

أسس التحكم فى المعالجات الكيميائية لمياه الشرب باستخدام نتائج التحاليل الكيميائية

أولاً : الترويق باستخدام الشبة :

من المعروف أن المياه العكرة الموجودة بالأنهار تحتوى على كمية من الطمي والعوالق والمواد العضوية تختلف باختلاف مواسم العام . ويتم التخلص من هذه المواد باستخدام المروقات ، وفيها تتم عملية الترسيب عن طريق ما يسمى بالندف (Flocs) وهى ناتج تفاعل الشبة (كبريتات الألومنيوم $Al_2(SO_4)_3$) مع قلوية المياه المتمثلة فى أملاح الكربونات والبيكربونات الذائبة فى المياه . وتترسب هذه الندف إلى أسفل طبقاً لسرعة السريان فى الحوض وكذلك مدة المكث (Retention time) التى تعتمد على أبعاد الحوض من حيث المساحة السطحية والعمق .

وتوجد عدة أنظمة عالمية مختلفة للترويق ، إلا أنه بصفة

عامة يمكن تقسيم العملية إلى :

- عملية الترويب (Flocculation) .
- عملية الترسيب (Sedimentation) .

عملية الترويب :

وفيها يتم خلط الشبة بالماء خلطاً جيداً بطريقة منتظمة لبناء الندف المطلوب ترسيبها .
وتتراوح مدة المكث من ١٥ إلى ٤٠ دقيقة طبقاً لتصميم ونوع الحوض .

عملية الترسيب :

وفيه يتم ترسيب الجزء الأكبر من الطمي بنظام ميكانيكي أو نظام طبيعي عن طريق ميول مختلفة وتسمى نظام الجاذبية "Gravity System". كما أن هناك أنظمة أخرى للتخلص من الروبة "sludge" مثل نظام النبضات "Pulse" حيث يعمل على تجميع وتكوين الطمي ، ونظام إعادة جزء من الندف عن طريق فرق المناسيب الهيدروكيليّة ذاتيا دون أي طاقة لرفع كفاءة الحوض "floatation" ويستخدم في المحطات التي تكون فيها العكارة منخفضة علي مدار العام بالنسبة للمياه ، وفيها يتم رفع الطمي إلي أعلى عن طريق حملها على وسادة هوائية من المحيط الدائري الخارجي إلى ما قبل المنتصف وتجميع المياه المروقة عن طريق قوة الطرد المركزي إلى أسفل .

وتوجد بعض الأنظمة الصناعية التي تساعد على زيادة المساحة السطحية للحوض تسمى "Tube settler" وهي مجموعة أنابيب متراصة وموضوعة بطريقة مائلة وذلك لزيادة تصرف المروقات بواسطة زيادة المساحة السطحية للحوض .

العوامل التي تؤثر على عملية الترسيب :

• حجم وشكل الجسيمات العالقة بالمياه وطريقة توزيعها : فكلما

كانت دقيقة احتاج الأمر لكميات من المادة المروبة أكبر .

• كثافة الجسيمات العالقة بالمياه : فكلما زادت كثافتها كلما سهل

ترسيبها.

• درجة قلوية المياه وحموضتها : فهناك مروبات تعطي نتائج جيدة

عند استعمالها إذا كانت المياه تميل إلى القلوية ومروبات أخرى

تعطي نتائج جيدة إذا كانت المياه تميل إلى الحموضة .

- التركيب المعدني وكمية الأملاح الموجودة بالماء .
 - الرقم الهيدروجيني : يؤثر على سرعة ظهور الندف في المياه .
 - درجة الحرارة : تزداد سرعة الأنابيب بارتفاع درجة حرارة المياه ،
- بينما يصعب تكون الندف عندما تزيد درجة الحرارة مما يضطرنا إلى زيادة كميات الكيماويات المروبة في الصيف عنها في الشتاء .

الخواص الهيدروليكية لحوض الترسيب :

يلاحظ صعوبة ترويب المياه النقية نوعاً وذلك لعدم وجود ذرات رفيعة "Nucleii" في المياه تعمل كنواة تتجمع عليها الندف . ولذلك نلجأ في معظم الأحوال إلى إضافة طمي دقيق يسمى بنتونيت "Pentonite" بنسب مختلفة هذا الطمي يعمل كنواة تتجمع حولها الندف .

ويوجد نوعان من المروقات (أحواض الترسيب) :

١- أحواض مستطيلة :

ويكون اتجاه سريان المياه فيها واحد بطول الحوض .

٢- أحواض دائرية :

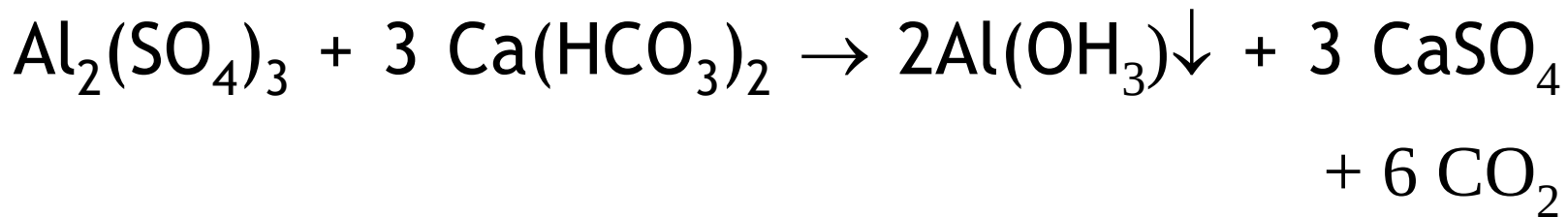
ويكون اتجاه سريان المياه قطعياً من المركز إلى الخارج .

• الشب الأسود :

وهو مسحوق الشبة العادي مضافاً إليه نسبة حوالي ٥٠% من مسحوق الكربون المنشط (Activated carbon) مما يساعد على إزالة الروائح والطعم من المياه كما يسبب توفيراً في كمية الشبة المستعملة .

كبريتات الألومنيوم (الشبة) :

تعتبر كبريتات الألومنيوم ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) هي الشائعة الاستخدام في محطات تنقية المياه وتكون صلبة أو على هيئة مسحوق أو تكون سائلة بتركيزات مختلفة وهي أكثر البدائل مناسبة من الناحية العملية ، حيث أنها قليلة الآثار الجانبية ورخيصة الثمن وهي مادة طبيعية ١٠٠% تستخرج من المناجم ، ويمكن تصنيعها كيميائياً بسهولة ويمكن استيرادها.



وتوجد بعض المواد المساعدة في عملية الترويب وهى :

١. السيليكا المنشطة "Activated silica" (سيليكا مع كلور أو حمض كبريتيك أو ثاني أكسيد الكربون) .
٢. المواد العضوية الصناعية المعروفة باسم البولي الكتروليت (Polyelectrolyte) .
٣. الطمي (Clay) ، الكاولين (Kaolin) .
٤. المواد المنتجة للقلوية (Producing alkalinity agent) مثل أكسيد الكالسيوم (الجير أو الجير الحي) " CaO " ، هيدروكسيد الكالسيوم (الجير المطفأ) " Ca(OH)_2 " ، كربونات الصوديوم (رماد الصودا) (Na_2CO_3) .

الاختبارات التى يتم إجراؤها على المياه العكرة للوقوف على نوعية المياه :

يتم إجراء عدة اختبارات على المياه العكرة للوقوف على معرفة نوعية المياه ومعرفة العوامل المختلفة التى تؤثر على كمية المواد المروبة الواجب إضافتها ، ومن هذه الاختبارات :

- درجة الحرارة .
- الرقم الهيدروجيني (pH) .
- اختبار الشفافية (Clarity) .

- اختبار قياس العكارة (Turbidity) .
- نسبة المواد الصلبة الكلية الذائبة فى الماء (T.D.S.) .
- المواد العالقة (S.S.) .
- التوصيل الكهربى (Conductivity) .
- اختبار القلوية (مقدرة ككربونات كالسيوم) "Alkalinity" .
- وتدون هذه النتائج قبل إجراء اختبار قياس الجرعة (Jar test) .

اختبار قياس الجرعة (اختبار الكأس) :

وهو يعد نموذج مصغر لعمل المروقات وهو جهاز يتكون من عدد من الكؤوس سعة لتر أو لترين . ويكون كل كأس مربع أو دائري الشكل ويزود الجهاز بقلابات مصنوعة من الاستانلس ستيل ذات سرعات تبدأ من (صفر - ٣٠٠ لفة/دقيقة) قابلة للتحكم ، ومزود بعداد سرعة للقلابات وموقف زمني من (صفر - ٦٠ دقيقة) . وتبدأ عملية المزج السريع لتقليب الشبة بجرعاتها المختلفة وذلك بضبط عداد السرعة على ٣٠٠ لفة/دقيقة لمدة دقيقة ثم تبدأ عملية الترويب بخفض السرعة إلى (٦٠-٨٠ لفة/دقيقة) لمدة ١٥ دقيقة ، أو ٢٠ لفة/دقيقة لمدة عشرون دقيقة

وتسجل نتائج التجربة في كل كأس وذلك
بحساب الآتي :

درجة العكارة – الرقم الهيدروجيني – اللون
(للطبقة العليا) – خواص الرواسب طبقاً
للجدول

نموذج تسجيل نتائج اختبار جرعة

العينة : الرقم الهيدروجيني : اللون :
 العكارة : القلوية % :
 الكيماويات المستعملة :

.....

 التقلب السريع : لفة/دقيقة : ثانية التقلب البطئ
 لفة/دقيقة دقيقة درجة الحرارة
 ملاحظات :

رقم العينة	الكيماويات	ملج/لتر	الكيماويات	ملجم/لتر	الكيماويات	تحليل الطبقة العليا		
						الرقم الهيدروجيني	اللون	العكارة
١								
٢								
٣								
٤								

خواص الترسيب				
الزمن بالدقيقة	العينة			
	١	٢	٣	٤
٥				
١٥				
٢٠				

خواص الرواسب (الحجم - النوع)				
الزمن بالدقيقة	العينة			
	١	٢	٣	٤
٥				
١٠				
١٥				

أحواض المزج :

يتم فيها مزج المياه العكرة مع المادة المروبة مزجاً تاماً وتسمى أحواض التخفيف .

وقد صممت الطلمبات وأجهزة تدفق الشبة (Flowmeter) على أن يكون تركيز المحلول ١٠ % .

وتختلف أحواض المزج وحجمها حسب التصميمات المختلفة .

نسبة المواد الفعالة (أكسيد الألمونيوم) فى الشبة :

• الشبة ذات التركيب الكيميائي $(Al_2(SO_4)_3 \cdot 17 H_2O)$ يكون التركيز ١٦ % .

• أما الشبة ذات التركيب الكيميائي $(Al_2(SO_4)_3 \cdot 14 H_2O)$ يكون التركيز ١٧ % .

• الشبة السائلة ذات التركيز ٥٠ % يكون التركيز من ٨-٨.٥ % .

كيفية إضافة محلول الشبة بعد حساب الجرعة المطلوبة :

تتم عملية الحقن فى بيارة التوزيع ويتم إضافتها مع الكلور المبدئي وتتم من خلال حوض التخفيف (١٠%) بطلمبات إلى المياه العكرة فى البيارة .

ويتم أخذ عينات للتحليل من خروج المروقات كل ساعتين للوقوف على كفاءة المروق والتأكد من أن جرعات الشبة تصل بالكمية المطلوبة .

وتشمل هذه التحاليل :

- الرقم الهيدروجيني "pH" يجب أن تعطى قراءة أقل من المياه العكرة .
- الشفافية (water clarity) .
- القلوية (مقدرة ككربونات كالسيوم) : يجب أن تقل عن المياه العكرة .
- درجة العكارة : يجب أن تقل بنسبة تختلف باختلاف تصميم المروق .
- فبعض المروقات مصممة على تقليل العكارة بنسبة ٧٥% ، أى إذا كانت عكارة التربة (المياه العكرة) مثلاً ١٦ (بوحدة N.T.U.) تظهر نتائج خروج المروق بالنسبة للعكارة ٤ وحدات ، كحد أقصى مع انتظام معدل تدفق الشبة .

ثانياً: التطهير باستخدام الكلور :

يمكن إضافة الكلور إلى الماء في أكثر من موقع في محطة التنقية تبعاً لحالة كل محطة وكذلك تبعاً لصفات الماء المعالج في كل حالة وتبعاً لتجارب وخبرات المشرفين على التشغيل .

١- الحقن قبل أحواض الترسيب أو المرشحات :

أى حقن الكلور قبل أحواض الترسيب أو قبل المرشحات
(Prechlorination)

وتتميز هذه الطريقة بالآتي :

- خفض تعداد البكتريا فى المياه قبل وصولها إلى المرشح مما يخفف الحمل البكتيري (Bacterial load) للمرشح .
- تطهير الرمل فى المرشح نظراً لمرور المياه بما فيها من كلور فى مسام الرمل أثناء عملية الترشيح .
- كفاءة عالية فى إزالة اللون فى الماء .
- نقص فى كمية الكمياويات المروبة إذا أضيف الكلور قبل أحواض الترويب .
- كفاءة عالية فى إزالة الطعم والرائحة من الماء .
- الحد من نمو الكائنات الحية الدقيقة فى داخل المرشح .

الحقن فى مدخل خزان المياه النقية :

يتم الحقن فى مدخل خزان المياه النقية (Post chlorination) بإضافة الكلور بعد المرشحات أو بعد الترسيب أى فى مدخل حوض المياه النقية .
وهذه الطريقة هى أكثر الطرق إتباعاً نظراً لبساطتها وسهولة تشغيلها وكفاءة فاعلية الكلور على البكتريا بسبب خلو الماء من أى عكارة .
وفى معظم المحطات يتم العمل بالطريقتين معاً لضمان كفاءة المياه بعد خروجها من المحطات وبعد توزيعها فى الشبكات .

إضافة الكلور فى أكثر من موقع :

وهذه الطريقة تُتبع إذا كانت المياه رائقة والتلوث البكتيري عالي نسبياً ، إذ يستحسن فى هذه الحالة إضافة الكلور فى أكثر من نقطة على مسار الماء فى محطة التنقية لضمان كفاءة عملية الكلورة . كما تستعمل هذه الطريقة إذا خزنت المياه المرشحة فى خزانات مكشوفة ، ففى مثل هذه الحالة يجب إضافة الكلور فى مخارج المياه من الخزانات المكشوفة بالرغم من سابق إضافة الكلور فى محطة التنقية .

إضافة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائد :

المقصود بإضافة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائد (Super chlorination followed by dechlorination) إضافة الكلور بجرعات زائدة عن المقرر قد تصل إلى اثنين أو ثلاثة جزء في المليون (زائدة عن المقرر) ، وبهذا يمكن الحصول على كفاءة وفاعلية عالية لعملية الكلورة بالإضافة إلى إبادة كميات كبيرة من المواد العضوية والطحالب التي قد تتواجد في الماء مسببة بعض الطعم والرائحة .

وهذه الطريقة تتميز بالميزات الآتية :

- كفاءة وفاعلية عالية لتأثير الكلور على البكتريا .
- أكسدة الكلور للمواد العضوية التي قد تتواجد فى الماء .
- الحد من الرائحة والطعم التي قد توجد فى الماء .
- إبادة الكائنات الحية الدقيقة التي تقاوم الجرعات العادية للكلور على أن يلزم إزالة الكلور الزائد بعد التأكد من تمام قتل الكلور للبكتريا ، وذلك للحد من طعم ورائحة الكلور النفاذة فى المياه .

المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

جرعة الكلور :

تعرف جرعة الكلور بأنها كمية الكلور المضاف للماء .

الجرعة = الكلور المستهلك + الكلور المتبقى

الكلور المستهلك :

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

$$\text{الكلور المستهلك} = \text{الجرعة} - \text{الكلور المتبقى}$$

ومن الضرورة إضافة جرعات كافية من الكلور لتعويض الكميات التى تستهلك منه بواسطة المواد العضوية الأخرى ، الحديد ، الهيدروجين ، الكبريتيد ، المنجنيز ، النترات ، والأمونيا .

إذ أنه لابد من تلبية كل الاحتياجات المطلوبة للاستهلاك من الكلور قبل الحصول على كلور حر متبقى .

الكلور المتبقي :

هناك نوعان من الكلور المتبقي :

١- الكلور المتبقي المتحد :

وينتج عن إضافة قدر الكلور الذي يكفي فقط للاتحاد مع الأمونيا .
وبرغم أن تلك البقايا المتحدة تحمل قدرات أكسدة تفوق قدرة الكلور الحر إلا أن فعاليتها كمادة مطهرة تقل عن فاعلية الكلور الحر .

وللحصول على الكلور المبتقي المتحد لا يضاف إلى الماء إلا قدر الكلور الذي يكفي للاتحاد بالأمونيا الموجودة في الماء .

فإذا كان الماء يحتوى على قدر ضئيل من الأمونيا لا يكفي للاتحاد مع الكلور تتم إضافة الأمونيا أيضاً في الماء .

ولكن معظم المياه العكرة تحتوى على الأمونيا نتيجة التلوث وتحلل النباتات فيها .

٢- الكلور المتبقي الحر :

وينتج عن إضافة الكلور إلى الماء بالقدر الذي يكفي لاستهلاك الأمونيا وللحصول على كلور حر متبقي يتم إضافة الكلور للماء بالقدر الذي يكفي للقضاء على الأمونيا الموجودة في الماء .
وصوره (Cl_2 , HOCl & OCl^-) .

إضافة الكلور مع تجاوز نقطة التكسير :

عندما توجد المواد العضوية فى الماء على هيئة مركبات الأمونيا فإن الكلور المتبقى يتواجد على هيئة كلور حر أو كلور متحد مع الأمونيا مكوناً "الكلورامين" .

فإذا رسمنا المنحنى البياني الموضح فى الشكل رقم (٦) للعلاقة بين جرعة الكلور والكلور المتبقى نجد أن الكلور المتبقى يأخذ فى الازدياد مع زيادة جرعة الكلور ابتداء من النقطة (أ) حتى النقطة (ب) على المنحنى ، ثم يأخذ فى الهبوط حتى النقطة (ج) ، ثم يأخذ ثانياً فى الارتفاع .

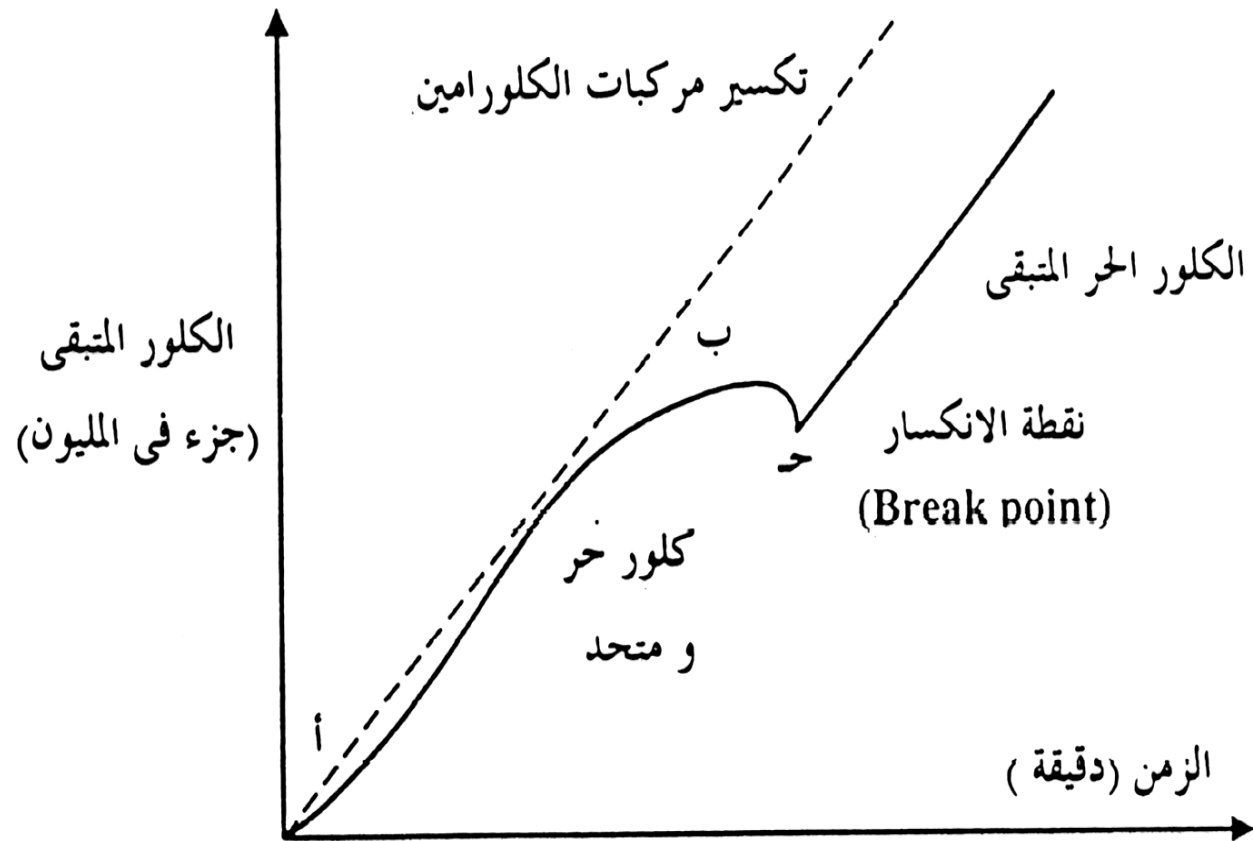
وتفسر هذه الظاهرة بأنه فيما بين النقطة (أ) ، النقطة (ب) يوجد الكلور المتبقي على شكل كلور حر وكلور متحد فى نفس الوقت . فإذا زادت جرعة الكلور عن النقطة (ب) تكسرت مركبات الكلورأمين ، ومن ثم لا تظهر عند تعيين كمية الكلور المتبقي . ويستمر ذلك حتى النقطة (ج) التى يتم عندها تكسير جميع مركبات الكلورأمين ولا يبقى متواجداً فى الماء إلا الكلور المتبقي الحر .

ولذلك تسمى نقطة التكسير ثم يأخذ الكلور المتبقي فى الازدياد .
وابتداءً من هذه النقطة يكون الكلور المتبقي حراً وليس متحداً .

وطريقة إضافة الكلور إلى الماء بجرعات تكفي الوصول إلى ما بعد
النقطة (ج) على المنحنى .

أى إضافة الكلور حتى ما بعد النقطة التى تتكسر فيها جميع
الكلورامينات ، كما أنها تسمى أحياناً (Free residual
chlorine) .

وتتميز هذه الطريقة بأنها تعطى نتائج عالية فى القضاء على البكتريا
والحد من الطعم والرائحة فى المياه .



إلا أن تطبيقها ليس سهلاً أو متشابهاً في جميع الحالات نظراً لاختلاف تركيز المواد العضوية في المياه من المصادر المختلفة ، وحتى في مياه المصدر الواحد يتغير تركيز المواد العضوية في المياه من يوم لآخر على مدار السنة . لهذا يجب عمل تجارب لتقدير جرعة الكلور في كل حالة على حدة ، بل من وقت لآخر لمياه تؤخذ من مصدر واحد .

تتوقف فاعلية الكلور فى قتل البكتريا على العوامل الآتية :

• **الرقم الهيدروجيني :** فالماء ذو الرقم الهيدروجيني المنخفض يلزمه جرعات كلور أصغر من الماء ذو الرقم الهيدروجيني المرتفع للحصول على نفس كفاءة التطهير .

• **درجة الحرارة :** تقل جرعة الكلور بارتفاع درجة الحرارة للحصول على نفس كفاءة التطهير .

•مدة التفاعل بين الكلور والمياه (Time of contact) :

إذ تزيد فاعلية الكلور كلما طال هذا الزمن . ونظراً لاختلاف مقاومة البكتريا المختلفة لتأثير الكلور عليها ، فقد وجد أنه يجب أن تمر ثلاثون دقيقة بعد إضافة الكلور قبل استعمال المياه .

•قلوية وحامضية المياه (Alkalinity & acidity) : وتقل فاعلية

الكلور بزيادة قلوية المياه ولذلك يلزم جرعات كلور عالية كلما ارتفعت قلوية المياه .

• وجود المركبات الآزوتية فى المياه (Nitrogeaneous compounds) : خاصة الأمونيا حيث يسبب تواجد هذه المركبات فى الماء إضعافاً لفاعلية الكلور فى قتل البكتريا . ولذا يلزم إضافة جرعات أكبر أو إطالة وقت التفاعل بين الكلور والماء .

• وجود مركبات الحديد والمنجنيز :
وهذه المواد تحد من فاعلية الكلور فى قتل البكتريا .

• نوع وعدد البكتريا المراد القضاء عليها :
إذا أن لكل ميكروب مقاومة معينة لفعل الكلور ، ولذا يلزم اختبار الماء لمعرفة أنواع الميكروبات التى يراد قتلها بالكلور .
كما أن العدد البكترى فى الماء له تأثير على جرعة الكلور الواجب إضافتها ، فكلما زاد العدد زادت الجرعة .

• **عكارة المياه :** كلما العكارة زادت جرعة الكلور اللازمة ، إذ أن الميكروبات قد تحتوى بالمواد المسببة للعكارة من تأثير الكلور .

• **طريقة إضافة الكلور :** فالكلور يمكن إضافته على هيئة غاز أو مسحوق لأحد مركباته . ولقد وجد أن إضافته كغاز أكثر فاعلية من إضافته كمحلول ، وإضافته كمحلول أكثر فاعلية من إضافته كمسحوق .

• **جرعة الكلور (Chlorine dose) :** وبديهي أن فاعلية الكلور فى القضاء على البكتريا تزيد بازدياد جرعة الكلور المضاف إلى الماء .

اختبارات جرعات الكلور :

لتنفيذ اختبارات جرعات الكلور يلزم أولاً معرفة قوة تركيز محلول الكلور (Estimation of strength of chlorine dosing solution)

١- الأجهزة :

سحاحة ٥٠ مللى لتر بالماسك - مخبر مدرج ١٠٠ مللى لتر -
ماصة مدرجة سعة ١ مللى لتر - كأس أرلنمير سعة ٢٥ مللى لتر .

٢- المحاليل :

محلول النشا ١% - ماء مقطر - ثيوكبريتات الصوديوم N/40 -
حمض كبريتيك مركز - يوديد بوتاسيوم (بللورات أو مسحوق) .

الطريقة :

- تملأ السحاحة حتى العلامة بمحلول ثيوكبريتات الصوديوم N/40
- نضع فى الدورق ١ جم يوديد البوتاسيوم ويضاف إليها بواسطة المخبر المدرج ١٠-١١ مللى لتر من الماء المقطر ويقلب حتى الذوبان .
- ثم يضاف ٢ مللى لتر حمض الكبريتيك بحذر .
- يضاف ٢٥ مللى لتر من محلول الكلور المخفف المراد تعيين قوة تركيزه بعد رجه .

- يتكون اللون البني المحمر ويتم عمل معايرة باستخدام محلول ثيوكبريتات الصوديوم نقطة بنقطة مع التقلب المستمر حتى يظهر اللون الأصفر الباهت ، ثم يضاف ٢ مللى لتر من محلول النشا ككاشف ويعطى لوناً أزرق .
- تستمر المعايرة حتى اختفاء اللون وتسجل قراءة السحاحة .
- نسحب قوة المحلول (مجم/لتر) = القراءة الناتجة $\times 3545$.

ملحوظة هامة :

لا بد أن تكون قوة تركيز المحلول ما بين ٠.٩ - إلى ١.١ مللجم/ مللي لتر حتى تكون مقبولة ، أى لا بد أن تعطى قراءة سحاحة الثيوكبريتات ما بين (٢٥.٥ إلى ٣١ مللي لتر) .

قياس جرعة الكلور الواجب إضافتها إلى المياه

الأجهزة :

نفس الأجهزة فى التجربة السابقة مع زيادة الدوارق إلى ستة وبرطمان بغطاء مسنفر بني اللون .

المحاليل :

حمض خليك ثلجي ، محلول قياسي مع ثيوكبريتات الصوديوم ٠.١ ع ، بلورات يوديد البوتاسيوم ، محلول نشا ١% ، محلول قياسي من الكلور .

الغرض من الاختبار :

هو إضافة الكلور إلى مصدر المياه للتأكد من مطابقتها من الناحية البكتريولوجية أو لتحسين الخواص الطبيعية والكيميائية للمياه .
تعتبر هذه الطريقة مناسبة لتعيين كمية الكلور المطلوبة لإنتاج كلور متبقي فى مصدر المياه للحصول على غير ملوثة إلى حد ما .

يمكن تحضير محلول الكلور من محلول الغسيل كلوراكس ٥% (٥٠.٠٠٠ مللجم/لتر) وذلك بإضافة ٢٠ مللي لتر من هذا المحلول ويكمل بالماء المقطر إلى ١٠٠ مللي لتر . وتحفظ في زجاجة بنية بغطاء في الثلاجة ويمكن استعمالها لمدة شهر . وتمثل كل نقطة من الماصة (٠.١ مللي لتر) حوالي ١ مللجم/لتر من الكلور عندما تضاف إلى ٥٠٠ مللي لتر من عينة المياه .

- باستخدام مخبار مدرج نضيف ٥٠٠ مللى لتر من العينة فى زجاجات أو دوارق يتراوح عددها من ٦ إلى ١٠ ونجعل درجة الحرارة مساوية لدرجة حرارة العينات وقت أخذها من مكانها الأصلي .
- نضيف الكميات الموضحة فى الجدول من محلول الكلور القياسي لكل دورق على حدة .

جدول جرعات محلول الكلور القياس التى تضاف لكل دورق فى التجربة

٤٠	٣٤	٣٠	٢٤	٢٠	١٦	٨	٤	الجرعة القياسية للكلور (عدد النقط) (Drops of dilute dosing solution)
٤	٣.٤	٣	٢.٤	٢	١.٦	٠.٨	٠.٤	جرعة الكلور (مللجم/لتر)

نقلب كل دورق على حدة ويترك عند نفس درجة الحرارة لمدة نصف ساعة أو ساعة أو ساعتين (وقت التلامس) في الظلام .

• بعد انتهاء فترة التلامس التي يتم اختيارها نقلب كل دورق ونعين الكلور المتبقي الكلي المتاح (Total available residual chlorine)

بإحدى الطريقتين الآتيتين :

أ- استخدام محلول ثيوكبريتات الصوديوم ($N/4$) :

- يضاف للدورق ١ جم من بلورات يوديد البوتاسيوم ويعاير اليود المنطلق باستخدام محلول ثيوكبريتات الصوديوم $N/4$ حتى ظهور اللون الأصفر الباهت ثم يضاف كاشف محلول النشا وتتم المعايرة حتى نقطة النهاية E.P. وهى أول نقطة تجعل المحلول عديم اللون (Colorless) .
- تتم هذه العملية لكل دورق على حدة وتسجل نتائج القراءات كما هو موضح فى الجدول .

قراءة السحاحة (مل)	كمية الكلور الفعلية (مللجم/لتر)	عدد نقاط محلول الكلور القياسي	زمن التلامس

جدول تسجيل نتائج القراءات

باستخدام المعادلة الآتية يتم حساب الكلور المتبقي :

قراءة السحاحة (عدد مليلترات من ثيوكبريتات الصوديوم) $\times$ تركيز قوة المحلول

عدد مليلترات من العينة

ثم ترسم علاقة بين الجرعة المضافة والكلور المتبقي ومن خلالها يتم تحديد الجرعة المطلوبة .

مثال :

باستخدام محلول تركيزه (٠.٩ مللجم/ملي لتر) من الكلور القياسي أمكن الحصول على النتائج الموضحة في الجدول ، والمطلوب حساب كمية الكلور الواجب إضافتها للمياه لتعطي نتائج بكتريولوجية مرضية .

جدول

النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام محلول تركيزه ٠.٩ مللجم/ملي لتر

رقم الدورق	كمية محلول الكلور تركيز ٠.٩ مللجم/ملي لتر	جرعة الكلور المكافئة (مللجم)	زمن التلامس	قراءة الثيوكبريتات N/4	كمية العينة	الكلور المتبقي
١	١.١ ملي لتر	١ ملي لتر	٢٠ دقيقة	٠.١ ملي لتر	٢٥٠ ملي لتر	
٢	٢.٢ ملي لتر	٢ ملي لتر	٢٠ دقيقة	٠.٢ ملي لتر	٢٥٠ ملي لتر	
٣	٣.٣ ملي لتر	٣ ملي لتر	٢٠ دقيقة	٠.٤ ملي لتر	٢٥٠ ملي لتر	
٤	٤.٤ ملي لتر	٤ ملي لتر	٢٠ دقيقة	٠.٥ ملي لتر	٢٥٠ ملي لتر	
٥	٥ ملي لتر	٥ ملي لتر	٢٠ دقيقة	٠.٨ ملي لتر	٢٥٠ ملي لتر	
٦	٦ ملي لتر	٦ ملي لتر	٢٠ دقيقة	١.١ ملي لتر	٢٥٠ ملي لتر	

يتم حساب الكلور المتبقي لكل دورق كالتالي :

$$\frac{1000 \times 0.9 \times 0.2}{250}$$

$$\frac{1000 \times 0.9 \times 0.1}{250}$$

كمية الكلور المتبقي في الدورق رقم ١ = ٠.٣٦ مللجم/لتر

كمية الكلور المتبقي في الدورق رقم ٢ = ٠.٧٢ مللجم/لتر

وبنفس الطريقة :

كمية الكلور المتبقي في الدورق رقم ٣ = ١.٤٤ مللجم/لتر

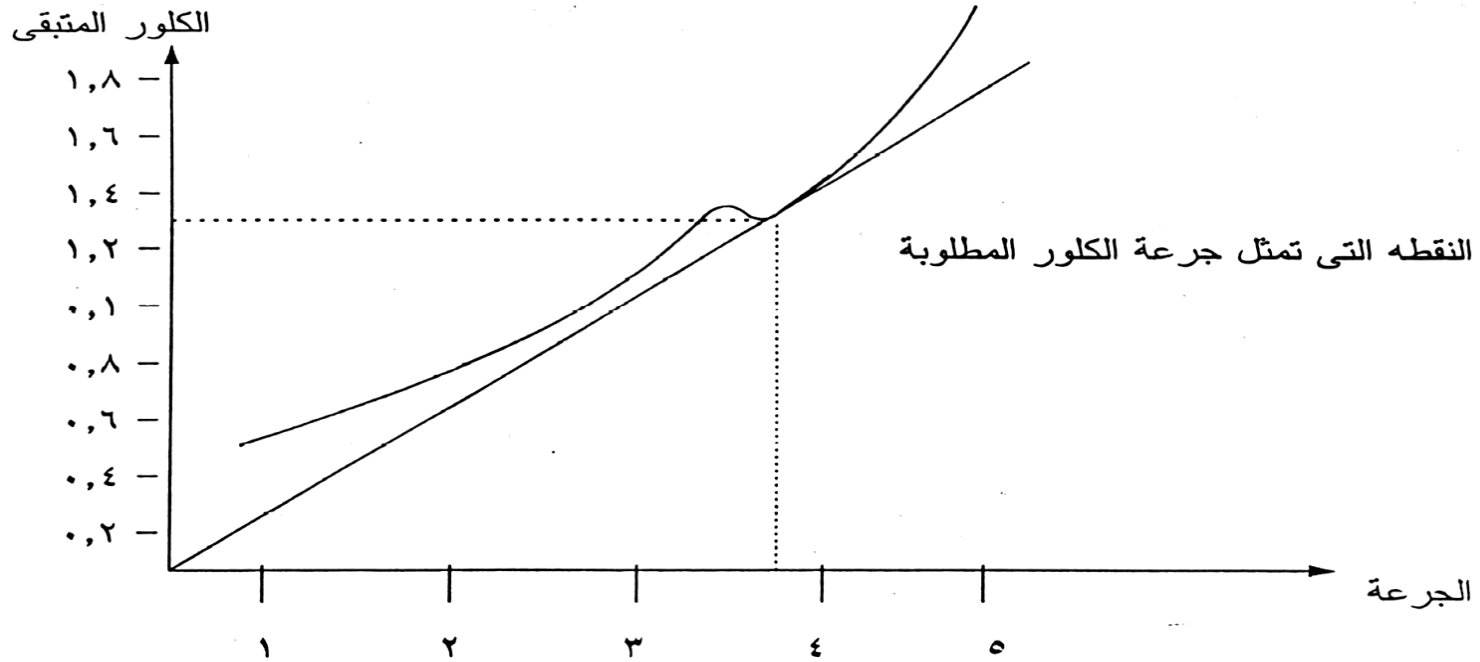
كمية الكلور المتبقي في الدورق رقم ٤ = ١.٨ مللجم/لتر

كمية الكلور المتبقي في الدورق رقم ٥ = ٢.٨٨ مللجم/لتر

كمية الكلور المتبقي في الدورق رقم ٦ = ٣.٩٦ مللجم/لتر

الجرعة	١.١	٢.٢	٣.٣	٤.٤	٥.٥	٦.٦
الكلور المتبقي	٠.٣٦	٠.٧٢	١.٤٤	١.٨	٢.٨٨	٣.٩٦

يوضح الشكل العلاقة بين جرعة الكلور المضافة وكمية الكلور المتبقي:



شكل

العلاقة بين جرعة الكلور المضافة وكمية الكلور المتبقي