برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل المتدرب

البرنامج التدريبي فني معمل- الدرجة الثالثة

طرق القياس فى معامل الصرف الصحى

تم اعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي V1 1-7-2015

الفـــــهـــــرس

مقدمة : 3
خواص وتركيب مياه الصرف الصحي 3
الخواص الطبيعية 3
الخواص الكيماوية 3
الخواص البيولوجية 3
تركيب مياه الصرف الصحي 4
أولا الخواص الطبيعية 4
ثانيا الخواص الكيماوية 6
ثالثا الخواص البيولوجية 6
أنواع البكتريا: 6
التجارب الحقلية والمعملية 7
1. الغرض من اجراء التحاليل 7
2. الهدف من اجراء الاختبارات 8
٣. التحاليل الكيميائية الأساسية Chemical Analyses 9
أولاً التجارب الحقلية: 9
ثانيا التجارب المعملية 10
1. قياس درجة الحرارة Temperature 10
2. تقدير العكارة Determination of Turbidity 11
٣. قياس الأكسجين الذائب Dissolved Oxygen (DO) 12
4. قياس الرقم الهيدروجيني pH 14
5. قياس درجة التوصيل الكهربي Conductivity (Cond.) 18
6. الكلور المتبقي Residual Chlorine (Res. Cl) 18
7. قياس المواد الصلبة الذائبة Total Dissolved Solids (TDS.) 20
8. قياس المواد الصلبة القابلة للترسيب Settable Solids (SS) 21
9. قياس نسبة المواد العالقة الكلية والمواد العالقة الكلية المتطايرة 22
10. قياس الأكسجين الحيوي الممتص Bacterial Oxygen Demand -BOD_5 ..... 27.
قياس الأكسجين الحيوي الممتص بطريقة الآزيد 33
(طريقة وينكلر المعدلة باستخدام الآزيد) (Winkler Azide Modification) ..... 33.
ضبط عيارية ثيوسلفات الصوديوم (Standardization of Sodium Thiosulphate) ..... 38.
قياس الأكسجين الحيوي الممتص لعينة صرف صناعي غير مخلوط بصرف آدمي: ..... 41.
11. قياس الأكسجين المستهلك كيميائياً Chemical Oxygen Demand - COD ..... 42.
طريقة تحضير الكيماويات المستعملةReagents 43
الاحتياطات الواجب توافرها عند إجراء التجربة: 46
ضمان جودة النتائج: 47
إجراء تجربة (COD) في حالة وجود هاضم COD Reactor: 47
12. تعيين الشحوم والزيوتO & G - Oil & Grease 47
١٣. تعيين الأمونيا Ammonia – HN_3- 48
باستخدام جهاز قياس الايونات Ion Selective Electrode (ISE) 49

14. تعيين النيتريتN-NO_2 – Nitrite 51
15. تعيين النتراتNO – Nitrate -N_3 52
16. تعيين نسبة النتروجين الكلى (كلدال)TN – Total Nitrogen 53
17. تعيين الكبريتيداتSH_2- Sulphide 55
18. تعيين الفوسفاتTP Total Phosphorus 56
المرحلة الاولي (الهضم) 58
المرحلة الثانية (القراءة) 58
إعداد الرسم البياني للمعايرة (استخدام جهاز الامتصاص الطيفي): 59
19. حجم الحمأة(SV_{30}) Sludge Volume 59

مقدمة :

خواص وتركيب مياه الصرف الصحي

الخواص الطبيعية

1. اللـــون
2. الرائحة
3. درجة الحرارة
4. المواد الصلبة
5. الغازات الذائبة
6. السوائل المتطايرة

الخواص الكيماوية

1. مواد غير عضوية
2. مواد عضوية

الخواص البيولوجية

1. البكتريا الهوائية
2. البكتريا اللاهوائية
3. البكتريا الاختيارية

تركيب مياه الصرف الصحي

تتكون مياه الصرف الصحي من المياه التي كانت نظيفة وتم استعمالها بواسطة الإنسان والحيوان والصناعة وتحللت فيها نتيجة هذا الاستعمال مواد مختلفة منها ما هو صلب أو ذائب والمعلق الغروي سواء كانت هذه المواد عضوية مثل الدهون والشحوم والزيوت أو المواد غير العضوية مثل الرمل والحصى وأملاح المعادن.

ولهذا نجد أن مياه الصرف الصحي تتركب من حوالى 99.9 % ماء والباقي وهو 0.1 % مواد صلبة وهذه المواد الصلبة هي التي نعالجها ونعمل على ازالتها في عمليات التنقية حتى لا تكون هذه المياه خطر على الصحة العامة وسبب في انتشار الأمراض.

ولكى نكون قادرين على تنقية مياه الصرف الصحي يجب أن ندرس الخواص الطبيعية والكيماوية والبيولوجية التي تتميز بها.

أولا الخواص الطبيعية

1. **اللون:** مياه المجاري التي تجمعت في الشبكة ووصلت لمحطة المعالجة بسرعة وهي في حالة طازجة يكون لونها رمادي ورائحتها زنخة مثل رائحة التراب وغير متعفنة وتحمل مواد مختلفة كبيرة وصغيرة في الحجم ومواد اخرى ثقيلة او خفيفة في الوزن.

وبمرور الوقت تتحول مياه الصرف الصحي الرمادية اللون الى اللون الأسود وتصبح لها رائحة كريهة أسوأ من رائحة البيض الفاسد وتظهر اجسام سوداء طافية على سطحها وفي هذه الحالة تسمى مياه الصرف المتعفنة.

2. **درجة الحرارة:** قد تكون درجة حرارة مياه الصرف الصحي عادة أعلى من درجة حرارة مياه الشرب نتيجة استخدام هذه المياه في الأغراض المنزلية والصناعية ومعدل درجة الحرارة يتراوح بين 15-25 °م تبعا للموقع الجغرافي أو مع اختلاف فصول السنة من صيف وشتاء ويجب على العاملين ملاحظة أى تغير في درجة حرارة مياه الصرف الواردة فالزيادة الكبيرة عن معدل درجة الحرارة المعتاد قد يكون ناتج عن صرف كمية زائدة من المخلفات الصناعية والنقص في درجة الحرارة عن المعدل المعتاد يكون عادة نتيجة تسرب مياه جوفية خلال كسور في خطوط الشبكة.
3. **الرائحة:** مياه الصرف الطازجة التي تحتوى على كمية من الأكسجين الذائب تكون رائحتها زنخة مثل رائحة التراب ولكن عندما يستهلك الأكسجين الذائب تبدأ البكتريا اللاهوائية في تحليل المواد العضوية وينتج عن ذلك غاز كبريتيد الأيدروجين ورائحته

تشبه رائحة البيض الفاسد بالإضافة الى وجود خليط من غازات أخرى ذات روائح كريهه وهذه ظاهرة تصاحب مياه الصرف المتعفنة.

4. **المواد الصلبة:** تحمل مياه المجاري مواد صلبة مختلفة يمكن تقسيمها الى نوعين أساسيين: مواد صلبة عضوية ومواد صلبة غير عضوية وكلا من النوعين ينقسم الى مواد صلبة عالقة ومواد صلبة ذائبة:

أ. **المواد الصلبة العضوية:** وهي المواد التي تحتوى في تركيبها على الكربون والأيدروجين والأكسجين وبعض هذه المواد يكون متحد مع النيتروجين أو الكبريت أو الفسفور ومن هذه المواد البروتينات والنشويات والدهون والمواد العضوية دائما تتحلل وتتفكك بفعل نشاط البكتريا الموجودة في مياه الصرف.

ب. **المواد الصلبة الغير عضوية:** وهذه المواد مثل الرمل والزلط والطمى والأملاح المعدنية غير قابلة للتحلل وتوجد دائما ثابتة التركيب.

ج. **المواد العالقة:** وتنقسم هذه المواد العالقة طبقا لكثافتها بالنسبة لكثافة ماء الصرف فالمواد الثقيلة في الوزن تكون قابلة للترسيب والمواد الخفيفة في الوزن تكون قابلة للطفو الى سطح المياه.

د. **المواد الغروية:** وهذه المواد تنتج من مخلفات المجازر والدهون والزيوت الذائبة في الماء والمواد الغروية لا يمكن فصلها بالطرق الطبيعية او الميكانيكية.

ه. **المواد الذائبة:** وهي جميع المواد التي تمر من خلال ورقة الترشيح وتكون عادة من الأملاح الذائبة في الماء وهي تحتوى على مركبات عضوية قابلة للتحلل ومواد غير عضوية ثابتة التركيب ولا تتحلل.

5. **الغازات الذائبة:** الأكسجين الذائب نتيجة حركة مرور المياه على الهواء الجوى يعتبر من أهم الغازات المرغوب وجودها دائما في مياه الصرف لأنه يساعد البكتريا الهوائية على استهلاك المواد العضوية وتحليلها الى غاز ثانى أكسيد الكربون والماء وعند استهلاك كمية الأكسجين الذائب يتواجد في الماء غازات ذات روائح كريهة وسامة مثل غاز كبريتيد الأيدروجين وأول أكسيد الكربون وغاز الميثان والنشادر وغيرها من الغازات التي تنتج من نشاط البكتريا اللاهوائية وتحليلها للمواد العضوية.

6. **السوائل المتطايرة:** من المحتمل أن تحمل مياه الصرف سوائل متطايرة وسريعة الاشتعال بل وقابلة للانفجار مثل الأسيتون والبنزين وخلافهما من مركبات متطايرة عند درجة حرارة أقل من 100 °م.

ثانيا الخواص الكيماوية

تنحصر الخواص الكيماوية للمواد التي تحملها مياه الصرف الصحي فيما يلى:

1. **مواد غير عضوية:** وهي مواد غير قابلة للتحلل وثابتة التكوين سواء كانت ذائبة أو عالقة أو صلبة كبيرة الحجم أو صغيرة ذات كثافة عالية أو خفيفة.
2. **مواد عضوية:** وهي مواد قابلة للتحلل والتفكك بفعل البكتريا الموجودة في الماء ونواتج هذا التحلل قد يكون غير ضار اذا حدث بواسطة البكتريا الهوائية ومنتجاته غاز ثاني اكسيد الكربون والماء ونواتج ضارة ذات رائحة كريهة وغازات سامة وبعضها قابل للاشتعال وقد يحدث انفجار اذا زادت تركيزها وكلها تنتج من نشاط البكتريا اللاهوائية التي تعيش في عدم وجود الأكسجين.

ثالثا الخواص البيولوجية

تحتوى مياه الصرف الصحي على اعداد لا تحصى من الكائنات الحية الدقيقة التي لا يمكن رؤية معظمها الا من خلال الميكروسكوب والعدسات المكبرة وهذه الكائنات الدقيقة معظمها من البكتريا التي تتغذى على المواد العضوية ومن الكائنات الدقيقة التي تتغذى على البكتريا وتنمو وتتجمع مع بعضها ويثقل وزنها وتصبح قابلة للرسوب والانفصال عن الماء تاركة المياه خالية من المواد العضوية سواء كانت هذه المواد العضوية ذائبة أو معلقة وهذه الخاصية البيولوجية هي التي تستخدم في تنقية مياه الصرف.

أنواع البكتريا:

1. **البكتريا الهوائية:** ويلزم لوجودها ونموها وتكاثرها تواجد الأكسجين الذائب في الماء ونتيجة نشاطها مع المواد العضوية يتولد غاز ثاني أكسيد الكربون الغير ضار والماء وهذه البكتريا يحرص العاملون في تنقية الصرف الصحي على تربيتها وتكاثرها في أحواض التهوية حيث تعمل على استهلاك المواد العضوية.
2. **البكتريا اللاهوائية:** وهذا النوع من البكتريا غير مرغوب في وجوده وينمو ويتكاثر عندما يستهلك الأكسجين الذائب ونتيجة نشاط هذه البكتريا اللاهوائية هو الغازات الكريهة الرائحة مثل غاز كبريتيد الأيدروجين وغاز أول أكسيد الكربون السام وغاز الميثان القابل للاشتعال وغيرها من الغازات المسببة للعفونة والتي يدل وجودها على أن مياه الصرف أصبحت في حالة متعفنة ويكون من الصعب تنقيتها.
3. **البكتريا الاختيارية:** وهي نوع من البكتريا يعيش في وجود الأكسجين أو عدمه ويكون نشاطه مماثل للبكتريا الهوائية في وجود الأكسجين الذائب ونشاطها مثل البكتريا اللاهوائية في عدم وجود الأكسجين ويستفاد من وجود البكتريا الاختيارية وتكاثرها في وجود

الأكسجين الذائب في مساعدة عمل البكتريا الهوائية في استهلاك المواد العضوية وتحويلها الى ثاني أكسيد الكربون وهو غاز وماء وبذلك يتم تنقية مياه الصرف في المعالجة الثانوية من المواد العضوية.

التجارب الحقلية والمعملية

1. الغرض من اجراء التحاليل

1. يستلزم تشغيل محطات مياه الصرف الصحي والعديد من الاختبارات الكيميائية والبيولوجية وغيرها.
2. تجرى بعض هذه التجارب لضمان مطابقة نوعية سيب المحطة للقوانين المعمول بها (قانون 48) وتقوم معامل وزارة الصحة بهذه المهمة.

المؤشر	القيمة المسموح بها
أكسجين حيوي ممتص (5 أيام، 20 °م)	60
أكسجين كيميائي مستهلك	80
الأس الهيدروجيني	9-6
زيوت وشحوم	10
درجة الحرارة (°م)	٣5
المواد الصلبة العالقة الكلية	50
المواد الصلبة الذائبة الكلية	2000
نترات	50
الكبريتيد	1
العد الاحتمالي للبكتريا القولونية 100سم^{٣}	5000
مجموع المعادن	1
مركبات عضوية	يجب ألا تكون موجودة

المبيدات	يجب ألا تكون موجودة
اللون	يجب ألا تكون موجودة

3. (أهم المؤشرات الموجودة بقانون 48 لسنة 1982 والخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة وصرفها على المصارف)
4. والغرض الآخر من هذه التجارب هو المراقبة والتحكم في تشغيل المحطة للوصول بها الى اعلى كفاءة ممكنة.
5. وتحتاج بعض هذه التجارب الى درجة معينة من الخبرة لإجرائها وكذلك قد تحتاج الى اجهزة مرتفعة الثمن ليس عملياً تواجدها بجميع معامل المحطات كتجارب الاكسجين الحيوي الممتص والمواد الصلبة العالقة لذلك فإنها تجرى بمعمل مركزي تتوافر فيه الخبرة والاجهزة.
6. هناك تجارب اخرى يتحتم طبيعة المكان والمكونات المختبرة وتغيرها السريع مع الزمن وغيرها كالتجارب التي تجرى على احواض التهوية من اجرائها بمعامل المحطة.
7. والغرض من هذا الكتيب هو شرح وتوضيح طرق جمع وتحليل العينات ليكون عوناً لمشغلي محطات التهوية الممتدة على مستوى معمل المحطة.

2. الهدف من اجراء الاختبارات

تعتبر عملية جمع وتحليل العينات من اكثر مسئوليات المشغل اهمية لأنها تتيح له مراقبة كفاءة وحدات المحطة المختلفة والتكهن باحتمال حدوث مشاكل في التشغيل وسبل حلها وعمل التغييرات الضرورية وتهيئة الظروف الملائمة لرفع الكفاءة الى اقصى حد ممكن.

فعملية المعالجة الثانوية مثلاً وهي معالجة بيولوجية تتم بواسطة الكائنات المجهرية تحتاج الى ظروف بيئية مواتيه فمن حدود معينة للأكسجين الذائب – والذى يمكن قياسه بالجهاز الخاص بذلك. وقد يرى المشغل ان عليه أن يبطل عمل او اضافة احدى الهوايات الميكانيكية وللتأكد من سواد بيئة ملائمة وخلو المجاري الخام من وجود سموم او رقم هيدروجيني غير مناسب او درجات حرارة غير عادية من مخلفات صناعية تجرى عديد من التجارب.

ولضمان نجاح المعالجة الثانوية يلزم وجود تركيز من الكائنات الحية المقاسة بتركيز المواد الصلبة العالقة بحوض التهوية لكل حمل عضوي (الملوثات) وارد للمحطة، ويمكن تعيين

المواد العالقة بواسطة جهاز القوة الطاردة المركزية والحمل العضوي بواسطة تجربة الاكسجين الحيوى الممتص وبناءاً علية قد يقرر الفني اعادة كل الحمأة من خزانات الترسيب النهائية الى احواض التهوية او صرف جزء منها الى خزانات التكثيف ومنها الى احواض التجفيف.

ويمكننا بالتجربة والاختبار تحديد انسب تركيز للمواد الصلبة العالقة الذى يؤدى لأعلى كفاءة معالجة.

وتعيين معدل التنفس يوضح للمشغل مدى حيوية ونشاط البكتيريا وقدرتها على تأدية وظيفتها في تثبيت الملوثات وان كان هناك تغيير في كمية الاكسجين المطلوب للعملية.

وعن طريق التحاليل المعملية يمكن معرفة كفاءة الوحدات وكفاءة المحطة وهذا يساعد المشغل بتقديم اقتراحات بخصوص عمل تغيير او اضافة وحدات اخرى للمحطة وكذلك تمكيننا معرفة مدى التزامنا بقوانين الصرف الصحي.

وهناك تجارب تجرى لمعرفة مقدار جودة المعالجة مثل قياس الشفافية بالمروقات ومعدل الترسيب وبناء على النتائج قد نقوم بعمل تعديلات في العملية واختبار الكلور المتبقي يؤكد وجود كمية مناسبة منه للقضاء على مسببات الامراض دون الاضرار بالثروات المائية.

٣. التحاليل الكيميائية الأساسية Chemical Analyses

يتم جمع عينات المياه للتحليل من محطات الصرف الصحي قبل وبعد كل وحدة من وحدات المحطة ويجرى عليها اختبارات مختلفة لحساب مدى كفاءة هذه الوحدات ومدى مطابقة المياه الخارجة لمعايير القوانين واللوائح المنظمة لهذه العملية، وهذه الاختبارات هي:

أولاّ التجارب الحقلية:

1. درجة الحرارة $^{\circ}C$ Temperature (Tem.)
2. العكارة Turbidity (NTU)
3. الأكسجين الذائب mg/l Dissolved Oxygen (DO)
4. قياس الرقم الهيدروجيني pH unit
5. درجة التوصيل الكهربائي mS/cm Conductivity (Cond.)
6. الكلور المتبقي mg/l Residual Chlorine (Res. Cl)

ثانيا التجارب المعملية

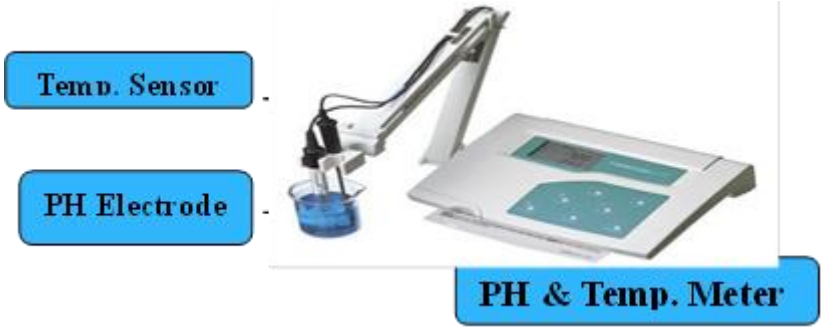
1. قياس المواد الصلبة لذائبة Total Dissolved Solids (TDS) mg/l
2. المواد الصلبة القابلة للترسيب Settable Solids (SS) mg/l
3. المواد العالقة الكلية والمواد العالقة الكلية المتطايرة Total Suspended Solids (TSS) & Total. Volatile Suspended Solids (TVSS) mg/l
4. الأكسجين الحيوي الممتص Bacterial Oxygen Demand (BOD) mg/l
5. الأكسجين الكيميائي المستهلك Chemical Oxygen Demand (COD) mg/l
6. الشحوم والزيوت. Oil & Grease (O & G) mg/l
7. الأمونيا. Ammonia (Amm.) mg/l
8. النيتريت. Nitrite (NO_2) mg/l
9. النيتراتNO) Nitrate ٣ mg/l)
10. النيتروجين الكلى Total Nitrogen (TN) mg/l
11. الكبريتيدات. Sulphides (H_2S) mg/l
12. الفوسفات.(PO_4 Total Phosphorus ٣ mg/l ¯)
13. حجم الحمأة Sludge volume (SV) ml

1. قياس درجة الحرارة Temperature

قياس درجة حرارة مياه الصرف الصحي في الموقع وذلك باستخدام ترمومتر زئبقي مدرج معاير حيث أن درجة حرارة مياه الصرف الصحي مهمة جدا على نوعية الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بعملية المعالجة وعلى الخواص الكيميائية للعينة.

- **الأدوات المستخدمة Tools**

- ترمومتر زئبقي معاير.
- كأس نظيف لوضع العينة.
- ماء مقطر لغسل الترمومتر من عينة الى أخرى.



- **خطوات التجربة:**

- نضع الترموميتر في العينة وعند ثبات درجة الحرارة يتم قراءتها وتسجيلها.
- الانتظار لمدة دقيقتين حتى التأكد من ثبات درجة حرارة الترموميتر.

ملحوظة: من الممكن قياس درجة الحرارة بجهاز قياس الاس الهيدروجيني.

- **توضيح النتائج:**

في حالة ارتفاع درجة الحرارة عن الحدود المسموح بها قانونيا يدل ذلك على وجود صرف صناعي بالمحطة ويتم إبلاغ الادارة العامة للصرف الصناعي وإذا قلت درجة الحرارة عن 25°م دل ذلك على وجود تسريب على الشبكة وهذا يؤدي إلى تخفيف الحمل العضوي والصلب الوارد إلى المحطة

- **ملاحظات هامة:**

1. يتم غمس مستودع الزئبق الخاص بالترمومتر الزئبقي في العينة مسافة حتى العلامة الموجودة على الترموميتر.
2. يترك الترمومتر في العينة لمدة 2 دقيقة تقريبا أو حتى ثبات القراءة.
3. يتم تنظيف الترمومتر يوميا بعد انتهاء إجراء التجارب بقطنه مبللة بكحول إيثيلي ويشطف جيدا بماء مقطر.

2. تقدير العكارة Determination of Turbidity

مصطلح عكارة المياه يعنى احتواء الماء على مواد عالقة والتي تحول دون اختراق الضوء للماء او دون امتداد الرؤية خلال الماء. والعكارة قد يكون سببها العديد من المواد العالقة والتي تتفاوت احجامها من الغروي الى المواد المنتشرة الخشنة اعتمادا على درجة التقليب.

- **طرق تقدير العكارة Methods of Determination**

الطريق الضوئية والتي يتم استخدام جهاز قياس العكارة فيها والتي تعتمد على استخدام Nephelometry لقياس شدة الضوء المتشتت بواسطة المواد المسببة للعكارة. بينما تعتمد طرق الرؤية Visual Methods على قياس مدى اختراق الضوء للعينة خلال المواد المسببة للعكارة. نظرا لأختلاف اساس القياس في الطريقتين فان الطريقة تقدير العكارة باستخدام الأجهزة تعطى نتائج مختلفة الى حد ما مع الطريقة الأخرى اعتمادا على طبيعة المواد المكونة للعكارة لذا فقد تم استخدام وحدتين للتعبير عن العكارة ففي حالة طريقة الأجهزة يتم التعبير عن العكارة بوحدة Nephelometric Turbidity Units (NTU) اما في حالة Visual Methods فيتم استخدام وحدة Jackson Turbidity Units (JTU)

جهاز قياس العكارة Turbidemeter.

٣. قياس الأكسجين الذائب Dissolved Oxygen (DO)

- **الغرض من التجربة:**

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

- **الأدوات المستخدمة Tools**

- جهاز قياس الأكسجين الذائب Do Meter .
- الإلكترود الخاص بقياس الأكسجين الذائب.
- زجاجة BOD سعه ٣٠٠ سم^{٣}.

جهاز قياس الأكسجين الذائب DO meter

- **خطوات التجـــربة:**

يجب أن يكون الإلكترود صالح للاستعمال وغير جاف وذلك بأن يكون مملوء بمحلول كلوريد البوتاسيوم Pot. Chloride المركز والغشاء الحساس مشدود، ولا يوجد أي فقاعات هواء بداخلة، ويتم توصيل الإلكترود بعد التأكد من صلاحيته بالجهاز.

ونظراً لاختلاف هذه الأجهزة فينصح بإتباع الطريقة المذكورة في تعليمات الجهاز أو المذكورة في الكتيب المرفق مع الجهاز. والطريقة التالية تلخص طريقة المعايرة بطريقة استخدام الماء المشبع بالأكسجين:

- أملا زجاجة BOD حتى منتصفها بكمية من الماء.
- قم بتغطية الزجاجة واقلبها عدة مرات ليتشبع الماء بالهواء الذي يشغل النصف الآخر من الزجاجة.
- ارفع غطاء الزجاجة وضع الإلكترود في الزجاجة.
- أضبط صفر الجهاز.
- أضبط درجة حرارة العينة.
- باستعمال الجدول المرفق مع الجهاز يتم استعمال مفتاح المعايرة ويضبط المؤشر ليقرأ تركيز الأكسجين المقابل لدرجة الحرارة المقروءة.
- يتم قراءة كمية الأكسجين الذائب في أي عينة بعد عملية معايرة الجهاز بان يوضع الإلكترود في العينة وقراءة التركيز مباشرة على الجهاز.

يسهل استعمال هذه الأجهزة في قراءة كمية الأكسجين الذائب في أحواض التهوية عندما تكون هذه الأجهزة تعمل بالبطارية ومزودة بإلكترود له سلك طويل ومثبت في قضيب من الحديد لغمسه في أحواض التهوية.

4. قياس الرقم الهيدروجيني pH

يعتبر الرقم الهيدروجيني مقياسا للتعبير عن درجة الحمضية أو القلوية للعينة، فعندما يكون الرقم الهيدروجيني للعينة 7 تعتبر هذه العينة متعادلة أي ليست قلوية أو حمضية وكلما زاد الرقم من 7 إلى 14 تزداد قاعدية العينة وكلما تناقص الرقم الهيدروجيني من 7 إلى صفر تزداد حموضة العينة.

- **الأدوات المستخدمة Tools**

جهاز قياس الرقم الهيدروجيني مزود بإلكترود خاص بالقياس ويتم معايرة الجهاز وضبطه باستخدام المحاليل القياسية فمثلا يوجد محلول قياسي رقم 7 وأخر رقم 4 وأخر رقم 10 والجهاز مزود بإلكترود لقياس درجة الحرارة، وقد يتم ضبط درجة حرارة العينة.

- **خطوات التجربة:**

- تأكد أن الجهاز موصل بالتيار الكهربائي أو أن البطارية التي يعمل بها الجهاز سليمة ومشحونة.
- تأكد أن الإلكترود مملوء بمحلول كلوريد البوتاسيوم المركز حيث أن الإلكترود الجاف يفقد حساسيته ويعتبر غير صالح للاستخدام.
- يتم غسل الإلكترود بالماء المقطر قبل وبعد وضعه في أي محلول أو عينة وتجفيفه.

- يتم ضبط الصفر الخاص بابتداء عمل الجهاز.
- يجب معايرة الجهاز بمحلولين أو ثلاثة محاليل قياسية pH 4,7,10 .
- يتم غمس الإلكترود النظيف الجاف في كأس المحلول القياسي.
- يغسل الإلكترود بالماء المقطر ويجفف ثم يغمس في العينة وتقرأ نتيجة الرقم الهيدروجيني للعينة.
- يغسل الإلكترود بالماء المقطر ويحفظ في كأس به ماء مقطر ويوضع في المكان المخصص له حتى يكون جاهزا للاستعمال في العينات التالية.

- **توضيح النتائج:**

يتراوح الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الصحي غير الملوثة بمياه صرف صناعي بين 6.5 – 8.5 فإذا زاد أو نقص الرقم الهيدروجيني في العينة عن هذا المستوى فيكون ذلك دليل على صرف مخلفات صناعية على مياه الصرف الصحي وإذا زاد تركيز التلوث بالمخلفات الصناعية فإن ذلك يسبب تسمم الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بعملية معالجة مياه الصرف الصحي، حيث أنه من المعروف أن البكتيريا الهوائية تعيش في وسط ذو آس هيدروجيني بين 6.5 إلى 8.5 لذلك لابد من ضبط العينة في هذا المدى قبل إجراء اختبار (BOD).

جدول يوضح كيفية تحضير المحاليل القياسية للـــ pH

المحلول القياسي (محلول قياسي أولى)	الأس الهيدروجيني عند درجة 25 °م	وزن المواد الكيميائية اللازمة لتحضير 1000 مل محلول مائي عند درجة 25 °م
بوتاسيوم هيدروجين طرطرات (مشبع عند 25 °م)	٣,٥٥٧	اكثر من 7 جم $KHC_4H_4O_6$
0.05 بوتاسيوم داى هيدروجين سيترات	٣,٧٧	11.41 جم $KH_2C_6H_5O_7$
0.05 بوتاسيوم هيدروجين فيثالات	4.004	10.12 جم $KHC_8H_4O_4$
0.025 بوتاسيوم داى هيدروجين فوسفات+0.025 داى صوديوم هيدروجين فوسفات	6.86٣	٣,٣٨٧ جم KH_2PO_4 + ٣,٥٣٣ جم Na_2HPO_4
0.008695 بوتاسيوم داى هيدروجين فوسفات +0.0٣04٣ داى صوديوم هيدروجين فوسفات	7.415	1.179 جم KH_2PO_4 + 4.٣0٣ جم Na_2HPO_4
0.01 صوديوم بورات ديكا هيدرات (بوراكس)	9.18٣	٣,8 جم $Na_2B_4O_7{-}10H_2O$
0.025 بيكربونات الصوديوم +0.025 جم كربونات صوديوم	10.014	2.092 جم $NaHCO_3$ + 2.68جم Na_2CO_3
المحلول القياسي (ثانوى)	الأس الهيدروجيني عند درجة 25 °م	وزن المواد الكيميائية اللازمة لتحضير 1000 مل محلول مائي عند درجة 25 °م
0.05 بوتاسيوم تترا اوكسلات داى هيدرات	1.679	12.61 جم $KHC_4O_8·$
هيدروكسيد كالسيوم "مشبع عند درجة 25 درجة مئوية"	12.454	اكثر من 2 جم $Ca(OH)_2$

5. قياس درجة التوصيل الكهربي (Cond.) Conductivity

يتم قياس التوصيلية الكهربية بمياه الصرف كمدلول على نسبة الاملاح المعدنية الذائبة.

- **الأدوات المستخدمة: Tools**

جهاز قياس التوصيلية الكهربية

1. جهاز قياس التوصيلية الكهربية بعد معايرة الجهاز بمحلول كلوريد بوتاسيوم قياسي 0.01 مولاري KCl ويتم تحضيره بإذابة 0.07456 جم من كلوريد البوتاسيوم اللامائي في واحد لتر ماء مقطر. وهذا المحلول قياسي مرجعي، درجة التوصيلية له ١٤١٣ ميكروموه / سم عند درجة 25 °م. ويحفظ هذا المحلول في زجاجة من البوروسيليكات بغطاء زجاجي.
2. ماء مقطر لغسيل الالكترود.

- **خطوات التجربة:**

1. يتم التأكد من سلامة الجهاز وغسل الالكترود بالمياه المقطرة.
2. يتم تقليب العينة جيدا وأخذ عينة مناسبة للقياس.
3. يتم أخذ قراءة الجهاز بعد غمس الالكترود في العينة.

6. الكلور المتبقي Residual Chlorine (Res. Cl)

تعتمد هذه الطريقة على تفاعل الكلور الحر مع كاشف الـــــــــ (DPD) N.N–Diethyl–p–phenylenediamine الذى يعطى لون أحمر مميز كما تفيد هذه الطريقة في

الكشف عن الكلور الحر المتبقي إذا كان موجوداً بتركيزات ضئيلة حساسية هذه الطريقة تصل إلى ١٠ ميكروجرام لكل لتر.

- **الهدف من التجربة:**

يستعمل الكلور في محطات المياه السطحية:

أولاً: كمعالجة مبدئية في إيقاف تكاثر وتثبيط الطحالب وقتل بعض أنواع البكتريا في أحواض الترسيب (المروقات) ويضاف إلي المياه العكرة المدفوعة إلي أحواض التوزيع قبل عملية الترويب.

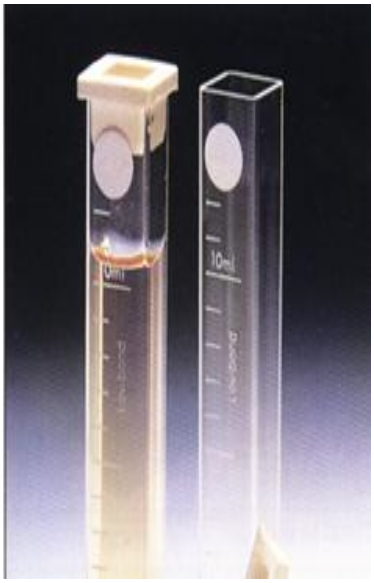
ثانياً: كعامل متوسط للمياه المروقه قبل عملية الترشيح.

ثالثاً: كمعالجة نهائية للمياه المرشحة ويضاف إلي هذه المياه قبل دخولها للخزان الأرضي حيث يتم التفاعل المطلوب في وقت تلامس معين. وبالتالي فمراقبة نسب الكلور مهمة جدا.

- **الأدوات المستخدمة Tools**

- جهاز قياس الكلور Cholorimeter.
- اقراص القياس:

DPD1(for free chlorine), DPD2(for total chlorine combined + free). ويمكن ايضا تحضيرها عمليا.



- **خطوات التجربة:**

يتم قياس الكلور في الموقع بإضافة قرص الكلور1 او 2 حسب نوع الكلور المراد قياسه ويتم القياس بالجهاز بعض تصفير الجهاز باستخدام العينة بدون اضافات.

- **تسجيل النتائج:**

يتم تسجيل كمية الكلور بملليجرام/لتر.

7. قياس المواد الصلبة الذائبة (.Total Dissolved Solids (TDS

يتم قياس المواد الصلبة الذائبة باستخدام جهاز التوصيلية الكهربية لأنه توجد علاقة طردية بينهما وهي شبة ثابتة.

TDS = 0.5 or 0.7× Cond.

- **الأدوات المستخدمة: Tools**

1. جهاز قياس التوصيلية الكهربية.
2. ماء مقطر لغسيل الالكترود.

- **خطوات التجربة:**

1. يتم التأكد من سلامة الجهاز وغسل الالكترود بالمياه المقطرة.
2. يتم تقليب العينة جيدا وأخذ عينة مناسبة للقياس.
3. يتم أخذ قراءة الجهاز بعد غمس الالكترود في العينة.

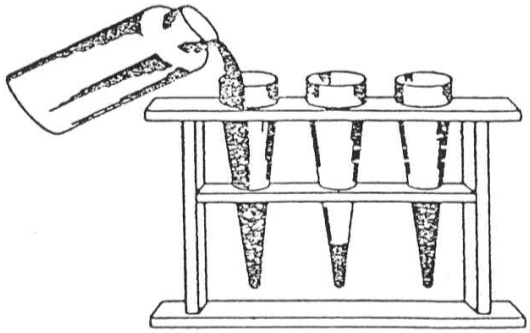
جهاز التوصيلية الكهربية

8. قياس المواد الصلبة القابلة للترسيب Settable Solids (SS)

تحدد هذه التجربة مقدار حجم المواد الصلبة القابلة للترسيب في لتر واحد من عينة الصرف الصحي فإذا تم تحديد كمية المواد الراسبة في العينة الداخلة لوحدة المعالجة وفي عينة أخرى خارجة من الوحدة فانه يمكن حسب مدى كفاءة الوحدة أو البركة.

- **الأدوات المستخدمة: Tools**

- قمع شفاف من الزجاج أو البلاستيك سعة واحد لتر به تدريج من أسفل لقياس حجم المواد الراسبة واسمه قمع إمهوف ويثبت هذه القمع على حامل خشبي.
- قضيب زجاجي للتقليب الخفيف.
- ساعة توقيت زمنية.



أقماع من الزجاج الشفاف

- **خطوات التجربة:**

- اخلط العينة جيداً.
- أملأ قمع إمهوف حتى علامة اللتر.
- اضبط ساعة التوقيت لمدة ٣٠ دقيقة خذ القراءة.
- ابدأ تحريك العينة برفق مستخدما القضيب الزجاجي وذلك لتمكين المواد العالقة بجدار القمع من الرسوب إلى القاع خذ القراءة بعد 45 دقيقة من بدأ التجربة.
- اضبط ساعة التوقيت بجوار القمع لمدة 15 دقيقة إضافية.
- بعد تمام انتهاء مدة الساعة المحددة للترسيب يتم قراءة حجم المواد الراسبة في قاع القمع وتسجيل النتيجة (ملليلتر/اللتر).

9. قياس نسبة المواد العالقة الكلية والمواد العالقة الكلية المتطايرة

Total Suspended Solids (TSS) & Total Volatile Suspended Solids (TVSS)

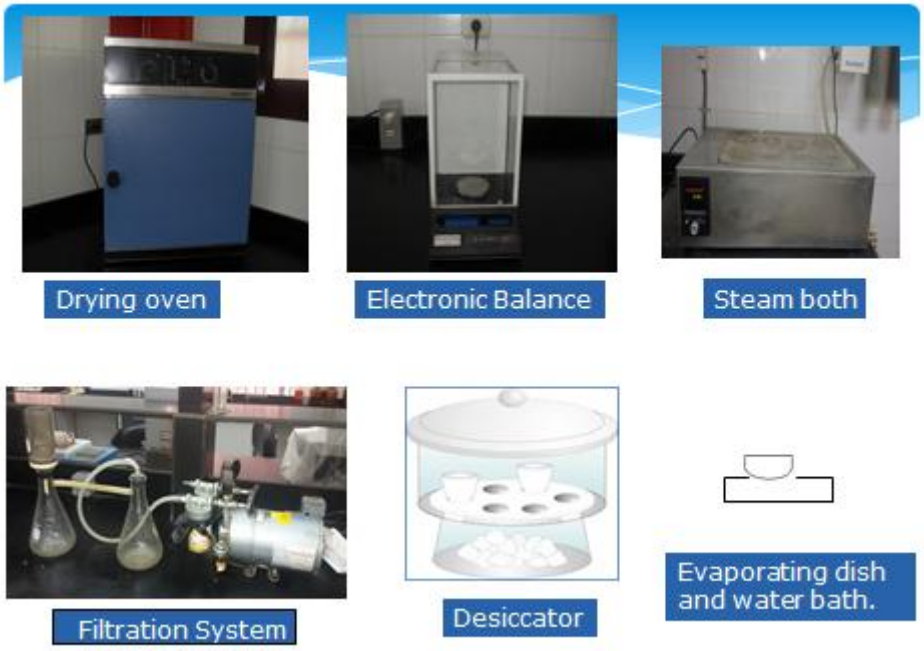
- **الغرض من التجربـــــــة:**

المواد العالقة الكلية (Total Suspended Solids–TSS) هي الجزيئات التي يتسبب حجمها ووزنها في عدم ترسبها بدون معالجة ثانوية، وبالتالي فهي كمية المواد المتبقية في المياه بعد

ترسيب العينة، وعند تعيين المواد العالقة قبل وبعد عملية المعالجة يمكن تحديد كفاءة وحدات المعالجة. والمواد العالقة الكلية تتكون من جزأين هما المواد العالقة (Suspended Solids– SS) والمواد المتطايرة (Volatile Suspended Solids)، ويمكن تقدير كمية المواد العالقة وحدها بأخذ المواد العالقة الكلية التي سبق تجفيفها في فرن تجفيف درجة حرارته 105 ْم ووضعها في فرن حريق درجة حرارته 550 °م، وبذلك تتطاير المواد العضوية العالقة المتطايرة وبالتالي يمكن حساب كل منهما كما سيأتي.

- **الأدوات المستخدمة Tools**

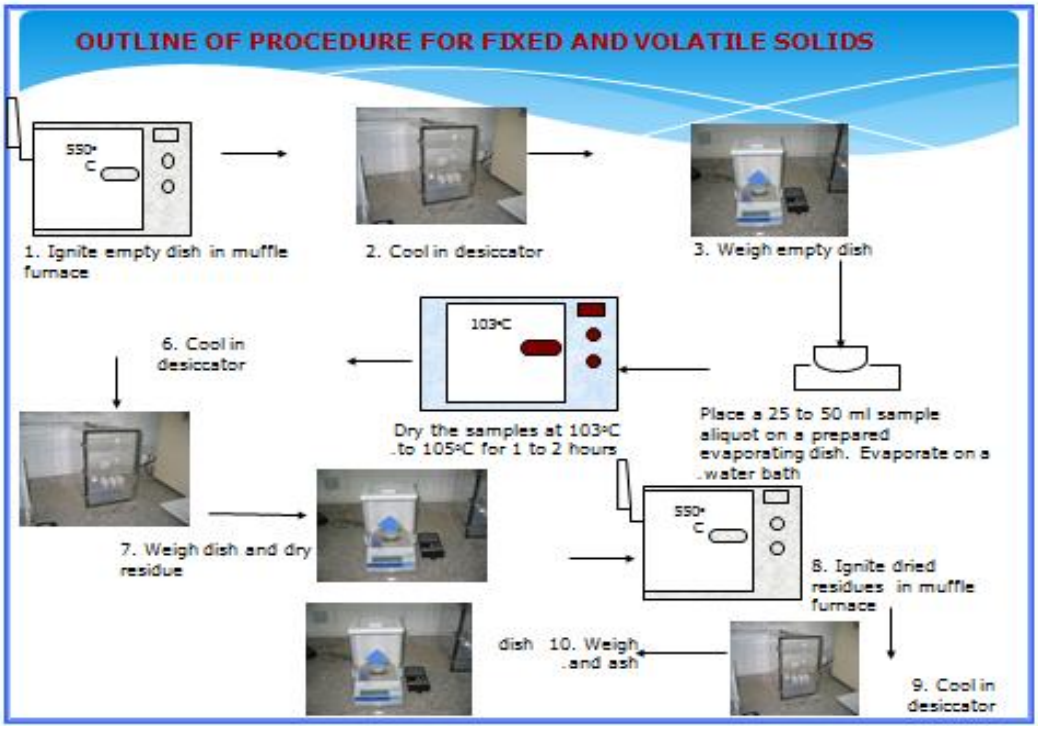
- فرن التجفيف مضبوط على درجة حرارة ١٠٣–105°م.
- فرن الحريق مضبوط على درجة حرارة 550°م
- مضخة كهربائية لسحب الهواء للترشيح.
- مجفف به مواد ماصة للرطوبة (كلورايد كالسيوم).
- جهاز ترشيح مكون من قمع (Buckner) وهو دورق برقبة وفوهة واسعة وله ذراع جانبيه متصلة بخرطوم طرفة الآخر يتصل بفرع من وصلة دورق يستعمل كمصيدة والطرف الآخر يتصل بمضخة سحب الهواء والغرض من المصيدة هو منع تسرب الماء المرشح من الوصول إلى مضخة الترشيح.
- بوتقة ترشيح مكونة من قمع (Buckner) سعة 125 أو 40 سم^{٣} بقطر22 مم تركب على جوان مطاطي مناسب مثبت على فوهة دورق الترشيح (Buckner)
- وسط للترشيح مصنوع من الألياف الزجاجية التي تتحمل الحرارة عند الحرق على درجة 550°م.
- ميزان كهربائي حساسElectronic balance.
- ماسك معدنيTweezers.
- مخبار مدرجgraduated cylinder سعه 25–50سم^{٣}



- **خطوات التجربة:**

- استعمل ملقاط صغير لوضع ورقة الترشيح glass micro fibre filter paper GF/C بداخل البوتقة الصيني بحيث يكون سطح الورقة الخشن إلى أعلى.
- أبدا بتشغيل مضخة سحب الهواء واغسل ورقة الترشيح عدة مرات بالماء المقطر.
- ضع البوتقة المثبت بها ورقة الترشيح المغسولة في فرن التجفيف المضبوط على درجة حرارة 105°م لمدة ساعة أخرى.
- ضع البوتقة في المجفف Dissector لتبريدها.
- أوزن البوتقة وورقة الترشيح فارغة وتؤخذ القراءة إلى رابع رقم عشري ويجب ملاحظة تكرار عملية التجفيف والتبريد حتى تتأكد من ثبات الوزن الفارغ ويسمى (و1) أو (W1).
- قم بخلط العينة جيداً، وقياس كمية 25سم^3 باستعمال المخبار المدرج.
- بعد تركيب البوتقة على جهاز الترشيح filtration unit وتشغيل مضخة السحب، قم بصب العينة في البوتقة حتى النهاية واغسل المخبار بالماء المقطر عدة مرات وتأكد من أن جميع المواد العالقة في العينة قد تم ترشيحها ثم اغسل البوتقة وما بها عدة مرات بالماء المقطر.
- أوقف مضخة سحب الهواء وارفع البوتقة من جهاز الترشيح وضعها في فرن التجفيف Drying oven على زجاجة ساعة عند درجة حرارة 105°م لمدة ساعة أو أكثر حتى تتأكد من تمام جفافها بثبات وزنها بعد تبريدها في المجفف.
- قم بوزن البوتقة المحتوية على المواد المرشحة والمجففة عند درجة 105°م وتسمى هذه الوزنة (و2) أو (W2).

- لتعيين المواد العالقة المتطايرة (TVSS) يتم وضع البوتقة باستعمال الماسك الصلب بعناية داخل فرن الحريقmuffle furnace المضبوط على درجة 550°م وتترك لمدة حوالي 15 دقيقة.
- أخرج البوتقة من فرن الحريق مستعملا الماسك الصلب وضعها في المجفف لتبريدها.
- أوزن البوتقة بعد تبريدها في الميزان الكهربائي الحساس، ويسجل الوزن للمواد الباقية بعد الحرق عند 550 درجة مئوية وتسمى الوزنة (و٣) أو (٣W).



- **طريقة الحساب Calculations**

1. تركيز المواد العالقة الكلية بالملليجرام / لتر =

[وزن البوتقة عند105°م (و 2) أو (W2)– الوزن الفارغ (و1) أو (W1)] × 1000

حجم العينة (سم٣)

2. تركيز المواد العالقة المتطايرة بالملليجرام / لتر=

[وزن البوتقة عند105°م (و2) أو (W1)– وزن البوتقة عند550°م (و٣) أو (W1)]× 1000

حجم العينة (سم٣)

3. النسبة المئوية للمواد العالقة المتطايرة =

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

- **مـــــثال:**

أحسب كمية المواد العالقة والمواد المتطايرة من المعلومات التالية:

- حجم العينة 50 سم^{3}.
- وزن البوتقة وورقة الترشيح المغسولة والمجففة فارغة = 21.6329 جم.
- الوزن عند 105°م = 21.6531 جم.
- الوزن عند 550°م = 21.6360 جم.

- **الحـــــــل:**

1. وزن المواد العالقة الكلية بالملليجرام=

= 21.6531 – 21.6329 = 0.0202 جم.

= 0.0202 × 1000 = 20.2 ملجم.

2. تركيز المواد العالقة الكلية بالملليجرام/ لتر =

$$\frac{\text{20.2 ملجم} \times 1000}{\text{50سم}^{3}} = 404 \text{ ملجم/لتر}$$

3. وزن المواد العالقة المتطايرة بالملليجرام.

= 21.6531 −21.6360 = 0.0171 جم=0.0171× 1000 = 17.1 ملجم.

4. تركيز المواد العالقة المتطايرة بالملليجرام/ لتر =

$$\frac{\text{17.1ملجم} \times 1000}{\text{50سم}^{3}} = 342 \text{ ملجم/لتر}$$

5. النسبة المئوية للمواد العالقة المتطايرة=

$$\% 84.7 = \frac{342 \text{ ملجم} \times 100}{404}$$

- **لضمان دقة هذا التحليل نراعي الاحتياطات التالية:**

- ضبط درجة حرارة الأفران.
- ضبط الميزان الحساس.
- ملاحظة أي تسرب في عملية الترشيح بسبب عدم وضع ورقة الترشيح بالطريقة السليمة 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.
- يجب العناية بخلط زجاجة العينة جيداً قبل قياسها في المخبار.
- تجهيز عدة بواتق للعمل حتى لا يحدث عطل في حالة حدوث تسرب في أي بوتقة أو كسر.

10. قياس الأكسجين الحيوي الممتص BOD_5- Bacterial Oxygen Demand

- **الغرض من التجربة:**

يحدد قياس الأكسجين الحيوي الممتص BOD بطريقة غير مباشرة تركيز المواد العضوية في مياه الصرف الصحي، وذلك بقياس كمية الأكسجين الذائب (initial DO) قبل وبعد مدة خمس أيام (BOD_5) داخل حضانة (BOD incubator) مضبوطة عند درجة 20°م، ومن قياس كمية الأكسجين الممتص بواسطة الكائنات الحية يمكن حساب تركيز المواد العضوية بالعينة.

- **الأدوات المستخدمة Tools**

- زجاجات (BOD) سعة 300 سم^3 بغطاء غاطس وفوقه غطاء بلاستيك.
- حضانة (BOD incubator) مضبوطة على درجة حرارة 20°م.
- مخبار مدرج (graduated cylinder) سعه 250 سم^3
- مخبار مدرجة سعه 1 لتر.
- ماصة (graduated pipette) سعه 10سم^3.
- دورق عياري (majoring flask) سعة 1 لتر.

زجاجات لعينات الأكسجين الحيوي الممتص BOD Bottles

حضانة BOD incubator

جهاز قياس الأكسجين الذائب والأدوات المستخدمة في قياس الأكسجين بطريقة (وينكلر Winkler).

- **طريقة تحضير الكيماويات المستعملة Reagents**

➢ **محلول الفوسفات Phosphate buffer**

أضف إلى حوالي ٣/4 لتر من الماء المقطر إلى الكيماويات التالية:

1. 8.5 جرام فوسفات البوتاسيوم أحادي القاعدية KH_2PO_4
2. 21.75 جرام فوسفات البوتاسيوم ثنائي القاعدية K_2HPO_4
3. ٣٣,4 جرام فوسفات الصوديوم $Na_2HPO_4.7H_2O$
4. 1.7 جرام من كلوريد الامونيوم NH_4Cl

بعد أن يتم ذوبان هذه الأملاح يجب تكملة المحلول إلى 1 لتر ويجب أن يكون الأس الهيدروجيني pH لهذا المحلول 7.2 بدون الحاجة لضبطه.

➢ **محلول كلوريد الكالسيوم Calcium Chloride**

يذاب 27.5 جرام من كلوريد الكالسيوم اللامائي $CaCl_2$ في لتر من الماء المقطر.

➢ **محلول كلوريد الحديديك Ferric Chloride**

يذاب 0.25 جرام من كلوريد الحديديك $FeCl_3.6H_2O$ في لتر من الماء المقطر.

➢ **محلول كبريتات الماغنسيوم Magnesium Sulphate**

يذاب 22.5 جم $MgS0_4 .7H_2O$ في واحد لتر

➢ **مياه التخفيف Buffer Solution**

يجب تحضير كمية من المياه مشبعة بالأكسجين الذائب وذلك بتهويتها لمدة لا تقل عن ربع ساعة ويتم إضافة الأملاح التالية لكل لتر من مياه التخفيف:

- 1 سم^3 من محلول الفوسفات.
- 1سم^3 من محلول كبريتات الماغنسيوم.
- 1 سم^3 من محلول كلوريد الحديديك.
- 1 سم^3 من محلول كلوريد الكالسيوم.

ويحفظ في درجة حرارة حوالي 20°م ويجب ألا تنخفض نسبة الأكسجين الذائب في مياه التخفيف قبل وبعد التحضين لمدة خمسة أيام عن 0.2 ملليجرام / لتر.

- **خطوات التجربة:**

- تأكد من أن الأس الهيدروجيني pH للعينة 6.5-8.5 درجة وإلا وجب ضبط الأس الهيدروجيني باستخدام المحلول المخفف من حامض الكبريتيك Sulphuric Acid أو هيدروكسيد البوتاسيوم Pot. Hydroxide حسب الحاجة.
- يجب أن تكون العينة خالية من الكلور الحر.
- يتم اختيار حجم العينة المناسب لخلطه بمياه التخفيف طبقاً للجدول التالي:

العلاقة بين حجم العينة المطلوب تخفيفها وكمية الأكسجين الحيوي المستهلك:

كمية الأكسجين المستهلك BOD_5	حجم العينة المطلوب تخفيفها إلى ٣٠٠ سم^3
210-560	٣ سم^3

280-105	6سم^3
187-70	9سم^3
140-٥٣	12سم^3
112-42	15سم^3
94-٣٥	18سم^3
80-٣٠	21سم^3
70-26	24سم^3
62-24	27سم^3
56-21	٣٠سم^3
٣٧-14	45 سم^3
28-11	60 سم^3
22-8	75سم^3

- **ولتوضيح طريقة استعمال الجدول السابق:**

- نفترض مثلا أنه من المتوقع أن يكون تركيز الأكسجين الحيوي الممتص في العينة من ١٠٠-٣٠٠ ملليجرام /لتر فمن الجدول نرى أنه يمكن اختيار عينة مقدارها من ٣-6 سم^3 ليتم تخفيفها إلى ٣٠٠ سم^3.
- من الأفضل اختيار تخفيف مزدوج للتأكد من تطابق النتائج وفي حالة المخلفات الصناعية عندما يحتمل أن يزداد تركيز الـــ BOD يمكن استخدام 1 سم^3 من حجم العينات التي تخفف وبذلك يمكن اختيار عينات من تركيز 1000-٣٠٠٠ ملليجرام/لتر.

- المهم انه يجب مراعاة أن يبقى في العينة 1-2 ملليجرام / لتر أكسجين مذاب غير مستهلك بعد خمسة أيام تحضير لكي تكون النتائج مضمونة.
- أملأ زجاجة بمياه التخفيف بدون أن تسمح لفقاعات الهواء من الاحتباس في الزجاجة وبعد ذلك يوضع غطاء الزجاجة برفق وفوقه غطاء البلاستيك.
- بنفس الطريقة يتم تحضير زجاجتين BOD بدون عينة توضع واحدة منها في الحضانة مع الزجاجتين التي تحتوي الأولى منها على العينات وتستعمل الأخرى لقياس مقدار الأكسجين الذائب فيها في بداية التجربة.
- بعد مدة التحضين، (خمسة أيام)، يتم قياس كمية الأكسجين الذائب في كل زجاجة.
- يسجل مقدار الفرق بين تركيز الأكسجين النهائي عن الابتدائي.

- **طريقة الحساب Calculations**

- تركيز الأكسجين في بداية التجربة = أ ملليجرام / لتر.
- تركيز الأكسجين في نهاية التحضين= ب ملليجرام / لتر.
- كمية BOD في العينة = نسبة التخفيف × (أ – ب) ملليجرام / لتر
- نسبة التخفيف $= \frac{\text{٣٠٠ سم}^{٣}}{\text{حجم العينة سم}^{٣}}$

- **مثـــــال:**

- حجم زجاجة الـ BOD = ٣٠٠ سم^{٣}.
- حجم العينة في زجاجة BOD = 15سم^{٣}.
- تركيز الأكسجين الابتدائي = 8 ملليجرام / لتر.(أ)
- تركيز الأكسجين النهائي = 4 ملليجرام / لتر.(ب)
- نسبة التخفيف $= \frac{\text{٣٠٠ سم}^{٣}}{\text{15 سم}^{٣}} = 20$
- كمية BOD في العينة= 20× (8-4) = 80 ملليجرام / لتر

قياس الأكسجين الحيوي الممتص بطريقة الآزيد

(طريقة وينكلر المعدلة باستخدام الآزيد) (Winkler Azide Modification)

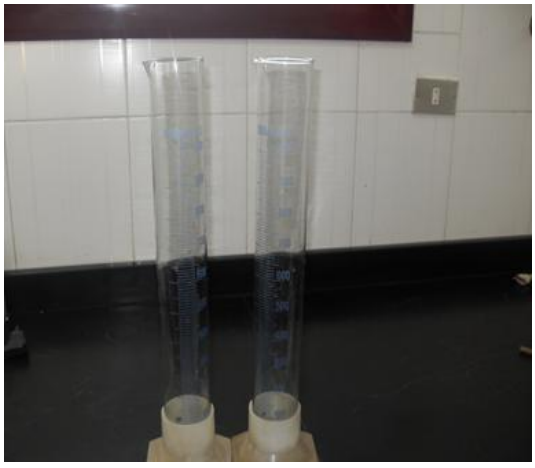
اختبار الأكسجين الذائب (DO) جزء هام من اختبار الأكسجين الحيوي الممتص (BOD_5)، وفي هذا الاختبار الذي هو تعديل وينكلر إلى طريقة الآزيد لقياس اليود، فإن أول ثلاثة محاليل تضاف للعينة تجعل الأكسجين الموجود في الماء يُستبدل باليود البني المائل للحمرة، ويضاف محلول من دليل النشاstarch لبيان وجود اليودiodine. والمادة الكيميائية الأخيرة التي يتم إضافتها هي ثيوسلفات (ثيوكبريتات) الصوديوم Sodium Thiosulfate وتستخدم لنزع اليود. فعندما يختفي اللون الأزرق فهذا يعني أن كل اليود لم يعد له وجود، وبالتالي فإن كمية ثيوسلفات الصوديوم Sod. Thiosulfate المستخدمة لنزع اليود تعادل كمية الأكسجين الذائب في العينة.

- **الأدوات المستخدمة Tools**

- ٣ ماصات مدرجة (graduated pipettes) 5 مل (5 ml) بالمالئ المطاطي Safety rubber pump (أو ٣ ماصات أوتوماتيكية 2 مل).
- زجاجة BOD سعة ٣٠٠ مل بغطاء زجاجي.
- مخبار مدرج 250 مل معاير عند ٢٠٣ مل (أو دورق عياري 200 مل معاير إلى ٢٠٣ مل).
- دورق إيرلنماير (مخروطي) ذو فوهة واسعة 500 مل.
- سحاحة سعة 50 مل بتدريج يقرأ 0.1 مل.

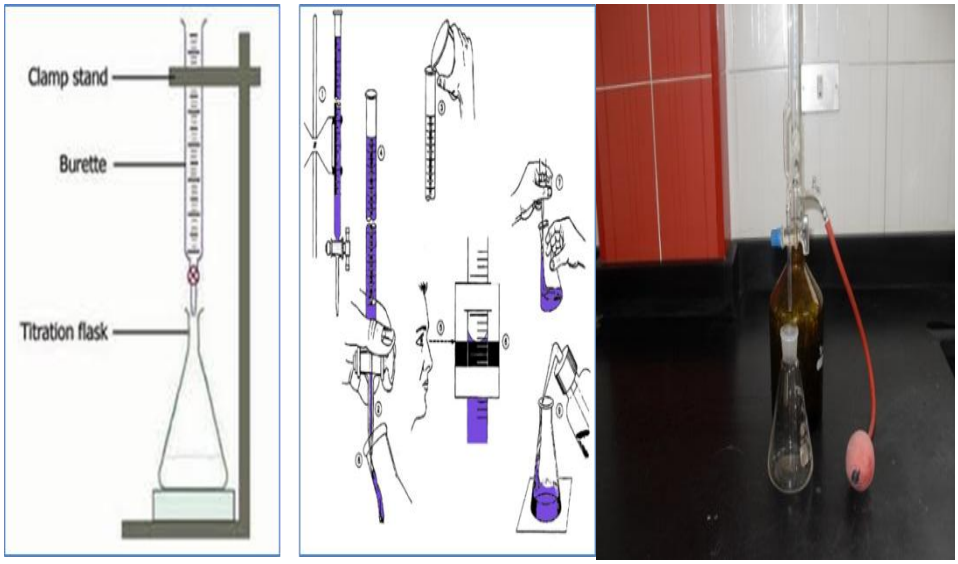
- **الكيماويات المستخدمة:**

- كبريتات المنجنيز رباعية الماء $MnSO_4.4H_2O$ أو
- كبريتات المنجنيز ثنائية الماء $MnSO_4.2H_2O$ أو
- كبريتات المنجنيز أحادية الماء $MnSO_4.H_2O$
- يتم إذابة 10 جرام من آزيد الصوديوم (NaN_3) في 50 مل من الماء المقطر وكن حريصا لأن هذا المحلول سام.



(graduated cylinders)

سحاحات مدرجة(graduated pipettes)



ماصة مدرجة بالمالئ المطاطي وزجاجة عينة ودورق

أضف مع التقليب المستمر محلول آزيد الصوديوم إلى محلول اليوديد القلوي البارد، ثم أضف ما يكفي من الماء لإكمال حجم المحلول إلى 1 لتر.

هذا المحلول ثابت جدا ويمكن تخزينه واستخدامه لمدة عام.

- **ملحوظة هامة:**

لا تقوم بتخزين محاليل القلويات (القواعد) القوية في زجاجات ذات غطاء زجاجي ولكن استخدم سدادات المطاط أو الفلين لأن مركبات القلويات القوية تسبب التحام وثبات السدادات الزجاجية في أماكنها.

- **حمض الكبريتيك المركز ($Conc.\ H_2SO_4$):** يستخدم حمض كبريتيك مركز (٣6 ع) بدرجة نقاء جيدة.
- **ثيوسلفات (ثيوكبريتات) الصوديوم (0.025 ع) ($0.025N_3Na_2S_2O$ –):**

يتم إذابة 6.205 جرام من ثيوكبريتات الصوديوم خماسية الماء ($.5H_2O_3Na_2S_2O$) في كمية من ماء مقطر تم غليه وتبريده حديثا، ثم أكمل الحجم إلى 1 لتر، ثم أضف إليه 5 مل من الكلوروفورم لحفظ المحلول. ويحضر محلول جديد كل أسبوعين. ويحفظ محلول الثيوسلفات في زجاجات بنية اللون وبعيدا عن ضوء الشمس، ويجب معايرته يوميا (راجع خطوات المعايرة).

- **محلول دليل النشا:**

يذاب 2 gm من النشا starch و0.2 gm من حمض السلسيليك كمادة حافظة في 100 ml ماء دافئ سابق غليه ويترك لليوم التالى ويتم ترشيحه ويستخدم الجزء الرائق من المحلول.

- **خطوات التجربة:**

1. جمع العينة:

- اجمع العينة في زجاجة جمع العينات الخاصة بتجربة (BOD)، أملأ الزجاجة بالكامل وتجنب تهوية العينة أو احتجاز الهواء أسفل الغطاء الزجاجي.

2. أضف 2 مل من محلول كبريتات المنجنيز(II):

- تتم الإضافة أسفل سطح السائل في زجاجة الـــ (BOD).

3. أضف 2 ml من محلول الآزيد القلوي:

- أضف أسفل سطح السائل.

4. أعد وضع الغطاء ثم اشطف وأخلط:

- اشطف الزجاجة تحت ماء جاري ثم امزجها عن طريق قلبها 15 مرة، وكن حريصا على عدم احتجاز الهواء داخل الزجاجة عند إعادة غطائها إلى مكانه.

5. اسمح بهبوط الندف (الراسب) حتى منتصف الزجاجة:

- تظهر الندف (الراسب) بلون يتراوح بين الأبيض والبني.

6. كرر الخلط والترسيب حتى منتصف الزجاجة.

7. أضف 2 مل من حامض الكبريتيك المركز:

- أضف الحامض بتركه ينزل إلى أسفل بطول عنق الزجاجة أعلى من مستوى سطح السائل.

8. أعد الغطاء ثم اشطف واخلط:

- اخلط بواسطة قلب الزجاجة حتى يذوب الراسب.

تحذير: يتم تداول الزجاجة بعناية لتجنب حروق الحامض.

- **والآن يظهر المحلول بلونه البني المحمر الشفاف**

9. انقل 100 مل من العينة إلى دورق المعايرة سعة 500 مل:

- أولا صب المحلول في المخبار المدرج أو الدورق العياري لقياس 100 مل ثم انقلها إلى دورق مخروطي ذو فوهة واسعة، وعند هذه النقطة فلن تسبب التهوية زيادة النسبة المقاسة من الأكسجين الذائب.

10. عاير بواسطة ثيوسلفات الصوديوم حتى اللون الأصفر الشاحب:

- عاير بإضافة محلول ثيوسلفات الصوديوم 0.025ع بالتنقيط من السحاحة أثناء التحريك الدائري للدورق، تأكد من تسجيل القراءة المبدئية للسحاحة، ويجوز استخدام مُقَلِّب مغناطيسي لتقليب العينة أثناء المعايرة.

11. أضف محلول دليل النشا:

- تكفي كمية صغيرة (1 مل) من محلول دليل النشا أي دفقه واحدة من الزجاجة البلاستيك.

12. أكمل المعايرة حتى نقطة النهاية:

- نقطة النهاية لهذه المعايرة يتم الوصول إليها حال اختفاء اللون الأزرق، وإضافة مزيد من محلول ثيوسلفات الصوديوم إلى المحلول الرائق تؤدي إلى نتائج غير صحيحة.

ملحوظة: بعد الوصول إلى "نقطة النهاية" قد يعود اللون الأزرق إلى الظهور بعد فترة وهذا أمر طبيعي ولا تضف مزيد من ثيوسلفات الصوديوم.

1. سجل الحجم المستخدم من محلول ثيوسلفات الصوديوم:

سجل القراءة النهائية للسحاحة وبالطرح من القراءة الابتدائية أوجد الحجم المستخدم.

- **طريقة الحســـــاب Calculations**

كمية الأكسجين الذائب (DO) معبرا عنها في صورة ملليجرام / لتر في العينة الأصلية تساوي حجم ثيوسلفات الصوديوم 0.025ع المستخدمة في المعايرة حتى "نقطة النهاية" عند زوال اللون.

- **مثال:**
  - حجم ثيوسلفات الصوديوم 0.025ع المستخدم = 4.2 مل
  - فيكون الأكسجين الذائب (DO) = 4.2 ملليجرام/لتر.

إذا كانت عيارية ثيوسلفات الصوديوم لا تساوي 0.025ع فيجب استعمال معامل تصحيح للحصول على الحجم النهائي الحقيقي المستخدم (انظر ضبط عيارية ثيوسلفات الصوديوم).

ضبط عيارية ثيوسلفات الصوديوم (Standardization of Sodium Thiosulphate)

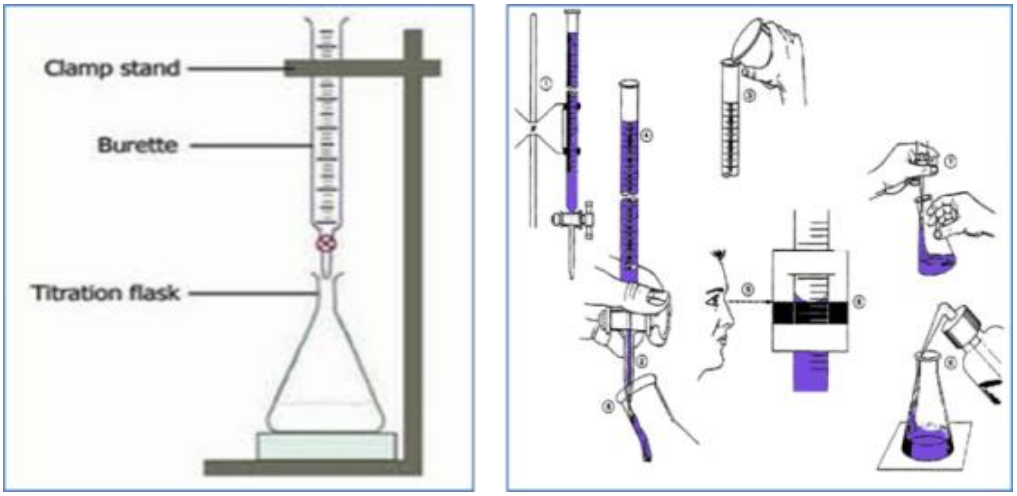
ثيوسلفات الصوديوم المستخدمة في تقدير الأكسجين الذائب بطريقة وينكلر يتم تحضيرها لتكون عياريتها 0.025ع، وعلى أي حال فمن الصعب تحضير محلول ثيوسلفات الصوديوم بالضبط، ونظرا لأن الدقة في تقدير الأكسجين الذائب تعتمد على تركيز ثيوسلفات الصوديوم فيجب ضبط عياريتها في كل وقت يتم فيه تحضير محلول جديد. ولأن ثيوسلفات الصوديوم تتحلل بسرعة فيجب أيضا معايرة المحلول في كل يوم يتم فيه استخدامه.

وإذا لم يكن تركيز محلول ثيوسلفات الصوديوم 0.025ع بالضبط، فلا داعي إلى تغييره ولكن يجب تطبيق معامل تصحيح على الحجم المستخدم منه في تقدير الأكسجين الذائب.

ويتم معايرة محلول ثيوسلفات الصوديوم 0.025ع مقابل محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم 0.025ع الذي يعتبر محلول قياسي أولي.

- **الأدوات المستخدمة Tools**

- ماصة عيارية 20 مل.
- ماصة ناقلة عيارية بالانتفاخ 10 مل.
- دورق مخروطى ذو فوهة واسعة 500 مل.
- سحاحة مدرجة إلى 0.1 مل سعة 50 مل.



ماصة مدرجة وزجاجة عينة ودورق

- **الكيماويات المستخدمة Reagents**

- ثنائي كرومات البوتاسيوم Pot. Dichromate ($K_2Cr_2O_7$)
- حمض كبريتيك مركز ٣٦ع Sulphuric acid H_2SO_4 (Conc. ٣6N)
- نشا Starch
- يوديد البوتاسيوم (بللورات درجة II) Pot. Iodide (KI)
- تولوين $C_6H_5CH_3$

- **تحضير المحاليل:**

- **محلول عياري من ثنائي كرومات البوتاسيوم 0.025ع:**

قبل التحضير، جفف ثنائي كرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$) عند درجة ١٠٣°م لمدة ساعتين على الأقل. أوزن بدقة 1.226 جرام من ثنائي كرومات البوتاسيوم وأذبه في ماء مقطر ثم أكمل الحجم إلى 1 لتر بواسطة الماء المقطر. استخدم دورق عياري لقياس الحجم النهائي (1 لتر) وكن دقيقا قدر الإمكان نظرا لأن هذا المحلول هو محلول عياري (قياسي) أولي (أساسي).

- **محلول حمض الكبريتيك 10%:**

حضر حمض الكبريتيك تركيز 10% بإضافة 10 مل من الحامض المركز إلى 90 مل من الماء المقطر.

- **محلول دليل النشا:**

أضف 5 جرام من مسحوق النشا إلى كمية قليلة من الماء المقطر مع التقليب حتى نحصل على عجينة خفيفة، ثم تضاف هذه العجينة إلى 800 مل ماء مقطر يغلي مع التقليب المستمر، ثم أضف ما يكفي من الماء لإكمال الحجم إلى لتر، ثم اتركه يغلي بضع دقائق ودعه يستقر طوال الليل. استعمل فقط المحلول الرائق العلوي. ويمكن حفظ هذا المحلول بإضافة بضع قطرات من التولوين ($C_6H_5CH_3$) ويتم التخلص من المحلول عند ملاحظة أي نمو بيولوجي به.

- **خطوات التجربة:**

يتم إجراء الاختبار مرتين وأخذ متوسط النتيجة النهائية للاختبارين. وهذه الطريقة تشابه طريقة وينكلر لتقدير الأكسجين الذائب، كما يلي:

1. يذاب 2 جرام من يوديد البوتاسيوم في 100 مل ماء مقطر في دورق مخروطى ذو فوهة واسعة 500 مل.
2. يضاف 10 مل من حمض الكبريتيك تركيز 10%.
3. يضاف 20 مل بالضبط من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم العياري باستخدام الماصة العيارية.
4. يوضع الدورق في مكان مظلم لمدة 5 دقائق.
5. خفف إلى 400 مل تقريبا.
6. عاير بواسطة محلول ثيوسلفات الصوديوم 0.025 ع حتى اللون الأصفر الشاحب.
7. أضف النشا.
8. أكمل المعايرة حتى نقطة النهاية وزوال اللون.
9. سجل الحجم المستخدم من ثيوسلفات الصوديوم.

- **طريقة الحساب:** **Calculations**

- احسب متوسط الحجم المستخدم من ثيوسلفات الصوديوم في الاختبارين.
- احسب معامل التصحيح:

$$\text{معامل التصحيح} = \frac{20}{\text{متوسط حجم ثيوسلفات الصوديوم المستخدم}}$$

ولضبط الحجم المستخدم من ثيوسلفات الصوديوم التي لا تكون عياريتها 0.025 ع تماما، يضرب الحجم النهائي المستخدم من ثيوسلفات الصوديوم في تقدير الأكسجين الذائب (DO) بطريقة وينكلر في معامل التصحيح. يجب أن تكون نتائج معايرة ثيوسلفات الصوديوم مصاحبة لكل نتائج اختبارات الأكسجين الذائب واختبارات الأكسجين الحيوي الممتص (BOD_5).

وماذا لو كانت عينة صرف صناعي غير مخلوط بصرف آدمي؟

قياس الأكسجين الحيوي الممتص لعينة صرف صناعي غير مخلوط بصرف آدمي:

- في هذه الحالة تكون العينة خالية من البكتيريا التي يعتمد عليها في قياس كمية التلوث.
- لذلك يجب عمل حقن للعينة المراد قياس الأكسجين الحيوي لها بعينة محسوبة من الصرف الآدميseeding sample.

- **طريقة القياس:**

- تجرى نفس خطوات التجربة السابقة مع إضافة كمية معلومة من الصرف الآدمي إلى مياه التخفيف للعينة المجهولة (الصرف الصناعي) ثم استكمال الخطوات مثلما سبق تماما حتى قياس الأكسجين الذائب قبل وبعد الخمسة أيام.
- ثم بنفس الخطوات الخاصة بقياس الأكسجين الحيوي الممتص يتم قياس الأكسجين الحيوي الممتص لعينة الصرف الآدمي بمفردها.

- **طريقة الحساب Calculations**

يتم طرح قيمة الأكسجين الحيوي الممتص لعينة seeding sample الصرف الآدمي من قيمة الأكسجين الحيوي الممتص لعينة الصرف الصناعي المخلوطة بالصرف الآدمي ويكون الناتج هو قيمة الأكسجين الحيوي الممتص لعينة الصرف الصناعي بمفردها.

11. قياس الأكسجين المستهلك كيميائياً Chemical Oxygen Demand – COD

قياس الأكسجين المستهلك كيميائيا 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 الكبريتك في وجود كبريتات الفضة كحافز للتفاعل وكبريتات الزئبق لإزالة تأثير الكلوريد إذا وجد ويستغرق إتمام هذه التجربة ساعتان، لذلك تتميز هذه الطريقة الكيميائية بالسرعة وعدم الانتظار لمدة خمسة أيام اللازمة لتجربة الـــ BOD.

- **الأدوات المستخدمة Tools**

- مخبار مدرج graduated cylinder سعة 50 سم^3.
- ماصة pipette10 سم^3 بطرف واسع للعينة.
- ماصة pipette 10 سم^3.
- كرات زجاجية (مادة موزعة للحرارة).
- كأس مخروطي conical beaker 250 سم^3 مركب على فوهته مكثف Reflux.
- دورق عياري majoring flask 1 لتر.
- سخان كهربائي Hot plate بضابط حراري منظم من 150–300°م.
- سحاحة مدرجة graduated burette 50 سم^3 وحامل للسحاحة.
- دورق مخروطي conical flask.

a) COD HACH digestion vessels.

b) Heating block digester with 16 or 25 holes and temperature up to 200 °C to operate at 150 °C

c) Spectrophotometer (620 nm)

طريقة تحضير الكيماويات المستعملة Reagents

1. محلول قياسي من ثنائي كرومات البوتاسيوم قوة 0.25 ع(0.25 N):

ويتم تحضيره بإذابة 12.259 جرام من المادة النقية بعد تجفيفها لمدة ساعتين في لتر من الماء المقطر.

2. محلول كبريتات الفضةsilver sulphate في حامض الكبريتيك المركز:

يذاب 22 جرام كبريتات فضة Ag_2SO_4 في زجاجة 4 كيلو جرام من حامض الكبريتيك المركز واتركها لمدة يومان لتذوب.

3. كاشف الفريون Ferion Indicator :

ويمكن تحضيره بإذابة 1.485 جرام من مادة Phenanthroline Monohydrate إلى 0.695 جرام كبريتات الحديدوز $FeSO_4$ في كمية 100 سم^3 من الماء.

4. عياري كبريتات الحديدوز النشادرية 0.25 عياري Ferrous Ammonium Sulphate :

وذلك بإذابة 98 جرام من ملح كبريتات الحديدوز النشادري في حوالي 500 سم^3 ماء مقطر ثم أضف 20 سم^3 حامض كبريتيك مركز واترك المحلول ليبرد ثم أكمل الحجم إلي 1 لتر ولما كان هذا المحلول غير ثابت التركيز فيجب معايرته بمحلول ثنائي كرومات البوتاسيوم كما يلي:

ضع 10 سم^3 من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم 0.25 ع في دورق مخروطي وأضف إليها 100 سم^3 ماء مقطر + ٣٠سم^3 حامض كبريتيك مركز واترك المخلوط ليبرد.

أسحب محلول كبريتات الحديدوز النشادري من السحاحة مستعملا ثلاث نقط من كاشف الفريون حتى يتحول اللون من الأزرق المخضر إلى اللون البني وذلك عند معايرته مع محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم.

- **مثـــــــال:**

10 سم^3 من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم قوة 0.25 ع يتفاعل مع 10.8 سم^3 من محلول كبريتات الحديدوز النشادري، فما هو تركيز كبريتات الحديدوز؟

قوة تركيز محلول كبريتات الحديدوز النشادرى $= \frac{10 \text{ سم} \times 0.25 \text{ ع}}{0.2^{3} \text{ ع}} = 10.8$ سم

1. كبريتات الزئبق Mercuric sulphate $HgSO_4$.
2. حامض كبريتيك مركز ٣6 ع.

- **خطوات التجربة:**

- قم بتجهيز الدورق والمكثف ووصلات مياه التبريد للمكثف.
- ضع العينة في الدورق بواسطة ماصة واسعة الفوهة (وهي عادة حوالي 1-5 سم^{3}) بعد رج زجاجة العينة جيداً.
- أضف لدورق العينة بعض كرات الزجاج glass beads(لتوزيع الحرارة).
- أضف 0.4 جرام كبريتات الزئبق واستكمل حجم العينة حتى 15 سم^{3} بالماء المقطر.
- أضف بكل دقة 10 سم^{3} من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم العياري.
- أضف مقدار ٣0سم^{3} من خليط حامض الكبريتيك وكبريتات الفضة بواسطة استعمال المخبار على جدران الدورق من الداخل مع ملاحظة توجيه فوهة الدورق بعيداً عن ملابسك ووجهك أي في الاتجاه المضاد ويترك حتى يبرد.
- يتم تركيب الدورق في المكثف وعلى سطح السخان الكهربائي ولاحظ أن مياه التبريد تمر في المكثف.
- إبدا في رفع درجة الحرارة إلى 150°م.
- إبدا تجهيز Blank الذي يشمل جميع الخطوات السابقة ما عدا وضع العينة.
- بعد مرور ساعة من الزمن على التسخين في درجة حرارة 150°م استمر ساعة أخرى مع استمرار مراقبة عملية التبريد.
- يقفل السخان الكهربائي وتترك الأجهزة لتبرد مع مراقبة استمرار سريان مياه التبريد.
- بواسطة زجاجة الغسيل بالمياه المقطرة اغسل المكثف من أعلى لضمان مرور البخار من المكثف إلى الدورق.
- ترفع الدوارق برفق وتفصل عن المكثفات ويتم تبريدها ثم تكمل حتى يصل الحجم إلى 140سم^{3} بالماء المقطر.
- أبدا بعملية المعايرة مع كبريتات الحديدوز النشادرية القياسية مع استخدام كاشف الفريون الذي يغير اللون من اللون الأصفر إلى اللون البني المائل للأحمر.

- **طريقة الحســـــاب Calculations**
- **مثال:**

- حجم العينة ٣ سم^{٣}.
- حجم ثنائي كرومات البوتاسيوم 10 سم^{٣} قوة 0.25ع.
- حجم كبريتات الحديدوز النشادرية من السحاحة 8.9 سم^{٣} قوة 0.255
- قراءة البلانك 10سم^{٣}
- قراءة العينة 8.9 سم^{٣}
- احسب تركيز COD.

- **الحل:**

تركيز COD ملليجرام/لتر =

(قراءة البلانك – قراءة العينة) × 8000 ×عياريه كبريتات الحديدوز النشادرية

حجم العينة

=(10سم^{٣} – 8.9 سم^{٣}) × 8000 × 0.255 = 747.9 ملليجرام / لتر

٣ سم^{٣}

الاحتياطات الواجب توافرها عند إجراء التجربة:

- استعمال أدوات الوقاية (نظارة + قفاز).
- التأكد من تمام خلط العينة قبل أخذها بالماصة.
- التأكد من إضافة كرات الزجاج لتنظيم التسخين.
- ضرورة مراقبة سريان تيار الماء البارد في المكثف.
- إجراء المعايرة اليومية لمحلول كبريتات الحديدوز النشادرية.
- الاحتراس في التعامل مع مادة كبريتات الزئبق حيث أنها مادة سامة ولا تدعها تلامس الجلد أو تتنفس بخارها.

ضمان جودة النتائج:

للتأكد من صحة النتائج يتم استخدام محلول قياسي Standard Solution معلوم تركيز(COD) به مثل محلول فيثالات البوتاسيوم الحمضية المجففة عند درجة حرارة 120°م Potassium Dehydrogenate Phthalate

يذاب 425 ملليجرام في ماء مقطر يكمل إلى 1 لتر ويعامل هذا المحلول معامله العينة تماماً وتتم الأكسدة والمعايرة وحساب COD وتعد بمثابة مراقبة الجودة للتحاليل (Q C).

إجراء تجربة (COD) في حالة وجود هاضم COD Reactor:

في حالة وجود جهاز هاضم COD Reactor خاص بتجربة الأكسجين الكيميائي المستهلك وكذلك وجود الزجاجات الخاصة COD Vials به جاهزة التحضير بالمحاليل السابقة بحيث يتم اختيار الزجاجة التي تستخدم في التجربة حسب التركيز المتوقع للأكسجين الكيميائي المستهلك في كل العينة، كما يتم تحضير زجاجات بلانك (Blank)، ويتم إجراء التجربة كما يلي:

- توضع كمية من العينة في زجاجة المحاليل المناسبة للتركيز المتوقع للعينة وما إذا كانت ذات قيمة عالية للأكسجين الكيميائي المستهلك أو ذات قيمة صغيرة طبقا لما هو موضح على الزجاجات الجاهزة.
- توضع الزجاجة في الهاضم بعد أن تصل درجة حرارته إلى 160°م مقاسه على الترمومتر الموجود بالجهاز، وتترك لمدة ساعتين للهضم.
- ترفع الزجاجة وتترك حتى تبرد وبعد ذلك إما أن تقاس باستخدام جهاز الإسبكتروفوتوميتر (Spectrophotometer) إذا كان موجودا في المعمل وإن لم يكن متاحا فيتم معايرتها بنفس الطريقة السابقة تماما.

12. تعيين الشحوم والزيوت Oil & Grease – O & G

- **الغرض من التجربة:**

من المعروف أن الشحوم والزيوت من المركبات العضوية الغير بسيطة والتي تكون سببا في زيادة الحمل العضوي Organic load على محطة المعالجة treatment plant ، كما أنها من المواد المعقدة التي لا تستطيع البكتيريا أكسدتها وتحويلها إلى مواد بسيطة يسهل التخلص منها في

عملية المعالجة، علاوة على أن وجود الشحوم والزيوت في المياه الداخلة إلى محطات المعالجة بمعدلات تزيد عن الحد المسموح به قد يؤدي إلى وجود طبقة على سطح المياه تعزلها عن الهواء الجوي وتمنع وصول الأكسجين إلى البكتيريا الهوائية aerobic bacteria. لذلك لابد من تعيين نسبة الشحوم والزيوت حتى تكون في الحدود المسموح بها، ويتم ذلك كما يلي:

قمع فصل ميزان حمام مائى مجفف بوتقة

- ضع 500 سم^3 من العينة المراد تعيين نسبة الزيوت والشحوم بها في قمع فصل separating funnel سعه 1000 سم^3 ثم ضع على العينة 5 سم^3 من حامض الهيدروكلوريك Hydrochloric acid (1 مل من الحمض+1 مل من المياه).
- ضع 10 سم^3 من الأثير البترولي petroleum ether 40-60 ورج قمع الفصل مع فتح الصنبور وغلقه بصفة مستمرة ولمدة ربع ساعة.
- افصل طبقة الزيت وضعها في بوتقة ثم زنها وهي فارغة وليكن (و1) او (W1) بخر على سخان كهربائي ثم اتركها لتبرد.
- أعد وزن البوتقة وليكن (و2) او(W2).
- وزن الزيت = (و2) او(W2) - و1 او(W1)= و٣ او(W٣)

.:(و٣)او(W2)×1000×2= وزن الزيت بالملليجرام / لتر(mg/l)

١٣. تعيين الأمونيا Ammonia – HN_3-N

- **الغرض من التجربة:**

النتروجين من القياسات الهامة في ضبط تشغيل محطات معالجة الصرف الصحي نظرا لأن التفاعلات البيولوجية في عملية المعالجة الهوائية ينتج عنها الأمونيا. ولذلك فإن وجود الأمونيا بتركيز أكبر من 10 ملليجرام/لتر(10 mg/l) في عينة مياه يعني أنها مياه صرف صحي حديثة التلوث، وبمرور الوقت تتأكسد الأمونيا بفعل الأكسجين وتتحول إلى نيتريت NO_2 Nitrite ثم إلى نترات NO_3 Nitrate ، وعلى ذلك فإن وجود كل من النيتريت والنترات يعني أنها مياه صرف صحي مر على تلوثها بعض الوقت.

ومن المعروف أن مياه الشرب إذا وجد بها تركيز أكبر من 10 ملليجرام/لتر من الأمونيا فإنها تصبح خطرة على الصحة خاصة بالنسبة للأطفال الرضع.

أما مياه الصرف الصحي فإن تركيز الأمونيا بها يتراوح بين 10 إلى 40 ملليجرام/لتر ووجود تركيزات أكبر من ذلك يعني وجود صرف صناعي.

والنتروجين من العناصر الهامة المغذية للبكتيريا حتى تتم التفاعلات المطلوبة للتحلل البيولوجي، ويمكن تبسيط التفاعلات الهوائية التي تحدث في المعادلات التالية:

1. مادة عضوية + أكسجين ← في وجود بكتيريا وأنزيم مساعد ثاني أكسيد الكربون + ماء + طاقة.

2. مادة عضوية + فسفور + نتروجين + أكسجين + طاقة ← في وجود بكتيريا بروتوبلازم (خلايا جديدة) + ماء + ثاني أكسيد الكربون.

3. بروتوبلازم + أكسجين ← في وجود بكتيريا وأنزيم مساعد ثاني أكسيد الكربون + ماء + أمونيا أو نترات + طاقة.

باستخدام جهاز قياس الايونات Ion Selective Electrode (ISE)

- **الأجهزة:**

- جهاز قياس الأيونات Ion Selective Electrode (ISE)
- جهاز قياس الأس الهيدروجيني pH meter

جهاز قياس الأيونات (ISE)

جهاز قياس الأس الهيدروجيني pH meter

- **المحاليل المطلوبة Reagents**

1. يتم تحضير المحلول القياسي (stock solution) 1000 جزء في المليون من كلوريد الامنيوم Ammonium Chloride.
2. يتم تحضير محلول وسطي(intermediate solution) 100جزء في المليون من المحلول القياسي عن طريق إضافة 10 مل من المحلول القياسي (1000 جزي في المليون) في قارورة عيارية 100 مل والتخفيف الي 100 بماء منزوع الايونات (deionized water).
3. يتم تحضير محاليل بتركيزات مختلفة من المحلول الوسطي (intermediate solution) (10,20,40 جزء في المليون) (لتحضير 10 جزء في المليون يتم اخذ 10 مل بالماصة العيارية في دورق عياري حجمه 100 مل والتخفيف الي 100 مل بماء منزوع الايونات وتكرر نفس الخطوات مع باقي التركيزات).
4. قم بتشغيل جهاز قياس الايونات.

أ. معايرة الجهاز

- يتم اخذ 100 مل من كل محلول قياسي ويوضع في كاس زجاجي علي حدة.
- اضف 2 مل من محلول ضبط الاس الهيدروجيني (ammonia pH adjusting solution) مع التقليب الهين علي الجهاز الخاص بالتقليب.

- يتم وضع الاكترود الخاص بالامونيا في المحلول وننتظر حتي ثبوت القراءة.
- اضغط علي زر معايرة (calibration) مع كتابة التركيز الصحيح للمحلول.
- كرر هذه الخطوة مع باقي المحاليل القياسية الأخرى (20,40) وفي اخر المعايرة يتم الضغط علي زر حفظ (save)

ب. قياس العينة:

- خذ 100 مل مع اضافة 2 مل من محلول ضبط الاس الهيدروجيني مع التقليب الهين.
- اضغط علي زر قياس (measure).
- انتظر حتي ثبوت القراءة.

14. تعيين النيتريت Nitrite – NO_2–N

- **مقدمة:**

نادرا ما توجد النيتريت بتركيز يزيد عن 1 ملجم /لتر في مياه الصرف المعالجة.

وتوجد بتركيز 0.1 ملجم/لتر في مياه الانهار والمياه الجوفية.

- **الأجهزة:**

- جهاز الإسبكتروفوتوميتر (Spectrophotometer)
- ماصة عيارية: Pipettes
- كأس زجاجي: beaker

جهاز الامتصاص الطيفي Spectrophotometer

- **المحاليل المطلوبة:**

- محلول النيتريت القياسي: يذاب ٠.٤٩٣جرام من نيتريت الصوديوم في واحد لتر، أي أن كل واحد ملليلتر يحتوي على 100 ميكروجرام نيتريت / نيتروجين.
- محلول النيتريت المخفف: خفف 10 سم^{٣} من المحلول السابق إلى واحد لتر، أي أن كل واحد ملليلتر يحتوي على 1 ميكروجرام نيتريت / نيتروجين.
- محلول سلفانيليك يذاب 0.5 جم في 120 سم^{٣} ماء مقطر + ٣٠ سم^{٣} حامض خليك سخن المحلول ويحفظ في الظلام.
- Naphthyl amine 7 sulphuric acid : يذاب 0.2 جم منه في 12سم^{٣} حامض خليك ثم يضاف 120سم^{٣} ماء مقطر سخن ثم خفف إلى 150 سم^{٣} ماء مقطر.

- **الرسم البياني المعياري:**

- اصنع تركيزات مختلفة قياسية في دوارق عياريه سعه 50 سم^{٣} ولتكن 2 ميكروجرام، 4 ميكروجرام، 6 ميكروجرام، 8 ميكروجرام، 10 ميكروجرام / Blank
- استخدم جهاز الامتصاص الطيفي لقياس نسبة الامتصاص لكل تركيز واصنع رسم بياني بين نسبة الامتصاص والتركيز المقابل له.
- ضع على المحاليل القياسية ذات التركيزات السابقة 2سم^{٣} من محلول حامض السلفانيليك وانتظر 20 دقيقة ليظهر اللون ثم أضف 5 سم^{٣} من المحلول الرابع وانتظر 20 دقيقة.
- قس الكثافة الضوئية أو الامتصاص لكل محلول قياسي عند طول موجي 525 نانومتر.
- بالنسبة لعينة مياه الصرف الصحي للمياه الخارجة النقية من محطة المعالجة خذ كمية عينة مقدارها 40 سم^{٣} وضع عليها نفس المحاليل السابقة واقرأ على الجهاز الكثافة الضوئية ومن الرسم البياني يمكن معرفة تركيزها.

15. تعيين النتراتNO – Nitrate ٣ N–

- **مقدمة:**

توجد النترات في المياه نتيجة للصرف الزراعي للمخصبات وايضاً نتيجة للصرف الصحي غير المعالج جيداً. وتواجدها في المياه بنسبة كبيرة تؤدى إلى اختناق الاطفال الرضع.

- **الأجهزة:**

- جهاز الامتصاص الطيفي عند 420 nm
- مدى القياس : 0.25 – ٣,50 ملليجرام نترات كنيتروجين.

- **المحاليل المطلوبة:**

1. **محلول البروسين:** تذيب 5 جرام من مادة البروسين في 100سم^{٣} من حامض الخليك الثلجي.
2. **محـــلول النـــترات:** جفف نترات البوتاسيوم في فرن تجفيف عند درجة حرارة 105°م لمدة 24 ساعة ثم تذيب 0.7218 جرام في ماء مقطر وتكمله إلى واحد لتر.

:. كل واحد ملليلتر من المحلول يحتوي على 100 ميكروجرام نترات كنيتروجين.

- **خطوات التجربة:**

- اخلط 10سم^{٣} من مياه العينة مع 1سم^{٣} من محلول البروسين في دورق عياري سعته 50 سم^{٣}، ثم أضف 20 سم^{٣} من حامض الكبريتيك (1.84).قلب المخلوط ثم اتركه ليبرد ثم أكمل إلى العلامة بالماء المقطر.
- اصنع عدة محاليل قياسية معروف تركيزها ثم اقرأ الامتصاص على جهاز الامتصاص الطيفي ثم ارسم علاقة بيانية بين التركيز والامتصاص، وبالتالي يمكن إدخال عينة غير معروف تركيزها لمعرفة نسبة النترات بالملليجرام / لتر.

16. تعيين نسبة النتروجين الكلى (كلدال) Total Nitrogen – TN

- **مقدمة:**

في هذه الطريقة وفي وجود حمض الكبريتيك وكبريتات البوتاسيوم والعامل المساعد كبريتات النحاس يتم تحويل الامونيا نيتروجين في المواد العضوية الى الامونيوم.

- **المحاليل المطلوبة:**

- هيدروكسيد صوديوم 50 %.
- كاشف فينولفثالين.

- حامض كبريتيك ع/10

- **الطريقة:**

- خذ 50 سم^3 من العينة في دورق كلدال ثم ضع عليها 2/1 جرام من كبريتات النحاس + 2 جرام من كبريتات البوتاسيوم + 20سم^3 حامض كبريتيك.
- اغلي المحلول حتى يظهر اللون الأزرق وتظهر بلورات مترسبة من كبريتات الأمونيوم ثم خفف بالماء المقطر قدر الكمية المتبقية في دورق كلدال.
- أضف محلول هيدروكسيد صوديوم 50% حتى تمام القلوية واختبر ذلك بكاشف الفينولفثالين مع استمرار التبريد.
- يتم تقطير محتويات الدورق حتى نصف الكمية.
- بعد ذلك أجري اختبار القلوية باستخدام 10/1 ع حامض الكبريتيك والذي يعطي اللون البصلي مع المثيل البرتقالي.

Digestion Unit

Titration & Distillation Unit

Scrubber Unit

17. تعيين الكبريتيدات H_2S- Sulphide

- **مقدمة:**

توجد الكبريتيدات في مياه الصرف الصحي وهي دليل على وجود مياه الصرف والكبريتيدات تنتج من تحويل الكبريتات الى الكبريتيدات بواسطة البكتيريا التي تقوم باختزال الاكسجين من الكبريتات الى الكبريتيدات.

وتنبعث رائحة مميزة لكبريتد الهيدروجين. وتقوم البكتيريا بأكسدة كبريتد الهيدروجين الى حمض الكبريتك.

- **المحاليل المطلوبة:**

- محلول اليود 80/1 ع:

تذيب 0.79375 جرام من اليود في 500 سم^3 من الماء المقطر مع استخدام قليل من يوديد البوتاسيوم الصلب لإتمام الإذابة.

- محلول النشا:

تذيب 10 جرام من النشا القابل للذوبان وكذا 1.25 جرام من حامض السالسيليك في واحد لتر ماء مقطر.

- حامض هيدروكلوريك 10:1

- **طريقة التجربة:**

- خذ 100سم^3 من العينة ثم أضف لها 5 سم^3 من حامض الهيدروكلوريك (10:1) + نقطتان من محلول النشا ثم عاير مع محلول اليود 80/1ع حتى يظهر اللون الأزرق.
- خذ قراءة كمية اليود المستخدمة في المعايرة ثم اضربها في رقم 2 للحصول على الكبريتيدات بالملليجرام/لتر.

18. تعيين الفوسفات Total Phosphorus TP

- **الغرض من التجربة:**

من المعروف أن الفوسفات من مركبات الفسفور، وهو يتواجد في بعض المخلفات الصناعية خاصة المنظفات الصناعية والتي تصل إلى مياه الصرف الصحي بكميات كبيرة من الاستخدامات المنزلية. ووجود تركيزات عالية من الفوسفات يؤثر على البكتيريا لذلك يجب تعيينها لمعرفة حدودها والمسموح به.

- **المحاليل المطلوبة:**

- محلول1: 4 حامض كبريتيك: ضع 200 سم^3 من حامض الكبريتيك (1.84 المركز على 800 سم^3 ماء مقطر).
- محلول موليبدات الأمونيوم 2%: تذيب 5 جرام من موليبدات الأمونيوم في حوالي 150سم^3 ماء مغلي ثم اتركه ليبرد ثم خفف إلى 250 سم^3 بالماء المقطر في دورق عياري سعته 250 سم^3.
- محلول ميتا ثنائي كبريتيت الصوديوم أو البوتاسيوم 4%: نذيب 10جرام من الملح السابق في حوالي 200سم^3 ماء مقطر ثم خفف إلى 250 سم^3 بالماء المقطر في دورق عياري سعته 250 سم^3.
- حامض الأسكوربيك 2%: نذيب 0.5 جرام من حامض الأسكوربيك في 25 سم^3 ماء مقطر ويجب تحضير هذا المحلول يومياً وفي أثناء عمل التجربة فقط ولا يخزن لليوم التالي.

- **طريقة التجربة:**

باستخدام جهاز التحليل الطيفي للعناصر:

تعتمد عمليه قياس الفوسفات في مياه الصرف الصحي علي مرحلتين:

المرحلة الاولي: الهضم المرحلة الثانية: القياس

المرحلة الاولي (الهضم)

1. يتم اضافة 50 مل من العينة الي كاس ثم يضاف نقطة من كاشف الفينول فيثالين في حالة ظهور لون وردي يتم اضافة نقط من محلول الكبرتيك (اضافة 300 مل من حمض الكبرتيك الي 1 لتر ماء مقطر) لإزالة اللون الوردي.
2. يتم اضافة 1 مل من محلول الكبريتك
3. يتم هضم العينة عن طرق الغليان تحت جهاز شفط الغازات إلى أن يصل الحجم الكلى إلى 10مل.
4. تبرد العينة ويضاف اليها 20 مل ماء مقطر.
5. يضاف نقطة من كاشف الفينول فيثالين ثم محلول هيدروكسيد صوديوم قوته 1عيارى (بأذبة 40 جرام هيدروكسيد صوديوم في 1 لتر ماء مقطر) إلى أن يظهر اللون الوردي الفاتح.
6. يتم اضافة نقطة من محلول: ($HCl+ H_2SO_4$) وذلك بإضافة 500 مل من حامض الهيروكلوريك الي 500 مل من حامض الكبربيتك لإزالة اللون الوردي الفاتح
7. يتم تخفيف الحجم الي 100مل ماء مقطر في قارورة عيارية 100 مل
8. يتم اضافة 0.20 جرام من الكربون النشط لإزالة الالوان المتداخلة
9. يتم ترشيح المحلول.

المرحلة الثانية (القراءة)

1. محلول القراءة (محلول أ : ذوبان 25 جرام مولبيدات الامنيوم في 300 مل ماء مقطر)
2. (محلول ب: ذوبان 1.25 جرام من ميتا فينادات الامنيوم في 300 مل ماء مقطر مع التسخين لدرجة الغليان والتبريد مع اضافة 330 مل حمض الهيدروكلوريك المركز ثم التبريد عند درجة حرارة الغرفة)
3. يتم خلط محلول أ مع ب وتخفيف الي 1000 مل ماء مقطر في قارورة عيارية 1000 مل
4. نأخذ 35 مل من الراشح ثم اضافة 10 مل من محلول القراءة والتخفيف الي 50 مل في قارورة عيارية 50 مل

5. قم بتشغيل جهاز التحليل الطيفي.
6. اختار طريقة قياس الفوسفات من القائمة.
7. اضبط الطول الموجى عند 470.
8. قم بقياس العينات.
9. اطبع نتائج تحاليل العينات.

إعداد الرسم البياني للمعايرة (استخدام جهاز الامتصاص الطيفي):

- يحضر محلول قياسي من بوتاسيوم ثنائي الهيدروجين KH_2PO_4 بإذابة 1.4315جم في واحد لتر ماء مقطر.
- :. كمية الفوسفات PO_4 في المحلول السابق 1000 ملليجرام /لتر.

- **تحضير المحلول المخفف من المحلول السابق:**

- خذ 5 سم^3 من المحلول السابق ثم خففه إلى 250 سم٣ ماء فقط في دورق عياري سعته 250 سم٣.
- :. كمية الفوسفات PO_4 في هذا المحلول الأخير 20 ملليجرام / لتر.
- :. كل واحد ملليلتر منه يكافئ 20 ميكروجرام PO_4.

- **إعداد محاليل قياسية ذات تركيزات مختلفة من المحلول الأخير وهي كالتالي:**

- جميع التركيزات في مخابير سعه 25 سم^3 وتكون التركيزات هي:
  - 0.5 سم^3 ليعطي 10 ميكروجرام.
  - 1 سم^3 ليعطي 20 ميكروجرام.
  - 2 سم^3 ليعطي 40 ميكروجرام.
  - ٣ سم^3 ليعطي 60 ميكروجرام.
  - 4 سم^3 ليعطي 80 ميكروجرام.

19. حجم الحمأة Sludge Volume (SV_{30})

- **الغرض من التجربة:**

تستخدم هذه التجربة في متابعة عملية المعالجة البيولوجية لمياه الصرف داخل المحطات، فمثلا لنظام الحمأة النشطة يستخدم حجم الحمأة المترسبة بعد 30 دقيقه أو النسبة بين حجم الحمأة المترسب بعد 15 دقيقه وبعد 30 دقيقه في تحديد معدل تدفق الحمأة الراجعة لأحواض التهوية وأيضاً تحديد متى يتم نزح هذه الحمأة.

- **الأدوات المطلوبة:**

1. عمود الترسيب: يستخدم مخبار مدرج (سعة 1 لتر) مزود بنظام تقليب لا يزيد عن 4 لفه / دقيقه.
2. ساعة ايقاف.
3. مقياس للحرارة (ترمومتر).

- **طريقة التجربة:**

1. نحصل على متجانسه عن طريق رج العينة ثلاث مرات ثم نسحب منها حجم 1 لتر ونضعه في عمود الترسيب.
2. بعد وضع العينة في عمود الترسيب نبدأ نظام التقليب بحيث لا يتعدى 4 لفه / دقيقه، ثم نبدأ بتشغيل ساعة الايقاف وملاحظة الحجم المترسب من الحمأة بعد اكثر من وقت مثلا بعد (5، 10، 15، 20، 45، 60) دقيقه.
3. نسجل حجم الحمأة المترسبة بالمليلتر.

- **ملحوظه هامه:**

التغيير في (طريقة جمع العينة، الوقت منذ جمع العينة حتى التحليل، درجة حرارة العينة، طريقة التقليب) يؤثر على دقة نتائج التجربة.

المراجع

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

➢ د/ سناء أحمد الإله	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالفيوم
➢ د/ شعبان محمد على	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالفيوم
➢ د/ حمدى عطيه مشالى	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالغربية
➢ د/ سعيد أحمد عباس	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالغربية
➢ د/ عبدالحفيظ السحيمى	شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى
➢ د/ مى صادق	شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى

حقوق الطبع محفوظة • الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة الصناع
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)