحضن العينات السلبية 24 ساعة أخرى عند 35 درجة مئوية.

ج. الاختبار المكمل:

1. عقم باللهب إبرة التلقيح وأغمرها داخل مزرعة الاختبار التأكيدي الإيجابية التي يجرى نقلها. عند تعليم الطبق تجنب تمزق سطح وسط المزرعة بالإبرة. ويجري التلقيح بأن يلمس بخفة جانب النهاية مع الحرص ألا تحدث فجوة أو ثقب. ونسحب بلطف الإبرة إلى الخلف والأمام فوق كامل مساحة مربعين متجاورين من سطح بيئة الإندو آجار (Endo - agar) أو آجار أزرق ميثيلين الأيوسين (E.M.B.) وتعقم الإبرة وتبرد ويلفح الثلث الثاني والثالث بنفس الطريقة.
2. تغطي أطباق بترى وتحضن لمدة 24 + 2 ساعة عند 35 درجة مئوية وهي وفي وضع مقلوب.
3. أخرج الأطباق من الحضانة وافحصها باحثاً عن مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية النموذجية معزولة جيداً عن بعضها البعض.
4. مستعمرات المجموعة القولونية النموذجية لها مركز قاتم عند رؤيتها خلال قاع طبق بترى. وعند رؤيتها من السطح العلوى قد يكون لها لمعان ذهبي أخضر وقد لا يكون وذلك في بيئة (E.M.B.) أو الأزرق الكوبيا لامع البريق مع بيئة الاندو آجار.
5. تسجل العينات الإيجابية التي تحتوى على مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية النموذجية ويمكن حساب العد الاحتمالي للمجموعة القولونية من الجداول.

2. طريقة الترشيح الغشائي

يقاس حجم معين من عينة المياه ويرشح باستخدام مضخة تفريغ خلال غشاء ترشيح. ثم يوضع الغشاء في وعاء معقم ويتم تحضينه مع أوساط زرع مختارة مختلفة حيث تظهر مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية التي تم تجميعها أثناء عملية الترشيح. ويمكن عد المستعمرات لبكتيريا المجموعة القولونية بطريقة عد بسيطة لتعيين عدد مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية لكل 100 مللي لتر من العينة. وفي الاختبارات التي تجرى لتعيين مدى مطابقة مياه الشرب والاستعمال المنزلي للمعايير البكتريولوجية القياسية فإن حجم العينة القياسية يجب أن يكون 50 مللي لتر على الأقل، ويفضل أن يكون 100 مللي لتر. وعندما يكون الغرض من الاختبار تعيين الكم العددي فضلاً عن النوع على سبيل المثال عندما نرغب في معرفة عدد بكتيريا المجموعة القولونية في مصادر المياه الخام (الصرف) أو المياه التي تجرى معالجتها (الترع)، فإن أحجاماً أصغر من العينات تكون قياسية. وحتى يمكن إجراء العد يختار الحجم الذى يغطى من 20 إلى 80 مستعمرة من مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية واللاقولونية التي تظهر فوق غشاء الترشيح المستخدم لإجراء العد عن 200 مستعمرة.

والجدول رقم (4-9) يبين الأحجام المقترحة للعينات التي يجب ترشيحها لتتلاءم مع الأعداد المتوقعة لبكتريا المجموعة القولونية.

جدول رقم (4-9) الأحجام المقترحة للعينات التي يجب ترشيحها

مستعمرات المجموعة القولونية المتوقعة لكل 100 مللي لتر	حجم العينة الذي يجب ترشيحه (مللي لتر)
1 إلى 80	100
81 إلى 320	25
321 إلى 1300	5
1301 إلى 4000	2
4001 إلى 16000	0,5

الأجهزة المستخدمة:

معدات التعقيم:

فرن تعقيم أو أوتوكلاف - حضانة - ميزان - جهاز تقطير - زجاجات عينات - زجاجات تخفيف - ماصات قياسية.

معدات الترشيح:

1. مضخة ترشيح (Water aspirator) أو مضخة تفريغ كهربية.
2. مضخة شفط: (دورق إيرلين ماير ذو جدار سميك بذراع جانبي ويتم توصيله بوسيلة التفريغ بأنبوبة مطاط ذات جدار سميك يسمح بأن تظل عملية التفريغ مستمرة أثناء الترشيح).
3. وحدة حامل الترشيح (Filter holding unit): تتركب من جزئين: الجزء السفلى أو القاعدي الذي يركب على دورق الشفط بسداة مطاط، ويثبت غشاء الترشيح في هذه الوحدة بعد تجميعها، وسطحها المنقب يسمح بمرور المياه المرشحة إلى دورق الشفط خلال إجراء عملية الترشيح.

والجزء العلوى والذي يثبت في الجزء القاعدي أثناء التشغيل ويشبه القمع إلى حد ما ليوزع المياه التي يجرى ترشيحها على كل مساحة غشاء الترشيح. ووحدة حامل الترشيح يمكن أن تكون من المعدن (وهو الغالب) أو من الزجاج وبأشكال وتصميمات عديدة.

يلف الجزئين السفلى والعلوى في ورق الألمونيوم وتعقم داخل الأوتوكلاف لمدة 15 دقيقة على الأقل عند درجة 121 درجة مئوية لمدة 15 دقيقة. ويجب ألا توضع أية وحدة تحتوى على أجزاء من المطاط أو البلاستيك في فرن التعقيم.

أطباق بترى:

زجاجية أو من البلاستيك سابق التعقيم 15×60 مم للمزارع تستخدم مرة واحدة، أما الزجاجية فيعاد استخدامها بعد غسلها وتعقيمها.

أغشية الترشيح:

ذات قطر 47 - 50 مللي لتر وقطر الفتحة المناسب للاختيارات البكتريولوجية للمياه 0,4 - 0,7 ميكرون.

تغلف هذه الأغشية في لفافات من الورق بطريقة مناسبة وتعقم داخل أوتوكلاف لمدة عشر دقائق عند درجة 121 درجة مئوية وتجفف بعد التعقيم بالتخلص السريع من البخار العادم.

بطانات مص الغذاء:

تتركب من أقراص ورق ترشيح ذات سمك حوالى 1مم ولها نفس قطر أغشية الترشيح. ولتجهيز وتعقيم هذه البطانات تتبع نفس الخطوات المتبعة لأغشية الترشيح.

• ملقاط.**جهاز عد المستعمرات:**

ذو عدسة تكبير قوة (4-5) أو ميكروسكوب تشريح مزدوج العينية ذو إضاءة مناسبة.

المحاليل والبيئات:

ماء تخفيف منظم (وهو محلول الفوسفات المنظم المخفف) - (M - Endo broth & M - FC broth) و هي إما أمبولات جاهزة معقمة سعة 2 مليلتر أو عبوات بودرة و يتم تحضيرها معملياً.

خطوات الاختبار:

1. نظف سطح البنش بالماء أو بمحلول مطهر وبتترك السطح ليحفظ قبل بدء الخطوات.
2. دون أرقام العينات على الأوعية وافتح كل أغطية أوعية الزرع بجانب كل وعاء. وتوضع بطانة مص معقمة واحدة في النصف الأسفل لكل وعاء زرع باستخدام ملقاط صغير معقم يستخدم في مسك بطانات المص.
3. باستخدام ماصة معقمة ضع كمية من الوسط المجهز كافية لتتبع كل بطانة مص وكمية وسط الزرع المطلوبة لتتبع كل بطانة مص في حوالى 2 مللي لتر تقريباً، ولكن لا يمكن تحديدها تماماً. وتوضع الكمية الكافية من وسط الزرع حتى تتشبع بطانة المص وبحيث يكون هناك قطرة حرة (معقولة الحجم) غير ممتصة فوق البطانة تظهر عند إمالة وعاء الزرع ثم تغطى أوعية الزرع بأغطيتها.
4. ضع غشاء الترشيح المعقم بحيث يكون السطح الشبكي الشكل لأعلى على الجزء القاعدي من وحدة حامل الترشيح بحيث يتمركز على الجزء المثقب من حامل الغشاء. ولما كانت أغشية الترشيح سهلة التلف لذلك يجب مسكها بالملقاط المعقم بعناية. ويراعى مسك قرص الترشيح من الخارج بعيداً عن الجزء الذى سوف تمر العينة خلاله أثناء ترشيحها. ولكي يحتفظ بالملقاط معقماً يجب حفظه بحيث تكون حافته مغمورة في حوالى 3 سم من

- الكحول الايثيلي أو المثيلي. وعند استعمال الملقاط اشغل الكحول المبلل لحافة الملقاط مع مراعاة أنه لا يجب أن يتعرض الملقاط للهب لفترة أطول من الفترة اللازمة لإشعال الكحول.
5. أجمع وحدة الترشيح بتثبيت الجزء العلوى (القمع) في الجزء القاعدي، ويجب إجراء ذلك بعناية تامة حتى تتجنب إتلاف غشاء الترشيح (الذى تم وضعه داخل وحدة الترشيح).
6. رج العينة بشدة عشرون مرة تقريباً بالتحريك لأعلى ولأسفل.
7. قبل استخدام التفريغ صب الحجم المقاس من العينة المراد إجراء الاختبار لها في داخل قمع وحدة الترشيح. إذا كان حجم العينة المختبرة أقل من 10 مللي لتر صب في القمع 10 مللي لتر تقريباً من ماء التخفيف المعقم بعد صب العينة. وإذا كان حجم العينة المختبرة 10 مللي لتر أو أكثر فلا يجب صب اي مياه تخفيف.
8. شغل وسيلة التفريغ للإسراع من ترشيح العينة خلال الغشاء. و بعد مرور كل العينة خلال غشاء الترشيح أوقف التفريغ واشطف القمع بـ 20 - 30 مللي لتر من ماء التخفيف المعقم. كرر الشطف بعد مرور كل ماء الشطف الأول.
9. فك وحدة الترشيح واستخدام الماسك المعقم لتزيل غشاء الترشيح من قاعدة حامل وحدة الترشيح. وبعناية تامة ضع الغشاء وبحيث يكون السطح الشبكي إلى أعلى فوق بطانة المص داخل وعاء الزرع المناسب مع تجنب وجود اي فقاعات هواء بين بطانة المص والغشاء، حيث أن فقاعات الهواء تمنع انتشار وسط الزرع من بطانة المص خلال غشاء الترشيح. وإذا أمكنك إعادة وضع الغشاء للتخلص من فقاعات الهواء يكون أفضل. ويمكنك تقليل الفقاعات المحصورة بوجود كمية كافية من وسط الزرع فوق بطانة المص وبوضع غشاء الترشيح فوق بطانة المص في وضع صحيح.
10. بعد إتمام عملية ترشيح يمكنك إجراء الترشيح التالي له في سلسلة الترشيح دون الحاجة إلى إعادة التعقيم بعد إتمام سلسلة ترشيحات متتابعة. وإذا كان هناك فاصل زمني أكثر من 15 دقيقة بين ترشيح عينات متتابعة، يعاد تعقيم الوحدة بواسطة غمرها في ماء مغلى لمدة دقيقتين وتبرد قبل استخدامها مرة أخرى في الترشيح.
11. بعد إتمام عمليات الترشيح، احكم إغلاق أوعية الزرع واقبلها وتوضع داخل الحضانة في درجة حرارة 35 ± 0.5 درجة مئوية في جو مشبع بالرطوبة لمدة 24 ساعة. (أحياناً من 18 - 22 ساعة).
12. بعد فترة التحضين أخرج المزارع، وعد مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية (مخمرات سكر اللبن) باستخدام عدسة بسيطة (أو ميكروسكوب تشريح). ومستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية لها لون أحمر أو أحمر وردي ذات سطح له بريق معدني أو أخضر ذهبي. هذا البريق قد يغطي كل المستعمرة. وقد يظهر في مركز المستعمرة فقط. مستعمرات البكتيريا الغير قولونية تتدرج من عديمة اللون إلى اللون الأحمر أو الأحمر الوردي ولكن ليس لها بريق سطحي مميز.
13. سجل عدد مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية. إذا تم ترشيح أكثر من حجم واحد للعينة في البداية، يختار الحجم الذى يعطى بين 20 - 80 مستعمرة من مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية ولا يزيد عن 300 مستعمرة من كل الأنواع.

عدد المستعمرات/100 مللي لتر =

$$\frac{\text{عدد المستعمرات لكل 100 مللي لتر من العينة}}{\text{حجم العينة المرشحة (مللي لتر)}}$$

18. الفحص الميكروسكوبي

طرق جمع العينات للتحليل والفحص

لجمع عينة سطحية نضع الوعاء لأسفل تحت الماء مسافة (15-25 سم) ثم نجعله يملأ وهو تحت سطح الماء ثم يغطى تحت الماء ويرفع.

- لو استعملنا مواد حافظة يؤخذ العينة في وعاء آخر ثم يصب بسرعة في الوعاء المحتوى على المادة الحافظة.
- لعينات الأعماق يستخدم جهاز كيمييرر ونسقط الوعاء إلى العمق المطلوب وتجمع العينة ويتم غلق الوعاء باستخدام الصمامات أوتوماتيكياً ويسحب إلى السطح.

إعداد العينة لإجراء الفحص

- يفضل في حالة فحص الطحالب أن يؤخذ جزء منها أثناء الجمع دون حفظ وترسل للفحص مباشرة، وتحفظ الكمية الأخرى.
- لا يتم الحفظ للعينة في حالة معرفة وفحص البروتوزوا، والروتيفير وبعض السوطيات الحية.
- يتم فحص العينة غير المحفوظة بالمعمل وكلما أسرعنا كان ذلك أفضل. (لا تزيد المدة عن 30 - 60 دقيقة في الجو العادي وعن 2 - 3 ساعات في الجو البارد أو العينات المتلجة)
- يمكن أخذ عينات مركبة إذا كانت هناك أنواع أخرى للدراسة عليها.

تحديد الأنواع المختلفة للكائنات الحية ميكروسكوبياً

إن الفحص الميكروسكوبي يعنى التعرف على أنواع الكائنات الدقيقة المختلفة التي توجد بالحمأة المنشطة، ومعرفة تأثير كل منها على العملية البيولوجية.

ومن أهم الكائنات الدقيقة التي تتكون منها الحمأة المنشطة ما يلي:

1. البكتيريا
 2. البروتوزوا
 3. الروتيفيرز (الكائنات الدوارة)
 4. الكائنات الخيطية (فطر أو بكتيريا)
- وكل من تلك الكائنات ينمو ويتكاثر وينتشر في ظروف معينة، ويمكن عن طريق الفحص المجهرى معرفة الظروف السائدة في وسط الحمأة المنشطة.

دور الكائنات الحية الدقيقة في مياه الصرف الصحي

1. تعد البكتيريا أهم تلك الكائنات وترجع أهميتها لكونها تقوم بالدور الأساسي في أكسدة المواد العضوية في مياه الصرف الصحي، وهناك أنواع عديدة من البكتيريا يمكن تواجدها في مياه الصرف الصحي، وتبعاً لنوع وكمية المواد العضوية المتاحة، تختلف أنواع البكتيريا الموجودة.
2. تشكل البروتوزوا ذات الأهداب أحد الكائنات الهامة في الحمأة المنشطة، وهناك نوعان منها يمكن التمييز بينهما تحت الميكروسكوب، هما:

أ. البروتوزوا الهدبية العائمة (في الحمأة الحديثة).

ب. البروتوزوا الهدبية ذات العنق (في الحمأة المنشطة الكبيرة).

ولا تتغذى البروتوزوا على المواد العضوية المتوفرة في مياه الصرف، ولكنها تتغذى على البكتيريا وبالتالي تساهم في التخلص من البكتيريا العائمة وتساعد على ترويق المياه.

3. أما وجود الروتيفيرز في الحمأة المنشطة فإنه غير شائع، ولكن إن وجدت فإن هذا يشير إلى انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة، أو طول عمر الحمأة، كما أن انخفاض أعداد البروتوزوا الهدبية العائمة بالنسبة للبروتوزوا الهدبية ذات العنق تؤدي لنفس الأسباب، وعند التأكد من هذا الوضع اعتماداً على بعض الاختبارات الأخرى مثل اختبار معدل القابلية للترسيب، وقياس F/M ومتوسط عمر الحمأة، فإن هذا يتطلب خفض تركيز المواد الصلبة العالقة، وعلى عكس ذلك يحتاج الأمر إلى رفع مستوى المواد الصلبة العالقة.

وعلى وجه العموم فإن البكتيريا تقوم بتثبيت المواد العضوية كما أن وجود البروتوزوا العائمة ذات الأعناق هو مؤشر جيد لاستقرار عملية المعالجة.

4. أما الكائنات الخيطية التي تظهر على شكل خصل الشعر أو حزم القش، وهي كائنات بطيئة الترسيب ووجودها بكثير يعنى وجود ظروف غير ملائمة في المعالجة البيولوجية مما يؤدي إلى فشل عملية الترسيب وزيادة نسبة المواد الصلبة في المياه الناتجة من المروك الثانوي.

والكائنات الخيطية يمكن أن تكون أنواعاً من البكتيريا أو الفطريات ويرتفع تركيز الكائنات الخيطية نتيجة انخفاض الرقم الهيدروجيني والأكسجين الذائب وارتفاع تركيز المواد العضوية التي تصلح كغذاء للبكتيريا.

المراجع

- تم الإعداد بمشاركة المشروع الألماني GIZ
- و مشاركة السادة :-

➤ مهندس / اشرف علي عبد المحسن	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / طارق ابراهيم عبد العزيز	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / مصطفى محمد محمد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
➤ مهندس / محمد محمود الديب	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
➤ دكتور كيمائي / حسام عبد الوكيل الشرييني	شركة الصرف الصحي بالاسكندرية
➤ مهندس / رمزي حلمي ابراهيم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
➤ مهندس / اشرف حنفي محمود	شركة الصرف الصحي بالاسكندرية
➤ مهندس / مصطفى احمد حافظ	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
➤ مهندس / محمد حلمي عبد العال	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / ايمان قاسم عبد الحميد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالشرقية
➤ مهندس / صلاح ابراهيم سيد	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / سعيد صلاح الدين حسن	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / صلاح الدين عبد الله عبد الله	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالدقهلية
➤ مهندس / عصام عبد العزيز غنيم	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / مجدي علي عبد الهادي	شركة الصرف الصحي بالقاهرة الكبرى
➤ مهندس / عبد الحليم مهدي عبد الحليم	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالقليوبية
➤ مهندس / سامي يوسف قنديل	شركة الصرف الصحي بالاسكندرية
➤ مهندس / عادل محمود ابو طالب	GIZ المشروع الالمانى لادارة مياه الشرب والصرف الصحي
➤ مهندس / مصطفى محمد فراج	الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي