

برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

البرنامج التدريبي كيميائي مياه

تكنولوجيا معالجة مياه الشرب
التعقيم



الهدف من الدورة

- الهدف من هذا الباب التعرف على :-
- التعرف علي
- عملية التعقيم والغرض منها
- طرق التعقيم والتطهير المختلفة
- المواد المستخدمة في عملية التطهير وخصائصها
- العوامل التي تؤثر على عملية التطهير

- خصائص الكلور وأسباب استخدامه في محطات المياه .
- نظام الكلور كاملا داخل محطات الهيئة .
- التعرف علي كيفية تحديد جرعة الكلور .
- التعرف على أوجه القصور في التشغيل التي تؤدي إلى زيادة معدل تكوين نواتج التطهير الثانوية (التعرف علي أنواع أجهزة الكلور المستخدمة بالهيئة).
- حساب سعة تخزين اسطوانات الكلور والأجهزة .

The Final Surface Water Treatment Rule (SWTR) (U.S.EPA)

تتص جميع معايير مياه الشرب الدولية والقومية على:

1- ضرورة تطهير مياه الشرب قبل التوزيع في الشبكات سواء مياه سطحية أو جوفية .

2- ولابد من التفرقة بين المفاهيم الآتية :

التعقيم (Sterilization) هو قتل أي صورة من صور الحياة كما يحدث في عمليات التعقيم باستخدام الأفران أو Autoclave وهو غير مطلوب في معالجة المياه .

**التطهير (Disinfection) هو قتل الجراثيم المسببة للأمراض
وهو المستخدم في معالجة المياه .**

التعقيم / التطهير Disinfection / Sterilization

يجب أن تكون مياه الشرب خالية تماما من الجراثيم المسببة
للأمراض وذلك من خلال عمليات التطهير

تتسبب الجراثيم الموجودة بالمياه في حدوث أمراض تتراوح
خطورتها بين الأمراض المتوسطة وتلك التي قد تؤدي الى الوفاة .



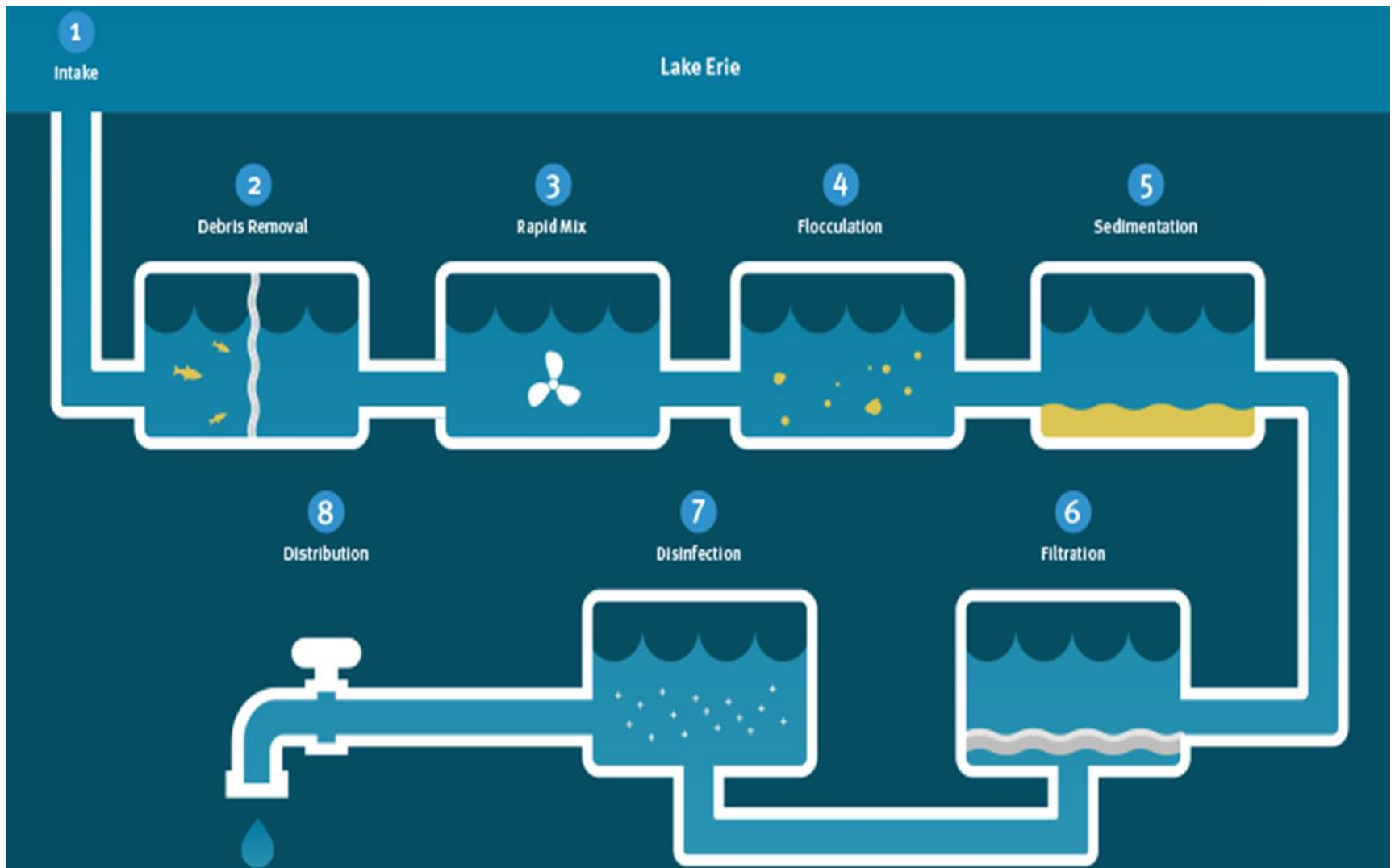
التطهير

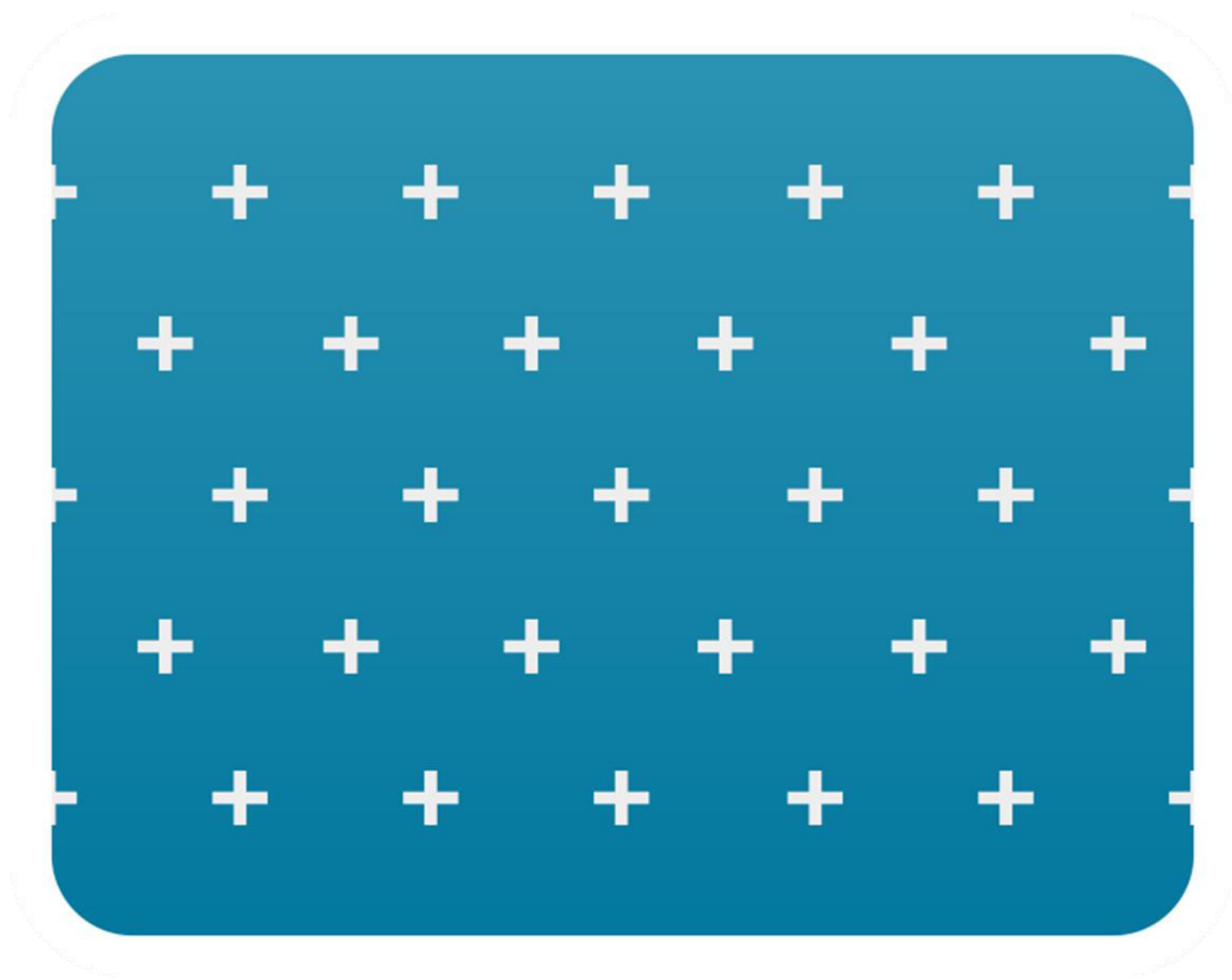
disinfection

الحاجة إلى التطهير

عادة ما تكون مصادر المياه ملوثة بالأمراض والتي يحملها الإنسان أو المتولدة منها.

ولذلك فقد ينشر مصدر مياه الشرب الأمراض للمجتمع كما يمكن للكائنات الممرضة الموجودة في المياه وعلى الأخص البكتيريا ذات الأصل المعوي (البكتيريا القولونية) أن تعيش لفترات طويلة.





يمكن عمل تحسين لنوعية المياه بعدة طرق

1- حماية وتحسين المصدر.

2- كما يستطيع المرشح الرملي البطيء إزالة 90% من نسب البكتريا.

3- في كل الأحوال حتي نستطيع التأكد بشكل مطلق من أن الكائنات المرضية المتولدة في الماء قد قضي عليها فمن الضروري استعمال المطهرات

مثل (الكلور والهيوكلوريت وبرمنجنات البوتاسيوم و.....)

الكائنات الموجودة في المياه

أنواع الكائنات الحية من حيث التأثير علي الصحة:

Pathogenic organisms are disease causing

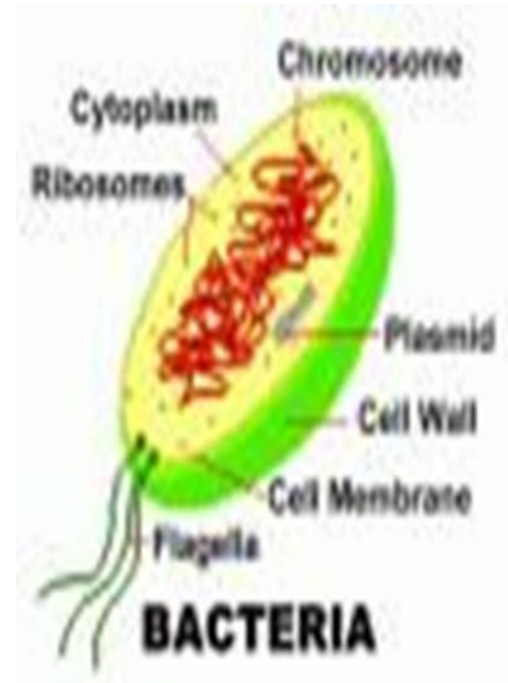
Non-pathogenic organisms are non-disease causing

أنواع الكائنات الممرضة :

Bacteria, Viruses, & Protozoa

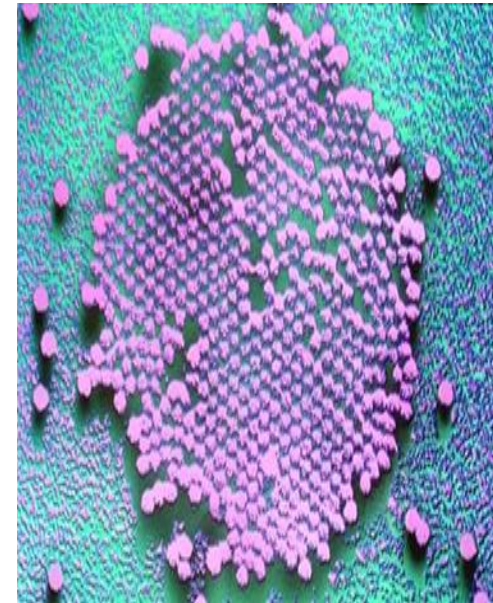
Bacteria

<u>Organism</u>	<u>Disease</u>	<u>Primary Source</u>
<u>Shigella</u>	Bacillary dysentery	Human Feces
Salmonella	Salmonellosis	Human/animal Feces
E. Coli	Gastroenteritis	Human Feces
<u>Vibrio Cholerae</u>	Cholera	Human Feces



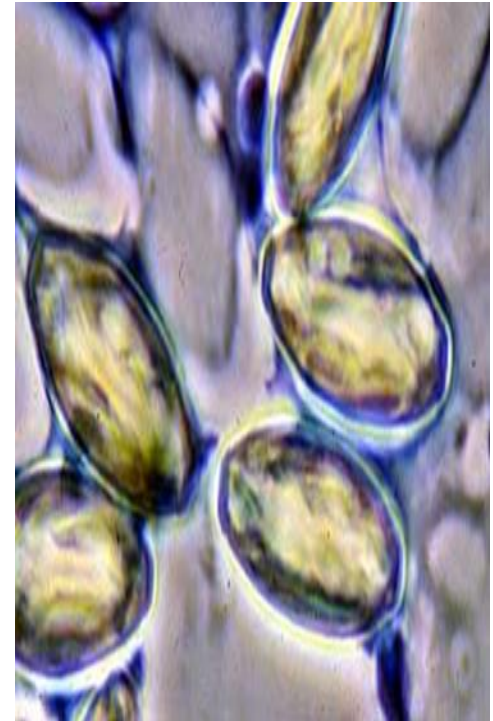
Viruses

<u>Organism</u>	<u>Disease</u>	<u>Primary Source</u>
Hepatitis A	Infectious Hepatitis	Human Feces
Coxsackievirus A&B	Aseptic meningitis	Human Feces
Rotavirus	Gastroenteritis	Human Feces
Adenoviruses	Upper respiratory & Gastrointestinal	Human Feces



Protozoans

Organism	Disease	Primary Source
Giardia lamblia	Giardiasis	Human/animal Feces
Cryptosporidium	Cryptosporidiosis	Human/animal Feces
Entamoeba histolytica	Amoebic dysentery	Human/animal Feces



طرق التطهير

فيزيائية

كيميائية

طرق التطهير الفيزيائية:

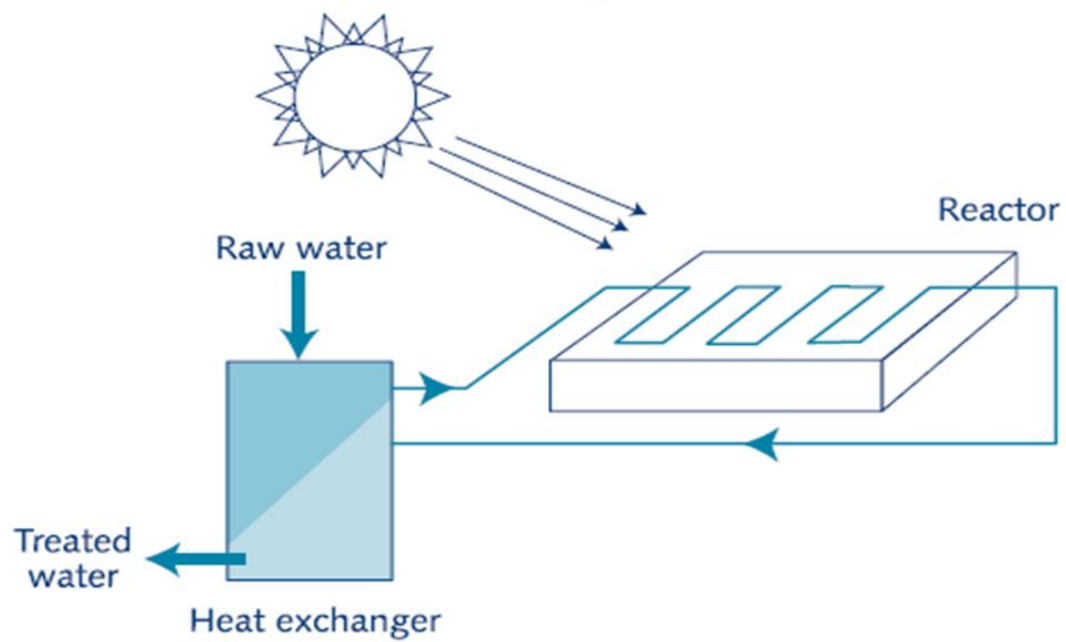
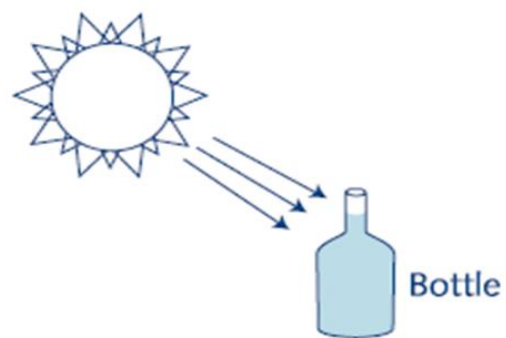
غلي المياه.

يستخدم هذا الأسلوب في بعض المناطق من العالم وهي مكلفة بالنسبة للمستخدم (الكثير من استهلاك الوقود). ولكن المستهلكون عادة لا يحبون طعم المياه مغلي وتستغرق المياه وقتا طويلا للتبريد. ومع ذلك، فهي طريقة فعالة جدا لعلاج منزلي، كما أنه يدمر الكائنات الدقيقة الممرضة مثل الفيروسات والبكتيريا، السركاريا، الحويصلات والبويضات.



الاشعة الشمسية

استخدام الطاقة الشمسية للتطهير تعمل على مبدأ مختلف عن الغليان. فهي تستخدم تقنية البسترة، والذي يقوم على أساس العلاقة بين الوقت / درجة الحرارة، لتدمير الجراثيم المسببة للأمراض التي قد تكون موجودة في المياه. فقد لوحظ أن التدفئة الماء فوق 62,8 درجة مئوية لمدة 30 دقيقة أو 71,7 درجة مئوية لمدة 15 ثانية كافية لإزالة بكتيريا التي تنتقل عن طريق المياه، والفيروسات المعوية من المياه الملوثة.



الاشعة فوق بنفسجية

آلية التطهير هو تأثير الموجات القصيرة علي (DNA) للكائنات الدقيقة والفيروسات، وقتلهم في وقت قصير جدا.

المعلومات الأكثر أهمية تحديد كفاءة التطهير هي:

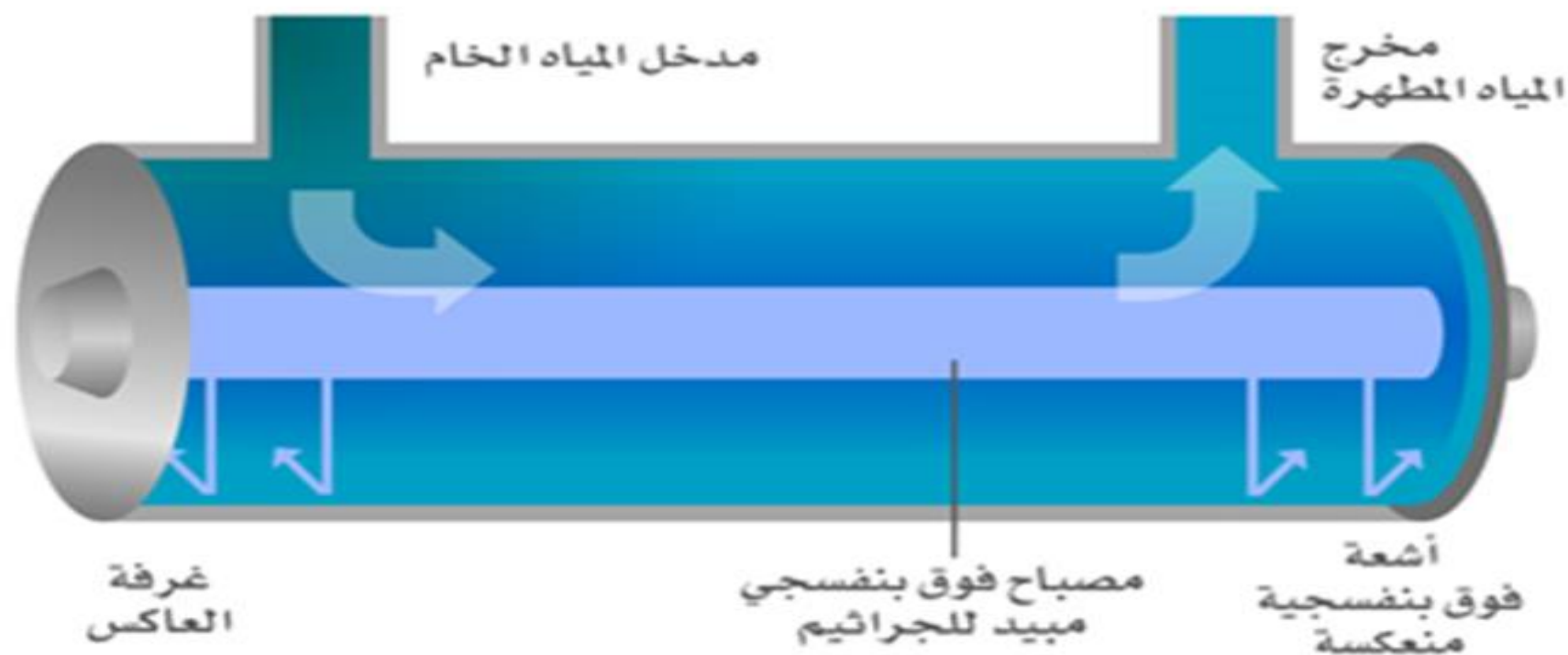
• طول الموجة

• حالة الماء

• شدة الإشعاع

• نوع الكائنات الدقيقة

الإشعاع فوق البنفسجي



الأشعة فوق بنفسجية

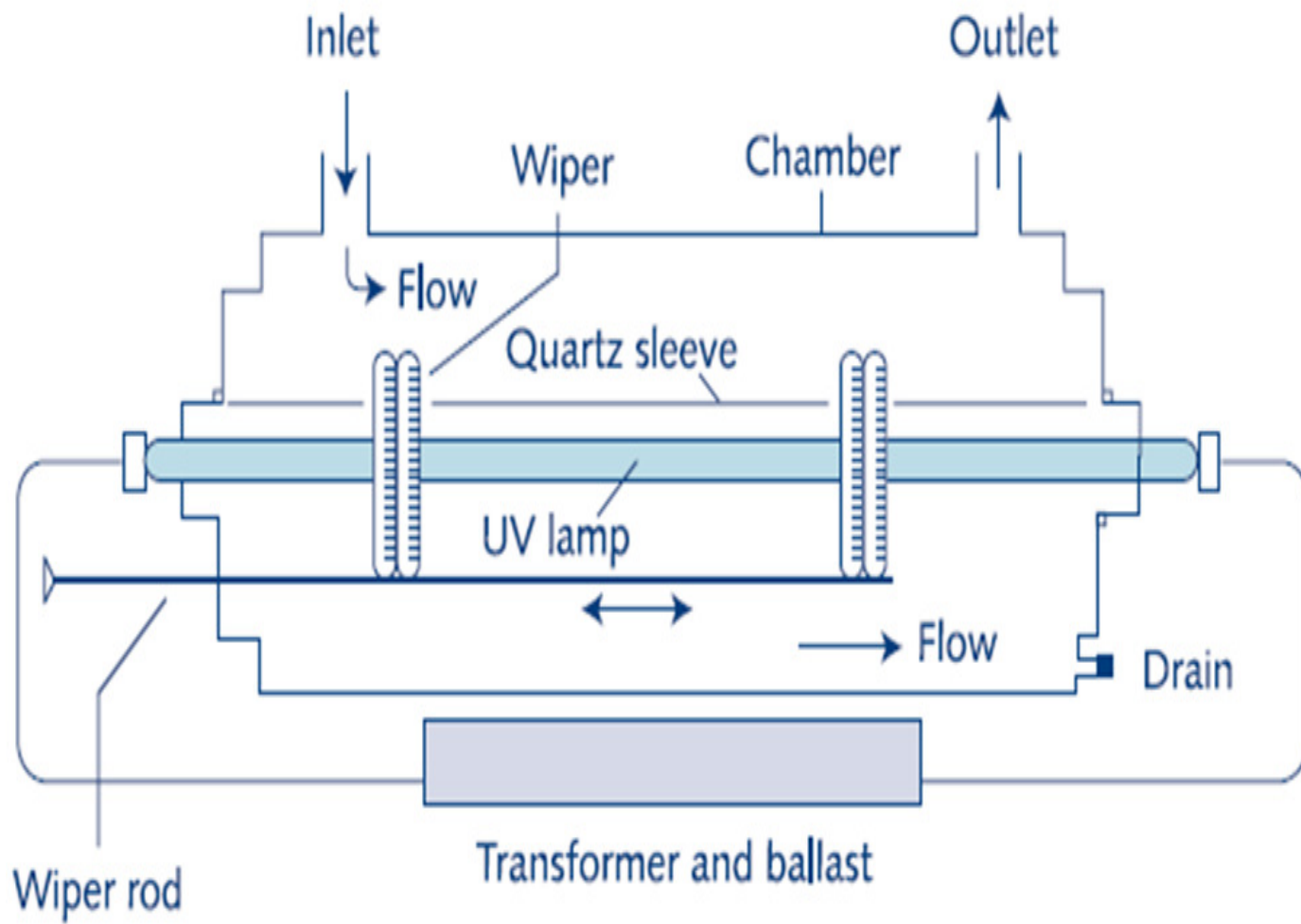
موجات الأشعة فوق البنفسجية تتراوح بين 100-400 نانومتر:

• الأشعة فوق البنفسجية 315 - 400 : A نانومتر

• الأشعة فوق البنفسجية 315 - 280 : B نانومتر

• الأشعة فوق البنفسجية 100 - 280 : C نانومتر

الجزء مبيد للجراثيم هي الأشعة فوق البنفسجية C



الأشعة فوق البنفسجية

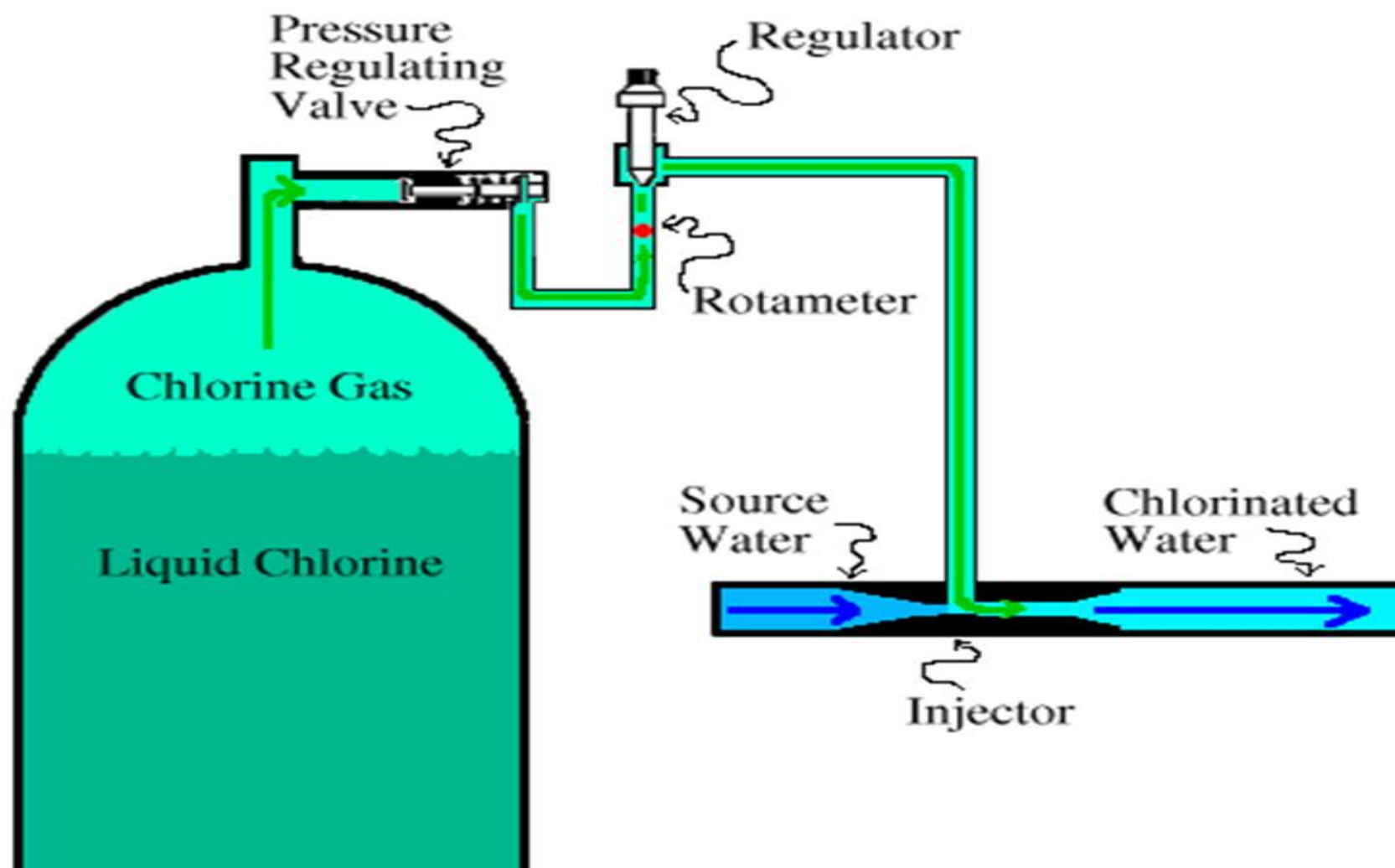


طرق التطهير الكيميائية:

- الكلور ومركباته
- البرمنجانات
- الازون
- اليود
- المعادن مثل النحاس والفضة وغيرها

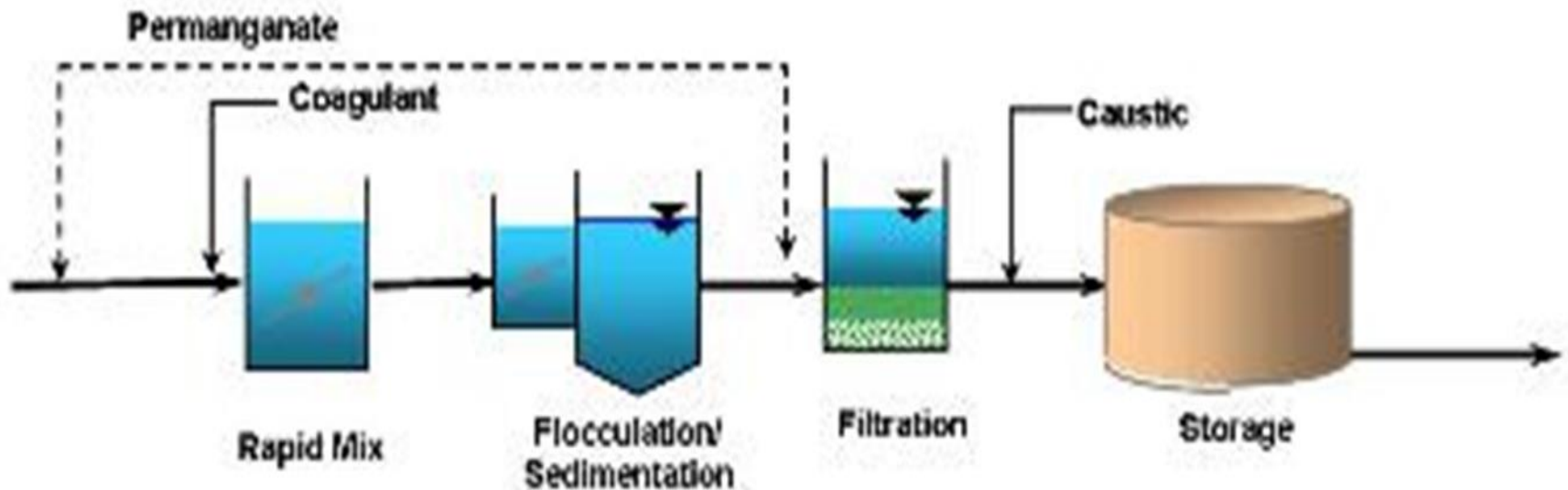
الكلور ومركباته

لاشك أن أكثر هذه الطرق استعمالا هي الكلورة وذلك لأن الكلور يمكنه قتل الكائنات الممرضة البكتيرية والفيروسات , مثل تلك التي تسبب الإصابة بالتهاب الكبد والتهاب سحابية النخاع وايضا من الفوائد الثانوية للكلور تأكسد الحديد والمنجنيز وكبريتيد الهيدروجين والقضاء علي بعض المركبات التي تسبب الرائحة والطعم والسيطرة عي نمو الطحالب



البرمنجانات

عامل مؤكسد قوي، ولقد وجد أن البرمنجانات فعالة ضد الكوليرا ولكنها ليست فعالة لمسببات الأمراض الأخرى. كما أنها تسبب لون، وبالتالي فإنها ليست مطهر جيد لمياه الشرب.



الأوزون

يستخدم غاز الأوزون في تعقيم المياه في الدول الأوروبية لفاعليته في قتل مسببات الأمراض وإزالة أسباب الطعم والرائحة من المياه .
ويستعمل الأوزون في عمليات المياه الكبرى والصغيرة وحمامات السباحة ويستخدم في مصر لتعقيم المياه المعبأة.

Iron

**Bacteria/
Viruses**

Ozone Removes

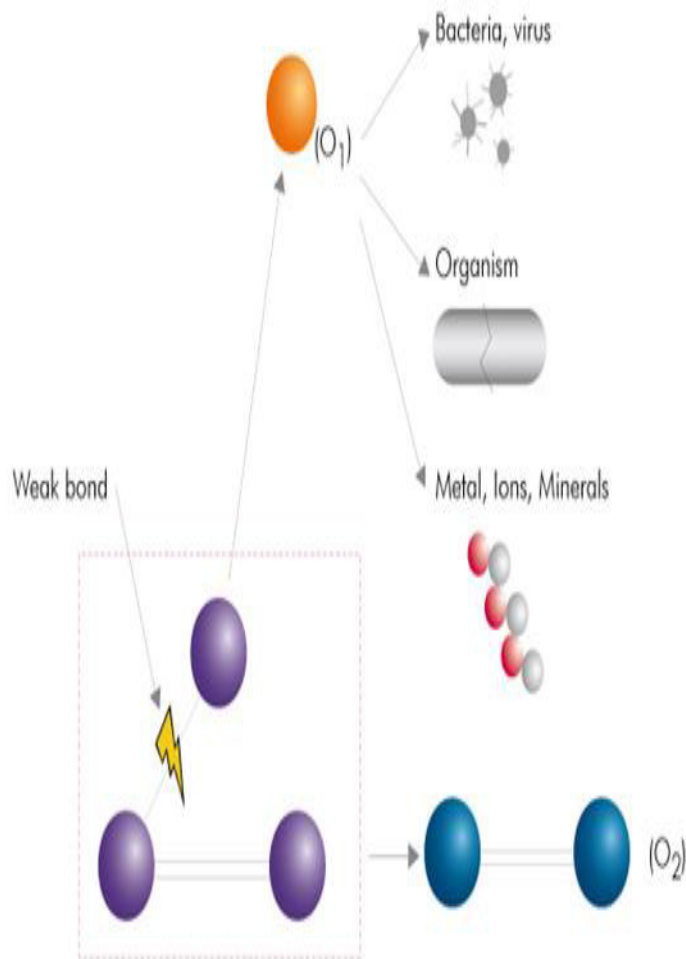
**Hydrogen
Sulfide**

Manganese

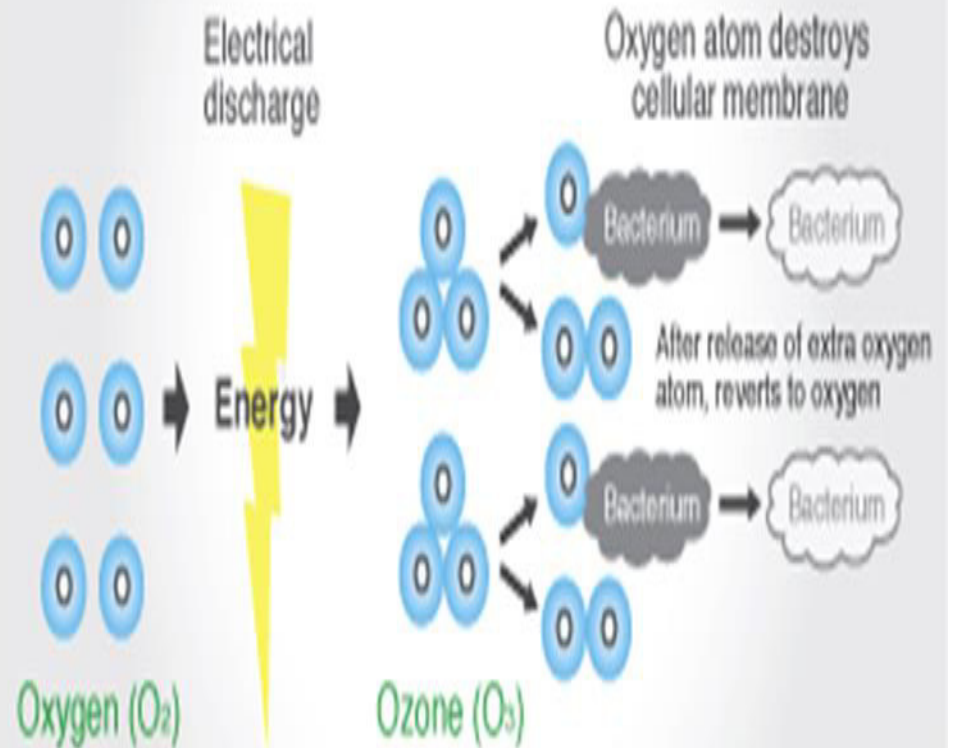


الأوزون

الأوزون مؤكسد قوي جداً، وفعال في القضاء على المواد العضوية وفي القضاء على المركبات التي تعطي طعم أو لون. وفي الوقت الحاضر يستخدم في العديد من مرافق المياه في البلدان الصناعية. والأوزون لا يترك عادةً متبقي قابل للقياس.



Workings of ozone generation



اليود

اليود له خصائص جذابة كمطهر. وذلك لأنه فعال ضد البكتيريا والفيروسات في مدي واسع من الاس الهيدروجيني. في الواقع، اليود، على عكس الهالوجينات الأخرى، يصبح اليود مبيد للفيروسات بفعالية أكثر كلما زادت درجة الحموضة.

وعلى الرغم من خصائص اليود كمطهر لم يستخدم في معالجة المياه علي نطاق واسع. وذلك لأنه أكثر تكلفة (حوالي عشر مرات أكثر تكلفة) من الكلور كما أن استخدامه ذو تأثير علي الاشخاص الحساسين علي اليود.

المعادن مثل النحاس والفضة

الأيونات المعدنية عدة (الذهب والفضة والنحاس والزنك وغيرها) لها خصائص مبيد للجراثيم معظمها تسمى **oligodynamia**، إلا أنها لها مجموعة من العيوب:

- الذهب باهظ الثمن،
- والنحاس جيد باعتباره مبيد الطحالب ولكن ليس مبيد للجراثيم جيد؛
- الزنك سام
- الفضة لها خصائص جيدة نسبياً لتطهير المياه.

شروط ومواصفات المادة المطهرة

لابد ان يتوافر في المادة المطهرة (المعقمة) الصفات الآتية :

1. أن يكون غير سام .
2. الإقلال من تكون نواتج التعقيم Disinfectants byproducts.
3. التحكم في نمو الأنواع الأخرى من الجراثيم .
4. إزالة الفيروسات (enteric viruses) بنسبة 99.9 % .
5. إزالة حويصلات الجارديا لامبيليا (giardya cysts)

تستخدم المادة المطهرة علي مرحلتين:

أ - التطهير الاولي (Primary disinfectant)

ب - التطهير الثانوي (Secondary disinfectant)

أنواع المطهرات المستخدمة في معالجة مياه الشرب

- الكلور CL_2
- ثاني أكسيد الكلور CLO_2
- الكلورامين NH_2CL
- الأشعة فوق البنفسجية UV
- الأوزون O_3



**Water
Supply
Operations
Series**

مميزات وعيوب المواد المطهرة

المادة	الكلور	ثاني أكسيد الكلور	الكلورامين
المميزات	- له قدرة فائقة علي قتل الكائنات الممرضة . - عامل مؤكسد قوي . - ينتج عنه كلور متبقي يستمر في الشبكات لحمايتها من التلوث وتقليل نمو البكتريا بها - يسهل إضافته والتحكم فيه ومتابعة تأثيره - سهل الاستخدام - غير مرتفع التكلفة .	- له تأثير علي Cryptosporidium , أسرع ٥ مرات من الكلور في قتل الجارديان . - لا يؤكسد البروميد الي برومين (الذي يكون مركبات برومينية في ضوء الشمس) . - لا ينتج عنه مركبات ثانوية مكثورة THMs , HAAs - استخدامه كمطهر يتأثر بالتغير في الاس الهيدروجيني. - أكثر كفاءة من الكلور في علاج مشاكل الطعم والرائحة.	- مطهر ثانوي قوي له قدرة عالية علي التحكم في البكتريا القولونية . - لا يؤكسد البروميد الي برومين الذي يكون مشتقات ثانوية برومينية - المتبقي أكثر ثباتاً من الكلور الحر. - يقلل من تكوّن الهالواسيتك أسيد والترابي هالوميثان. - أقل طعم ورائحة من الكلور الحر
العيوب	- ليس له تأثير علي Cryptosporidium . - يكون مركبات ثانوية طيارة مع المركبات العضوية THMs , HAAs . - يحتاج الي نقل وتخزين للكيماويات .	- يكون مركبات ثانوية غير عضوية مثل الكلوريت والكلورات. - بقاياه سريعة التطاير. - يحتاج لأدوات وكيماويات لتصنيعه في الموقع - يتطلب مستويات عالية من التقنية والمعدات لرصد النتاج والمتبقيات . - له مشاكل استثنائية في الطعم والرائحة. - ذو تكلفة عالية.	- عامل مطهر ومؤكسد ضعيف . - يتطلب نقل وتداول الامونيا ومركباتها الكيميائية المكثورة . - الامونيا لها تأثير سام علي الاسماك . - له تأثير ضار علي وظائف الكلي

مميزات وعيوب المواد المطهرة

المادة	الأوزون	الأشعة فوق البنفسجية
المميزات	■ له تأثير علي Cryptosporidium والموجودة بتركيزات عالية . ■ أقوى عامل مؤكسد ومطهر متاح . ■ لا يكون مركبات مكلورة من الـ THMs , HAAs . ■ يؤكسد المواد العضوية .	■ لها تأثير علي Cryptosporidium . ■ تعمل علي تثبيط نشاط معظم الفيروسات والبكتيريا وبعض الجراثيم المتحوصلة. ■ لا ينتج عنها نواتج ثانوية. ■ لا تحتاج الي كيماويات لتوليدها ولا الي تداول او تخزين.
العيوب	➤ ليس له متبقي بالمياه وبالتالي ليس له امتداد بالشبكات. ➤ يكون مركبات ثانوية مثل الدهيد ، كيتون ، الاحماض العضوية. ➤ - يكون مركبات برومينية ثانوية . ➤ يقوم بتكسير المواد العضوية المركبة الي مركبات صغيرة والتي تحفز إعادة النمو الميكروبي في الشبكات وتزيد من تكوين DBP اثناء عمليات التطهير الثانوية . ➤ - يتطلب استخدامه تقنية عالية . ➤ صعوبة التحكم والمتابعة خاصة تحت الظروف المتغيرة ➤ ذو تكلفة عالية .	➤ ضعيفة التأثير علي بعض الفيروسات والبروتوزوا المتحوصلة. ➤ الجراثيم المعرضة للإشعاع في بعض الاحيان تقوم بإصلاح ومقاومة أثر الاشعة من خلال عملية إعادة التنشيط الضوئي . ➤ ليس له متبقي بالمياه وبالتالي ليس له امتداد بالشبكات . ➤ ليس لها قدرة علي التحكم في الطعم والرائحة . ➤ تتطلب خطوات معالجة إضافية للمحافظة علي مياه عالية النقاوة. ➤ يصعب تقييم كفاءتها. ➤ ذات تكلفة عالية. ➤ لمبات الزئبق تزيد من مخاطر تلوث البيئة ومياه الشرب.

خواص الكلور واستخداماته

مقدمة

إن الماء هو أهم الموارد الطبيعية في حياتنا، فبدون الماء لا توجد حياة. لذلك أصبح من العسير الحصول على مياه صالحة للاستخدام الآدمي خاصة مع النمو المتزايد للسكان وزيادة مصادر التلوث .

والماء يعتبر بصفة عامة مادة مذيبة لذلك فهو يحتوى على كل أنواع المواد المذابة كما يحمل العديد من أشكال الحياة البيولوجية والتي قد تسبب الأمراض .

لذلك كان لزاماً استخدام عمليات محددة في معالجة المياه لجعلها صالحة وآمنة للاستخدام . من هذه العمليات عملية الكلورة

“Chlorination أو التطهير “Disinfection”.



استخدامات الكلور في محطات المياه :

1- التطهير :

في محطات مياه الشرب كمادة مطهرة إذ أن إضافة الكلور تتسبب في قتل البكتريا الضارة والمسببة للأمراض .

2- القضاء على مشاكل الطعم والرائحة :

بعض مشكلات الطعم والرائحة في مياه الشرب ناتجة عن بعض النباتات المجهرية الدقيقة التي تتواجد في مصادر المياه السطحية . فيتفاعل الكلور كمادة مبيدة للطحالب ويقضى على تلك النباتات المسببة للطعم والرائحة

3- الأكسدة :

يقوم الكلور بأكسدة عدد من الشوائب الكيميائية الموجودة في الماء وبالتالي إزالتها من الماء . وتتواجد تلك الشوائب عادة في مصادر المياه الجوفية .

مميزات استخدامات الكلور :

إن الغرض الرئيسي من استخدام عملية الكلورة هو القضاء على الكائنات الحية الضارة

وأكثر مواد التطهير الكيميائية استخداماً هي مادة الكلور وذلك

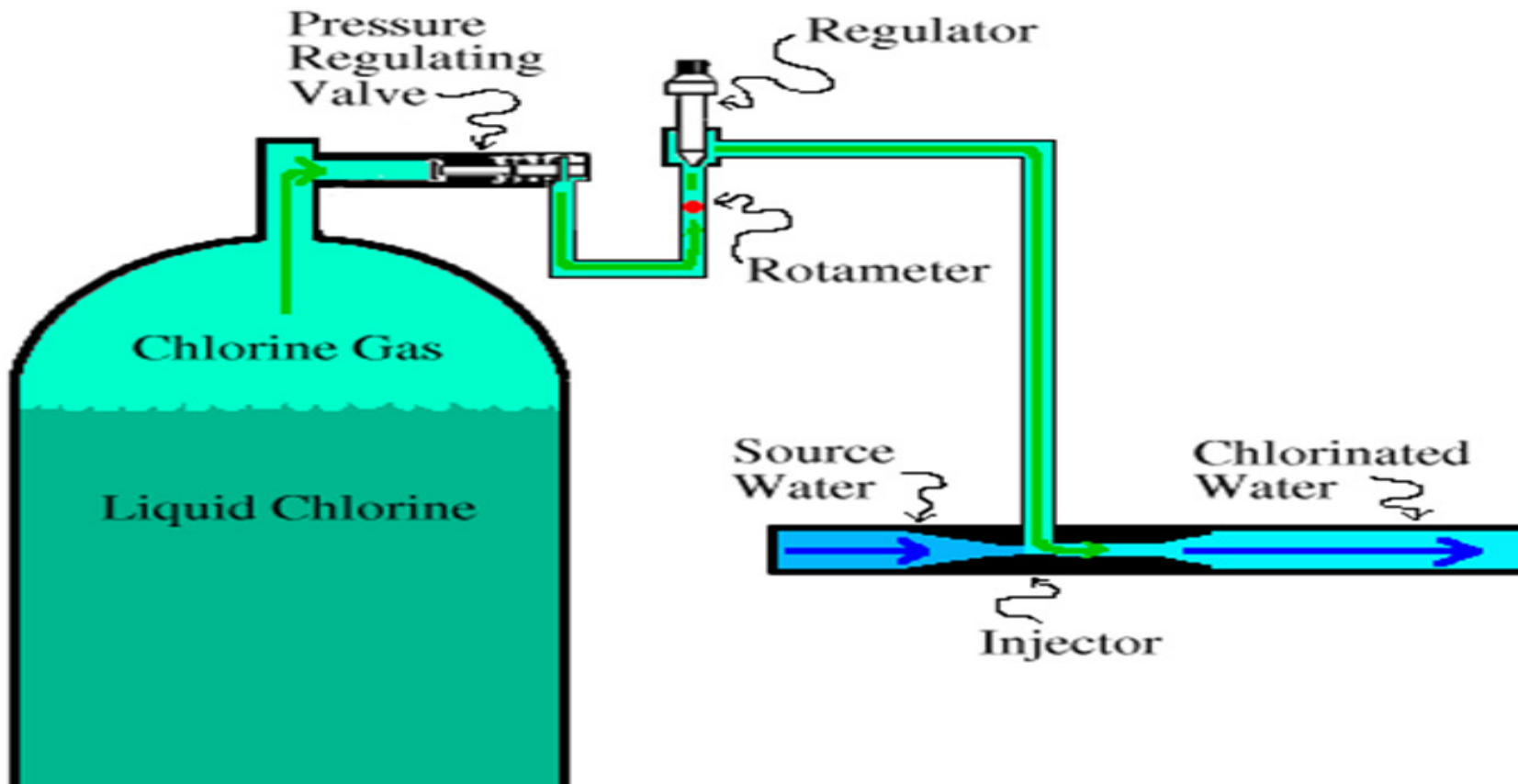
لسهولة الحصول عليه ورخص ثمنه

ويترك كلور متبقى "Residual Chlorine" يمكن قياسه

Hsfhf

التطهير Disinfection

استخدامات غاز الكلور في محطات المياه :



خصائص غاز الكلور

1. غاز الكلور لونه أصفر مائل إلى الخضرة وهو أثقل من الهواء مرتين ونصف .
2. له رائحة مميزة شديدة النفاذية .
3. والكلور الغازي لا يذوب في الماء بدرجة كبيرة لذلك لا ينبغي رش الماء على الكلور المتسرب .

4. الكلور في ليس مادة ملتهبة قابلة للاشتعال أو الانفجار إلا أنه يمكن أن يساعد على الاشتعال تحت ظروف معينة.

5. الكلور الجاف ليس مادة مسببة للتآكل إلا أنه يتحول إلى ذلك بشكل مؤثر إذا ما تعرض للرطوبة .

6. يدرج غاز الكلور ضمن مهيجات التنفس ، إذ أن وجود كمية كافية من غاز الكلور في الجو يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية والجهاز التنفسي والبشرة .



خواص الكلور

يمكن أن يتواجد الكلور في ثلاث صور مختلفة: السائلة ، الغازية ، والصلبة .

الكلور السائل :-

- هو عبارة عن محلول نقي كهرمانى اللون وهو أثقل من الماء مرة ونصف تقريباً .
- والكلور السائل معامل تمدد عالي إذ يزداد حجمه بسرعة كبيرة بازدياد درجة الحرارة .

- وتمتلئ اسطوانة الكلور بالسائل تماماً عندما تصبح درجة حرارته 67.8°C
- ولذلك يلتزم دائماً بعدم ملء اسطوانات الكلور بأكثر من 85% من حجمها .
- الكلور السائل يتبخر بسرعة شديدة إذا ما تعرض للهواء الجوي لذلك فهو نادراً ما يرى في صورته السائلة .

- وعند تبخر الكلور السائل فإن وحدة الحجم الواحدة من الكلور السائل تنتج حوالى 460 وحدة حجم من الكلور الغازي .
- وبالتالي فإنه عند وجود تسرب في اسطوانة الكلور يتحتم تعديل وضع الاسطوانة بحيث تكون منطقة التسرب في أعلاها لكي يتسرب غاز الكلور وليس السائل.

الكلور الصلب

يتواجد الكلور الصلب أو المحبب (على شكل حبيبات) في صورة هيبوكلوريت الكالسيوم . وهو عبارة عن مادة حبيبية بيضاء تحتوى على 65-70% من وزنها كلور متاح . ويساعد الضوء والحرارة والمواد العضوية على تحلل الهيبوكلوريت . ولأن هيبوكلوريت الكالسيوم نشط جداً كيميائياً ، لذلك يراعى في تخزينه ألا يتلامس مع الزيوت أو الشحوم أو أي مواد ملتهبة أخرى .



المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

جرعة الكلور

تعرف جرعة الكلور بأنها أقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفى للقضاء على الكائنات الحية وينتج عنها كلور متبقى فى حدود معينة (لا تقل عن 0.5 ملجم/لتر) .

ويتم تحديد الجرعة المثلى للكلور عن طريق تجارب معملية (Break Point) حسب نوعية المياه المراد معالجتها.

كمية الكلور المطلوب إضافتها للماء المطلوب معالجته :

هي حاصل ضرب جرعة الكلور $\times$ كمية المياه المعالجة وهي غالباً

تحدد في الساعة

ووحدها كجم / س .

مثال :

ما هي كمية الكلور المطلوب إضافتها لمعالجة 2000 م³ / س إذا كانت جرعة الكلور المناسبة 5 جم / م³.

الحل :

$$\begin{aligned} \text{كمية الكلور المطلوبة} &= 2000 \text{ م}^3 / \text{س} \times 5 \text{ جم} / \text{م}^3 = \\ &= 10000 \text{ جم} / \text{س} = 10 \text{ كجم} / \text{س} \end{aligned}$$

وفى حالة إضافة هيبوكلوريت الكالسيوم تركيز 65% بدلاً من الكلور دون حدوث أي تأثير على المياه المعالجة فإنه يلزم معرفة كمية الكلور المطلوب إضافتها .

$$\text{كمية الكلور} \times 100 = \frac{\text{كمية الهيبوكلوريت التي تعوض كمية الكلور}}{\text{نسبة تركيز الهيبوكلوريت}}$$

مثال :

ما هي كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (65%) التي تضاف إلى المياه بدلاً من 10 كجم كلور .

$$\text{كمية هيبوكلوريت الكالسيوم} = \frac{10 \text{ كجم} \times 100}{65} = 15,385 \text{ كجم}$$

الكلور المستهلك :

يعرف الكلور المستهلك بأنه الفرق بين كمية الكلور المضاف للماء وكمية الكلور الكلي المتبقي (الكلور المتحد + الكلور الحر) في الماء في فترة تلامس محددة .

الكلور المستهلك = كمية الكلور المضاف - كمية الكلور الكلي المتبقي

مثال:

ما هي كمية الكلور المستهلك إذا كان الكلور الكلي المتبقي 1.5 جم / م3 بعد إضافة 50 كجم كلور لكمية مياه مقدارها 20000 م3 ؟

الحل:

$$\text{كمية الكلور الكلي المتبقي} = 1.5 \text{ جم / م}^3 \times 20000 \text{ م}^3 = 30000 \text{ جم} = 30 \text{ كجم}$$

الكلور المستهلك = الكلور المضاف - الكلور الكلي المتبقي

$$\text{الكلور المستهلك} = 50 - 30 = 20 \text{ كجم}$$

هذه الكمية استهلكت بواسطة الكائنات الحية والمواد العضوية وغير العضوية والشوائب... إلخ . ولابد من وجود كلور متبقى بعد كل هذه الاستهلاكات ليكون دليلاً على أنه لم يعد هناك أي كائنات حية ممرضة أو خلفه وأن الماء أصبح خالياً منها ومعقماً تماماً .

الكلور المتبقي (Total Residual Chlorine) نوعان هما

1- الكلور المتحد المتبقي (Combined Residual Chlorine)

2- الكلور الحر المتبقي (Free Residual Chlorine)

التفاعلات الكيميائية للكلور :

1- التفاعلات مع الماء : يتحد الكلور الحر مع الماء مكوناً حمض الهيبوكلوروز (Hypochlorous acid) وحمض الهيدروكلوريك (Hydrochloric acid):

Chlorine + Water  hypochlorous acid + hydrochloric acid



وقد يتواجد حمض الهيبوكلوروز في الماء كأيون هيدروجين وأيون هيبوكلوريت ويتوقف هذا على درجة تركيز الأس الهيدروجيني للماء (pH).

Hypochlorous acid  hydrogen ion + hypochlorite ion

HOCl  H + + OCl -

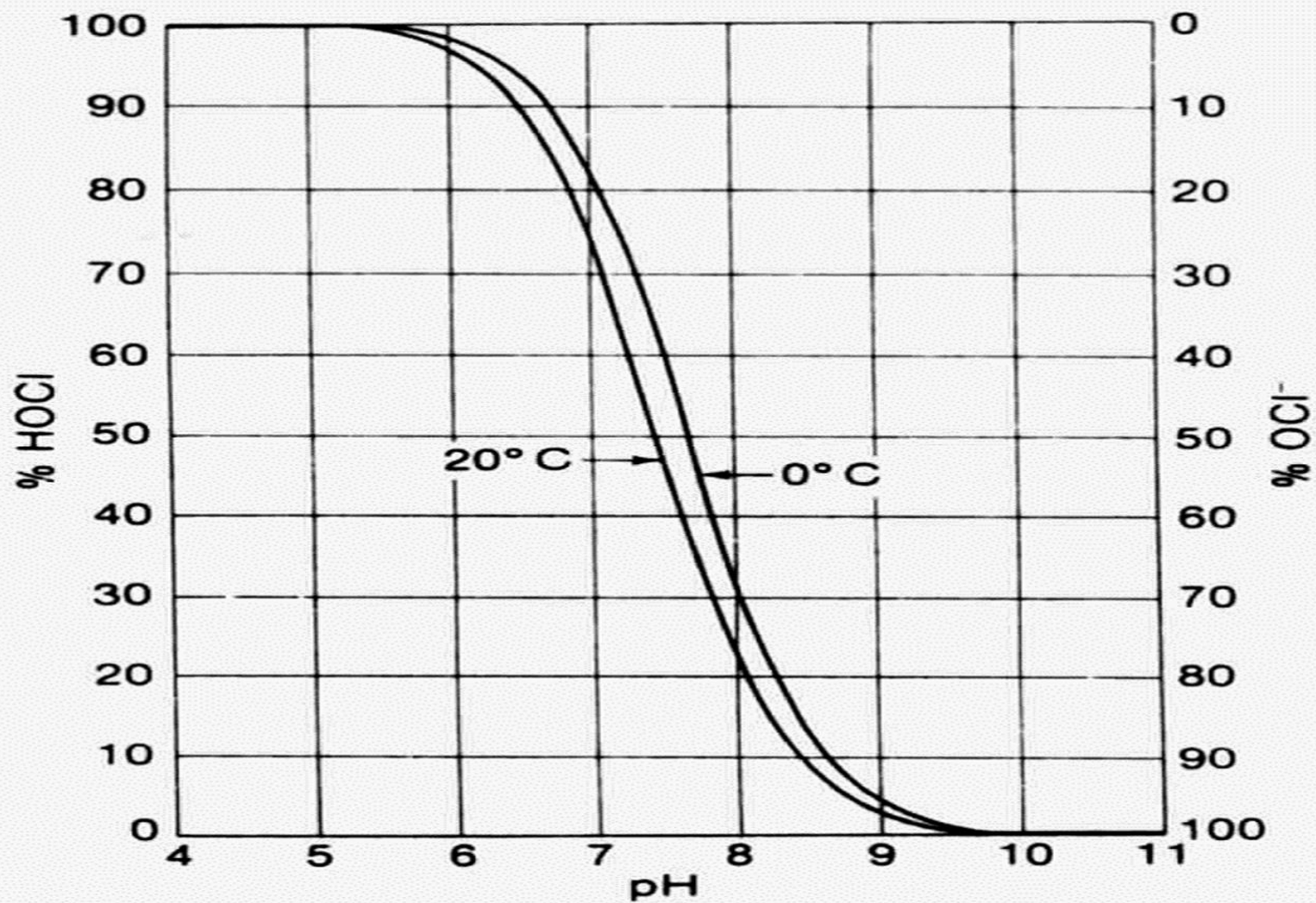
عند عمل المحلول المخفف للكلور وتركيز الأس الهيدروجيني (pH) أعلى من (4) فإن تكون حمض الهيوكلوروز يكون كاملاً ويترك كميات قليلة من الكلور الحر (Cl_2) وحمض الهيوكلوروز حامض ضعيف ومن السهل أن يتأين أي ينفصل إلى أيونات عند pH أقل من (6) .

على هذا فإن أي كلور حر (Cl_2) أو هيبوكلوريت (OCI^-) يضاف إلى الماء سيكون في الحال إما حمض الهيبوكلوروز (HOCl) أو أيون الهيبوكلوريت (OCI^-) ويتحدد هذا بقيمة الـ pH للماء.

وهذا له أهمية خاصة حيث أنه يوجد اختلاف كبير في مقدرة كل من حمض الهيبوكلوروز وإيون الهيبوكلوريت في القيام بعملية التطهير .

فالأول له مقدرة كبيرة على التطهير عن الثاني. وفي المعتاد إذا كان الأس الهيدروجيني للماء حوالى 7.3 فإن 50% من الكلور يكون على شكل حمض الهيوكلوروز والباقي على شكل ايون هيوكلوريت.

وكلما كان الرقم الهيدروجيني pH أعلى كلما كان ايون الهيوكلوريت أكبر.



2- التفاعل مع الشوائب :

إن معظم المياه المعالجة لا يزال بها بعض الشوائب (Impurities) وسيتم هنا مناقشة بعض الشوائب الشائع تفاعلها مع الكلور وسوف ندرس تأثير هذه التفاعلات على مقدرة الكلور على التطهير .

3- كبريتيد الهيدروجين:

وهو من المواد غير العضوية التي قد توجد في الماء ويمكن أن يعوق استخدام الكلور في أغراض التطهير ويزيد العملية تعقيداً ، حيث يعتبر كبريتيد الهيدروجين عامل اختزال (Reducing agent) بمعنى أنه يعطى الكثرونات بكل سهولة . ويتفاعل الكلور بسرعة مع مثل هذه المواد المختزلة وينتج عن هذه التفاعلات نتائج غير مرغوب فيها .

وكبريتيد الهيدروجين ينتج رائحة تشبه رائحة البيض الفاسد ويتفاعل مع الكلور ليكون حامض الكبريتيك وعنصر الكبريت (ويتوقف هذا على درجة الحرارة ، والـ pH ودرجة تركيزه) والكبريت عنصر غير مرغوب فيه حيث ينتج عنه مشاكل في الرائحة ويترسب على شكل جزيئات بيضاء اللون ودقيقة جداً. والتفاعل بين كبريتيد الهيدروجين والكلور يتم كما يلي :



وتتم الأكسدة الكاملة لكبريتيد الهيدروجين وتتم كما يلي:

Hydrogen sulfide + Chlorine + Water 

Sulfuric acid + Hydrochloric acid



ونلاحظ في كلا التفاعلين أن الكلور قد تحول إلى أيون الكلوريد (Cl^-)

أو حمض الهيدروكلوريك (HCl) اللذان ليس لهما قدرة على

التطهير ولا ينتج عنهما كلور متبقى .

4- تفاعل الكلور مع الأمونيا :

إذا أضيف الكلور إلى مياه تحتوى على الأمونيا (NH_3) فإنه يتفاعل بسرعة مع الأمونيا مكوناً الكلورأمينات (Chloramines) وهذا يعنى أنه يمكن الحصول على كمية قليلة من الكلور تكون بمثابة مطهر (Disinfectant). وكلما زاد تركيز الأمونيا في الماء فإن قدرة التطهير تقل بمعدلات كبيرة .

5- التفاعل مع المواد العضوية :

عندما تتواجد المواد العضوية في المياه المراد تطهيرها بالكلور فإن التفاعلات الكيميائية التي تتم قد ينتج عنها مركبات غير مرغوب فيها (THMs , HAAs). ويمكن منع تكون هذه المركبات بالحد من كمية الكلور المبدئي والتخلص منها قبل إضافة الكلور إلى الماء .

الكلور والكلورامين

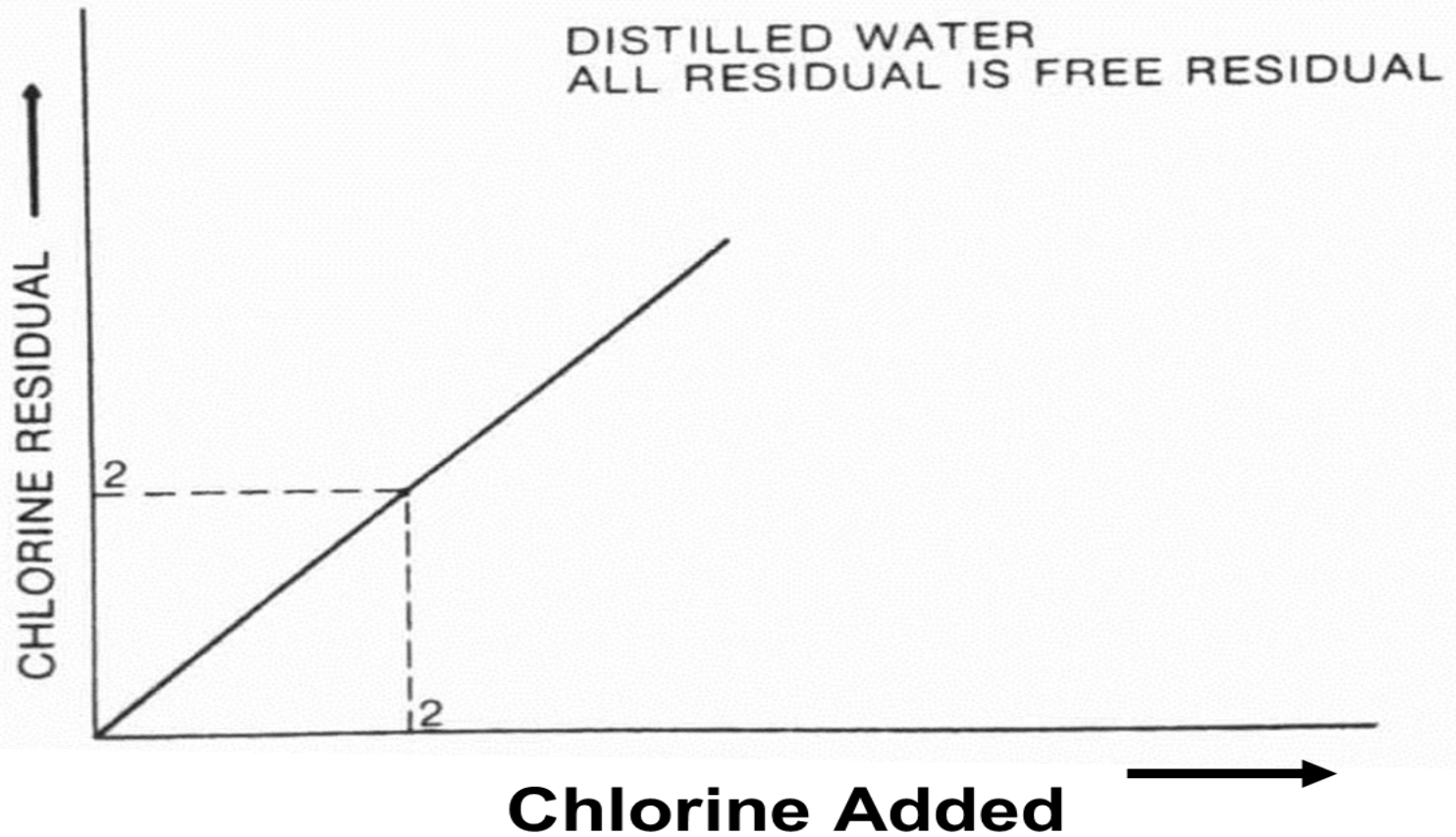
أولاً الكلور :

الكلور هو أكثر انواع المعقمات انتشارا في معالجة المياه في العالم والأكثر قدما.

الكلور معقم قوى وعامل مؤكسد قوى ولذلك له العديد من الفوائد بالإضافة الى قدرته التعقيمية.

والرسم البياني التالي يوضح تفاعل الكلور مع الماء المقطر.

Ideal reaction of chlorine in distilled water



Chlorination chemistry

Ideal reaction :

Chlorine will combine with water to form hypochlorous and hydrochloric acid, a reaction which is nearly complete to the right



Hypochlorous acid (HOCl) ionizes to form hypochlorite ion in a reversible reaction , the equilibrium of which is governed by pH :



Chlorine may also be added in the form of salts such as sodium or calcium hypochlorite which will ionize in water



تركيز الكالسيوم هيبوكلوريت 33% او 65% و محلول الصوديوم
هيبوكلوريت 5 - 15 % .

**Both hypochlorite ion and hypochlorous acid
are disinfectants, but hypochlorous acid is the
more effective.**

The hypochlorite ion as a disinfectant is only 1/100 as effective as hypochlorous acid .

The sum of ($\text{Cl}_2 + \text{HOCl} + \text{OCl}^-$) are called free available chlorine residual .

Estimated Effectiveness of residual Types

*** Commonly called Nitrogen Trichloride .**

† No Estimate ; Possibly more effective than dichloramine .

Type	Chemical Abbreviation	Estimated Effectiveness Compared to HOCl
Hypochlorous Acid	HOCl	1
Hypochlorite Ion	OCI ⁻	1/100
Trichloramine *	NCl ₃	†
Dichloramine	NHCl ₂	1/80
Monochloramine	NH ₂ Cl	1/150

Break point Chlorination نقطة الانكسار

يتفاعل الكلور في الماء بالترتيب الآتي :

- 1- مع المركبات المختزلة (النيتريت - الحديد - المنجنيز - السلفايد)
- ويتم تحويل الكلور إلى كلوريدات ولا يوجد أي كلور متبقى في هذه المرحلة (كلور مستهلك)

2- يتفاعل الكلور مع الامونيا والمواد العضوية ويتم تكون الكلورامين والمواد العضوية الكلورة وهى ما يسمى بالكلور المتحد.

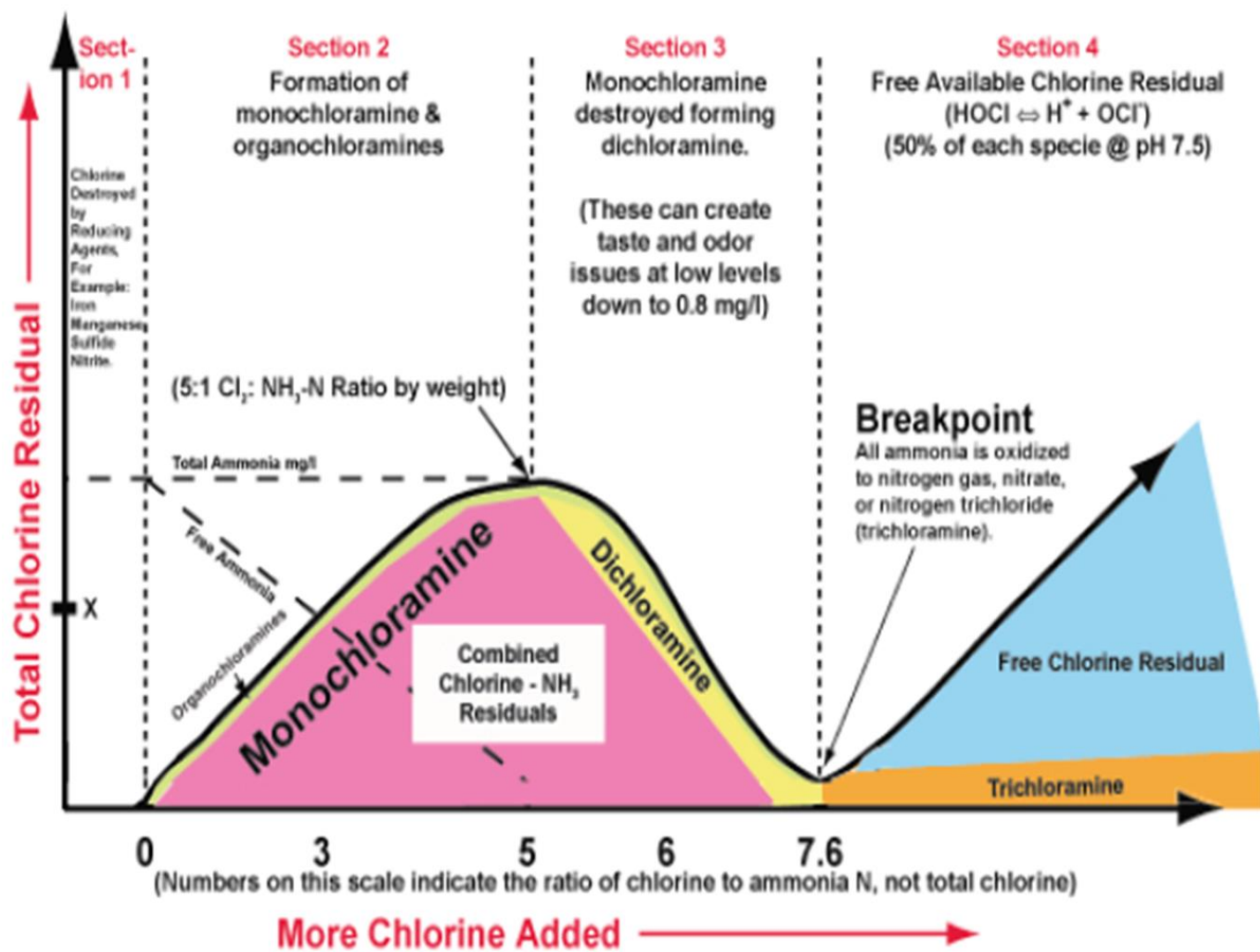
الكلور المتحد = الكلورامين + المواد العضوية الكلورة

Combined Chlorine = Chloramines + Chloro-organic Compound

3- باستمرار اضافة الكلور يتم اكسدة بعض من المركبات المتحدة السابقة (destructive reaction) مصحوب بتصاعد للنيتروجين وانخفاض في نسبة الكلور المتحد المتبقي .

4- باستمرار اضافة الكلور تصل قراءات الكلورامين الى اقل ما يمكن وتسمى هذه النقطة بنقطة الانكسار (BREAK POINT) ويتم التخلص من الامونيا ، ومن بعد هذه النقطة يتكون الكلور الحر ويزداد طرديا بالاستمرار في اضافة الكلور .

المنطقة قبل نقطة الكسر تسمى chlorine demand أي شراهة المياه للكلور .



كيفية حساب جرعة الكلور عن طريق نقطة الانكسار

يتفاعل الكلور مع المواد السابقة بالنسب الآتية :

مثال اذا كانت المياه الخام تحتوي علي التركيزات الآتية
0.5 ملجم / ل امونيا ، 0.4 ملجم / ل نيتريت ، 0.2 ملجم / ل حديد ،
0.5 ملجم / ل منجنيز فما هي كمية الكلور المطلوب اضافتها للمحطة
(كجم / س) اذا كان تصرفها 500 ل / ث والكلور الحر المتبقي 1.5

ملجم / ل .	١ ملجم لكل من	أمونيا	نيتريت	حديد	منجنيز
	الكلور المستهلك (ملجم)	١٠	٥	٠,٦٤	١,٢

الحل : - اولاً : يتم تقدير الجرعة المطلوبة للوصول الي نقطة الانكسار

$$\text{الكلور اللازم للأمونيا} = 10 \times 0.5 = 5.0 \text{ ملجم / ل}$$

$$\text{الكلور اللازم للنيتريت} = 5 \times 0.4 = 2.0 \text{ ملجم / ل}$$

$$\text{الكلور اللازم للحديد} = 0.2 \times 0.64 = 0.128 \text{ ملجم / ل}$$

$$\text{الكلور اللازم للمنجنيز} = 1.2 \times 0.5 = 0.6 \text{ ملجم / ل}$$

$$\text{اجمالي الكلور اللازم للتفاعلات السابقة} = 5.0 + 2.0 + 0.128 +$$

$$0.6 = 7.728 \text{ ملجم / ل}$$

ثانياً : يتم اضافة الجرعة المطلوبة للكلور الحر

بما ان الكلور الحر المتبقي = 1.5 ملجم / ل .

الجرعة المطلوبة = 7.728 + 1.5 = 9.228 ملجم / ل .

ثالثاً : يتم حساب كمية الكلور المطلوب اضافتها للمحطة كل ساعة

كمية الكلور المطلوب اضافتها للمحطة / ساعة = $500 \times 3.6 \times$

9.228

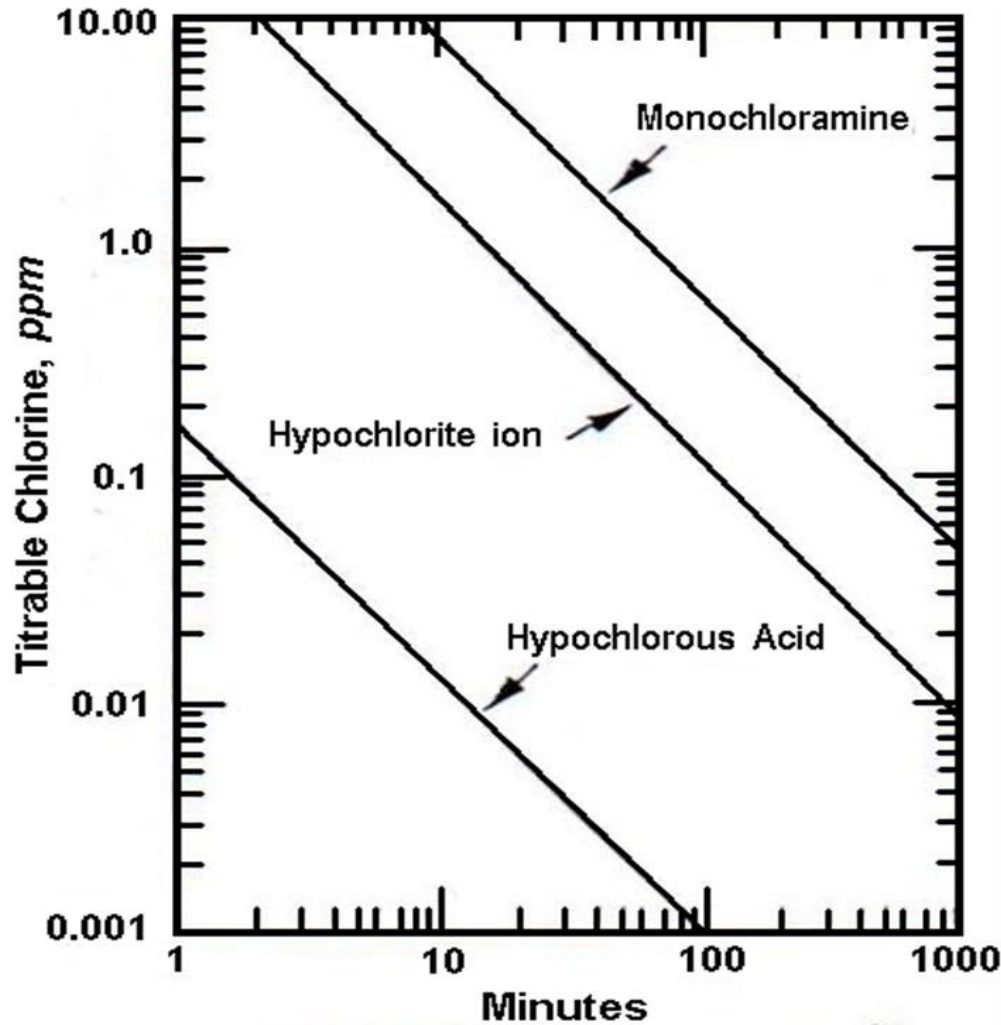
= 16610.4 جم / ساعة = 16.6104 كجم / س.

تصرف اسطوانة الكلور

اقصى تصرف يمكن الحصول عليه من اسطوانة الكلور سواء
الكبيرة منها (حجم 1 طن) أو الصغيرة (حجم 50 كجم) يتوقف
على درجة الحرارة كما هو موضح بالجدول وأيضا بالمنحنى
التاليين :

التصرف المناسب لأسطوانة الكلور (كجم/س)		مدى درجة الحرارة (درجة مئوية)
الاسطوانة الصغيرة	الاسطوانة الكبيرة (١ طن)	
-	٤ - ٦	١٥ - ١٨
٠,٧٥	٦ - ٨	٢٠ - ٢٢
١,٠	٩ - ١٢	٣٠ - ٣٥

أي انه عند وجود عدد 4 اسطوانات كبيرة على الخط عند درجة حرارة 30 يمكن الحصول على متوسط 36-40 كجم كلور فقط .



99% Destruction of E. Coli at 2-6°C

الشكل يوضح العلاقة
بين الوقت اللازم لقتل
بكتريا **E-coli** بنسبة
٩٩٪ عند درجة حرارة
٢-٦°م ، وبين نوع
الكلور المتبقي بالماء.

استخدام الكلورامين لتطهير المياه

وهو ما يسمى أحيانا **Chloramination** وفي هذه الحالة يضاف النشادر (الأمونيا) إلى الماء قبل إضافة الكلور وتكون جرعة النشادر حوالي 0.06 جزء في المليون ، بينما تكون جرعة الكلور حوالي 0.25 جزء في المليون ، ويضاف النشادر بأجهزة خاصة تسمى **Amoniators**.

وهذه الطريقة تتميز بالآتي :

- الحد من توليد الطعم والرائحة في الماء .
- كفاءة عالية في التطهير .
- يستمر تأثير الكلور مدة طويلة
- توفير في جرعة الكلور
- عدم تهيج الجلد والعين من الكلورامين لا يوجد خطورة عند الخطأ في التشغيل بإضافة جرعات عالية من الكلورامين.

طرق إضافة الكلور

يتم إضافة الكلور للمياه بإحدى طريقتين :

- إضافة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائد .
- إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب المعملية الدقيقة.

أولاً: إضافة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائدة

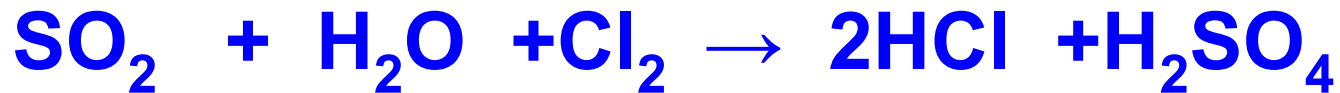
والمقصود بذلك إضافة الكلور بجرعات زائدة عن حد الطلب ,وبهذا نضمن الحصول علي كفاءة وفاعلية عالية لعملية التطهير ويمكن أن نضطر إلى ذلك في حالة الطوارئ أو إذا ما كان هناك شك في حدوث تلوث بكتيري لمصدر المياه (أثناء الحرب مثلاً) . أو انتشار وباء معين (مثل الكوليرا).

وتتميز هذه الطريقة بالآتي:

- كفاءة وفاعلية عالية لتأثير الكلور علي البكتريا .
 - أكسدة الكلور للمواد العضوية التي قد تتواجد في الماء .
 - الحد من الطعم والرائحة التي قد توجد في الماء .
 - إبادة الكائنات الحية الدقيقة التي تقاوم الجرعات العادية للكلور ،
- علي انه يلزم إزالة الكلور الزائد بعد التأكد من تمام قتل الكلور للبكتريا .

طرق إزالة الكلور الزائد

1-إضافة ثاني أكسيد الكبريت :



2-إضافة ثيوسلفات الصوديوم :



3-إضافة كبريتيت الصوديوم :



4 - تخزين الماء في أحواض مكشوفة لمدة ثلاث أو أربع ساعات
قبل الاستعمال

5- ترشيح الماء في طبقة من الكربون المنشط الذي يمتص الكلور
الزائد

6- مزج المياه المضاف إليها جرعات عالية من الكلور بمياه لم
يضاف إليها الكلور فتتعادلان.

ثانياً: إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب العملية

" تحديد احتياج الكلور "

يحسب احتياج الكلور بأنه الفرق بين كمية الكلور المستخدم والكلور المتبقي في المياه عند نهاية فترة التلامس .

المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

الكلور المستهلك :-

هو الفرق بين كمية المضافة للماء وكمية الكلور المتبقي (الحر والمتحد) في الماء بعد انتهاء فترة التلامس .

جرعة الكلور :-

هي اقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفي للقضاء على الكائنات الحية ، وينتج عنها كلور متبقي في حدود معينة (0.2 ملجم /لتر ماء).

أماكن إضافة الكلور في محطات التنقية

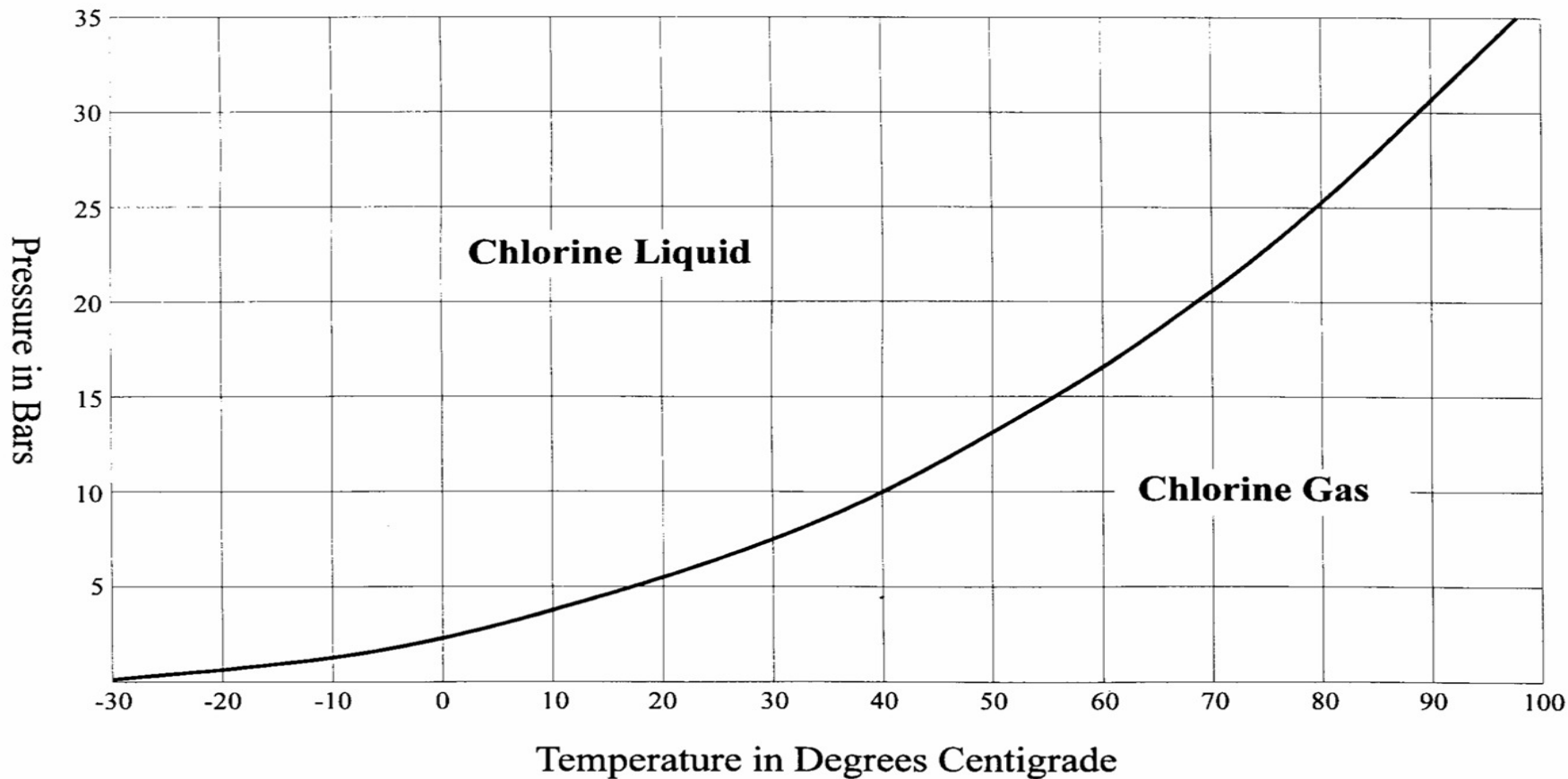
أ- إضافة الكلور المبدئي **Prechlorination**

ب- إضافة الكلور النهائي **Post chlorination**

ج- إضافة الكلور في أكثر من موقع **Multiple Chlorination**

مناطق وتأثير إضافة الكلور

Point of application	Typical uses
Raw water intake	Control biological growth .
Flash mixer	Disinfection , iron manganese and hydrogen sulfide oxidation , taste and odor control .
Filter influent	Disinfection , algae growth control , oxidation of iron and manganese , taste and odor control , color removal .
Clearwell Filter	Disinfection .
Distribution system	Maintain a residual in the net .



Temperature and pressure Relationship of Chlorine Gas and Cylinders and Drums

ملحوظة هامة :

عند السحب من الاسطوانات بأعلى من التصرف المناسب يتسبب ذلك في انخفاض الضغط داخل الاسطوانة ومن ثم انخفاض درجة حرارة الاسطوانة وبالتالي تكّون الثلج على السطح الخارجي للأسطوانة والانخفاض الحاد في قراءات الاجهزة .

ولمنع هذه الظاهرة يتم إجراء ما يأتي :

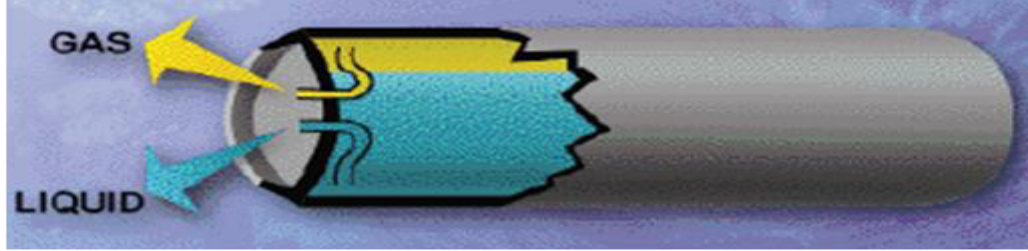
- تشغيل الاسطوانات بتصرف مناسب .

- تركيب مبخر Evaporator وفي هذه الحالة يتم سحب الكلور

من المحبس السفلي للأسطوانة على هيئة سائل ثم يتم تبخيره لتعطي

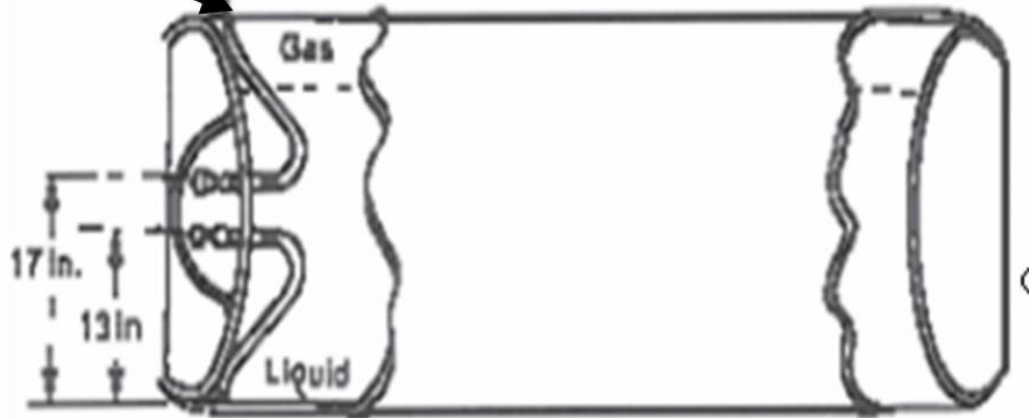
الاسطوانة الواحدة اكثر من 183 كجم / س .

نماذج اسطوانات الكلور



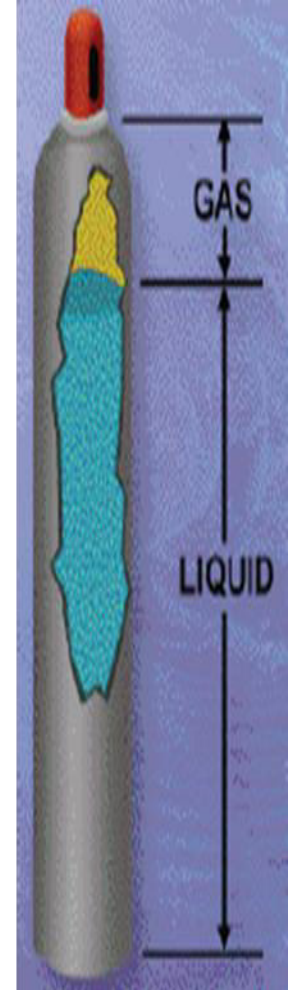
أسطوانة كلور سعة ١ طن

Eductor
Pipe

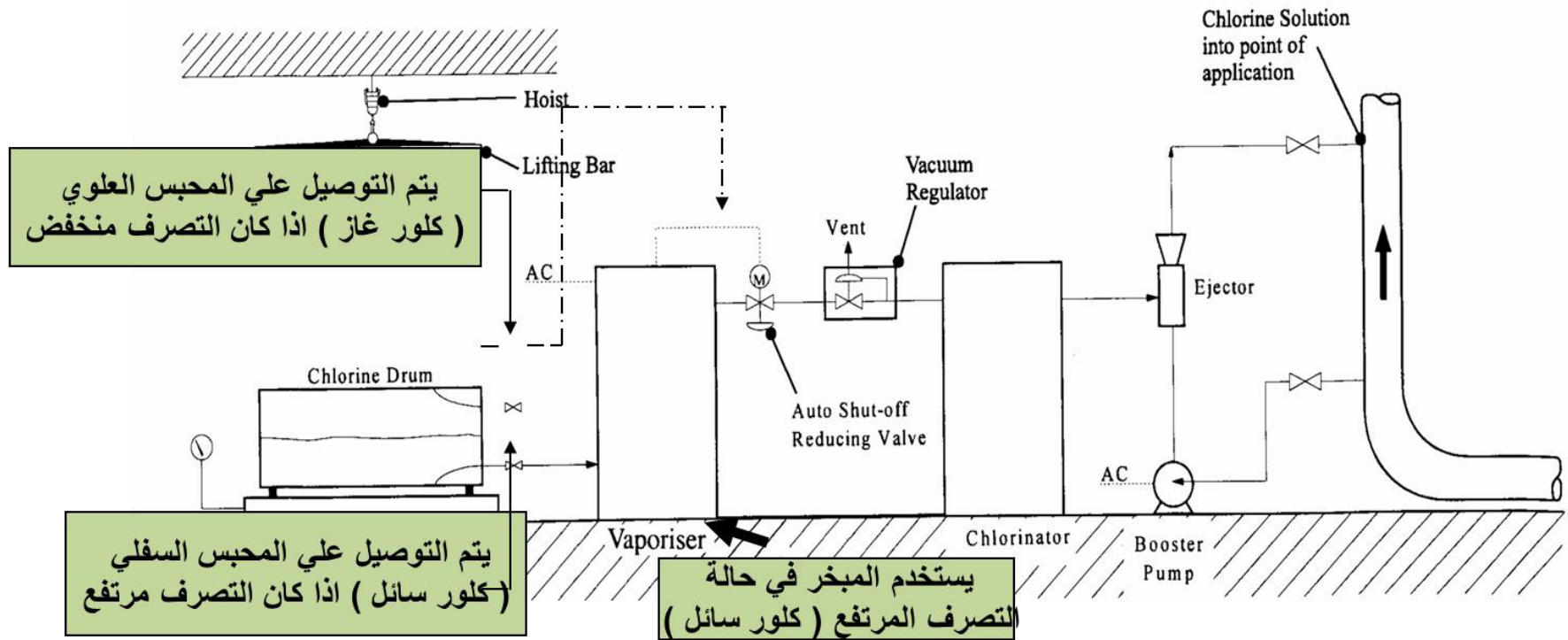


أسطوانة كلور سعة ١ طن

أسطوانة
كلور
سعة ٥٠
كجم

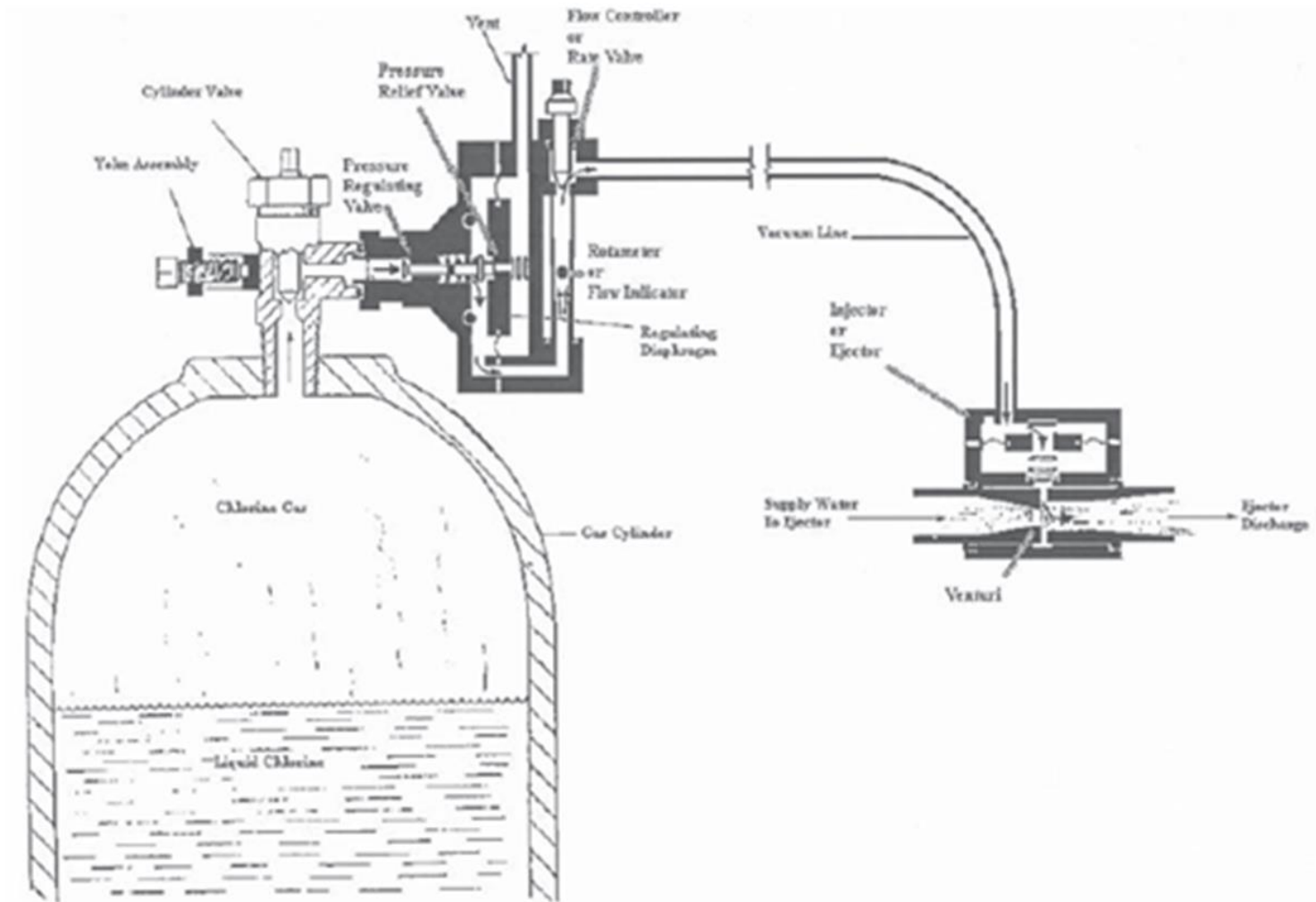


منظومة حقن الكلور بتصريف عالي

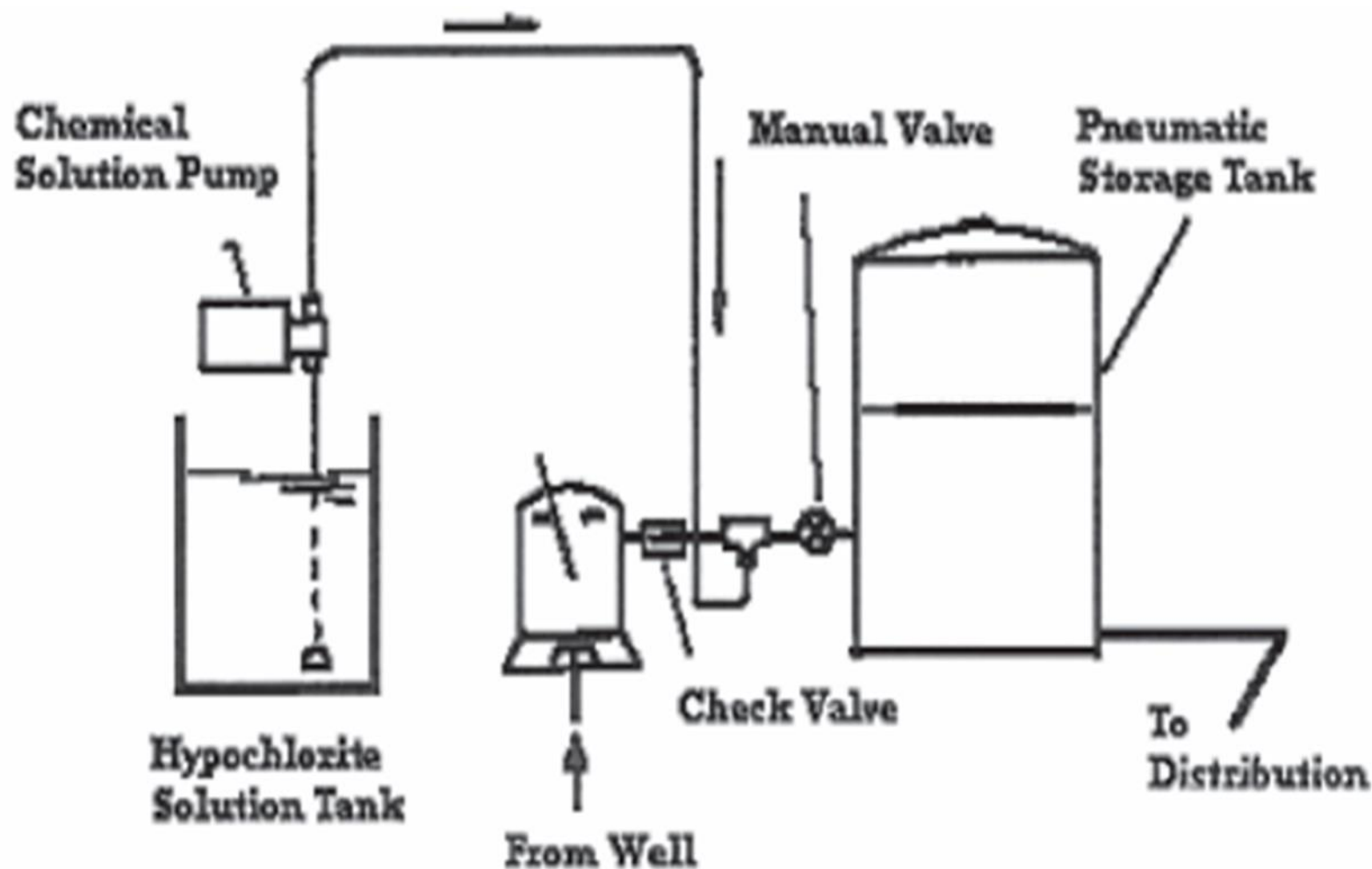


Basic Components for Chlorination system

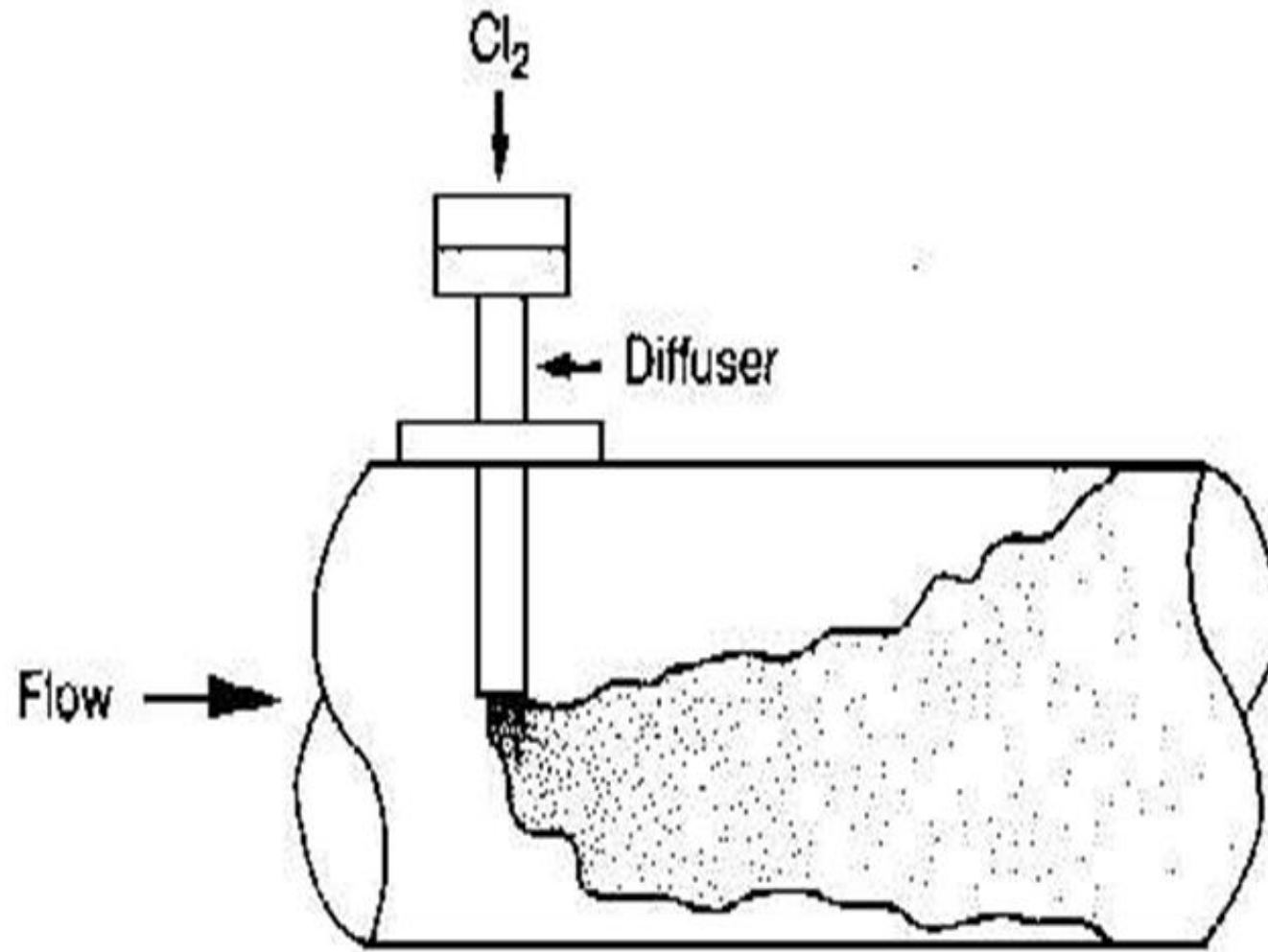
منظومة حقن الكلور بتصريف منخفض



منظومة حقن محلول الهيبوكلوريت في المياه الجوفية



نقاط الحقن



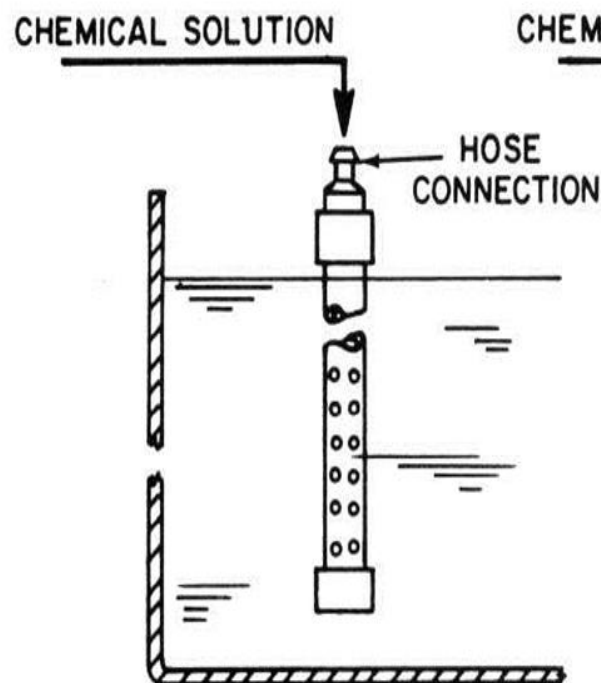
غالباً ما يتم حقن الكلور في ثلاثة أماكن داخل محطة التنقية :

- نقطة حقن الكلور المبدئي:- **Pre-chlorination**

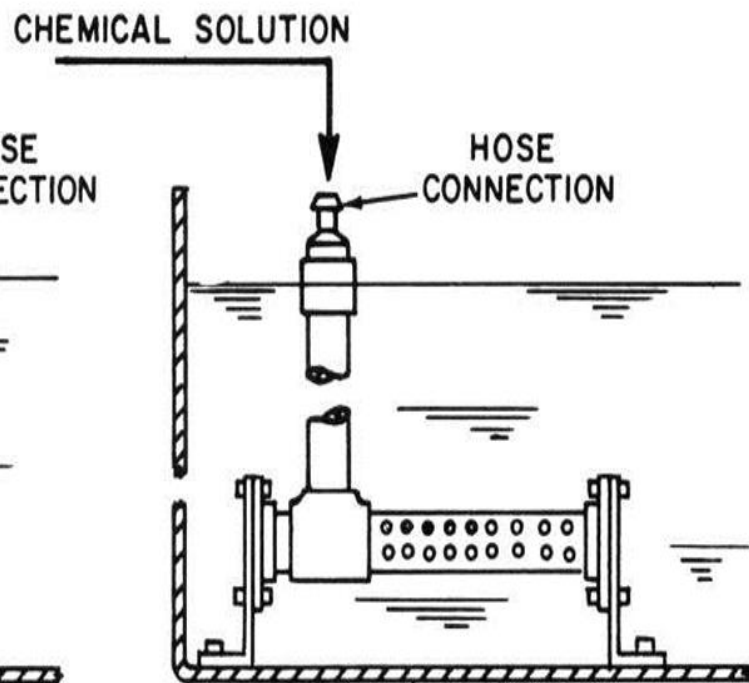
- نقطة حقن الكلور المتوسط :- **Medium- chlorination**

- نقطة حقن الكلور النهائي :- **Post- chlorination**

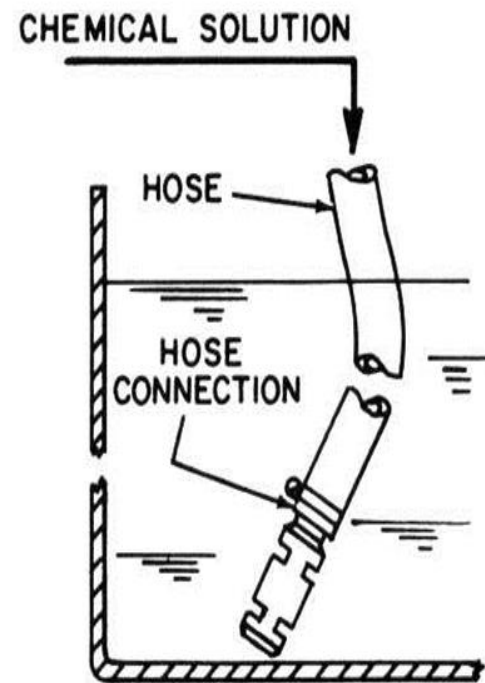
طرق الحقن بالوحدات المفتوحة



VERTICAL TYPE



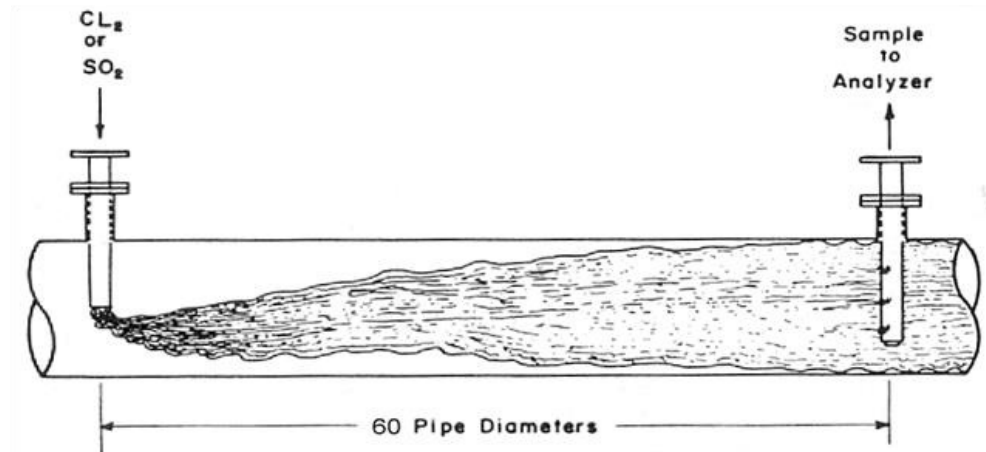
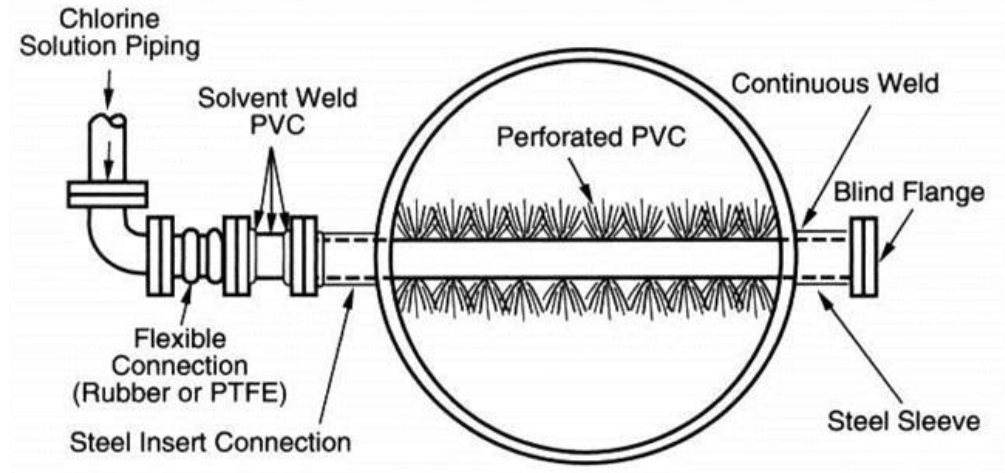
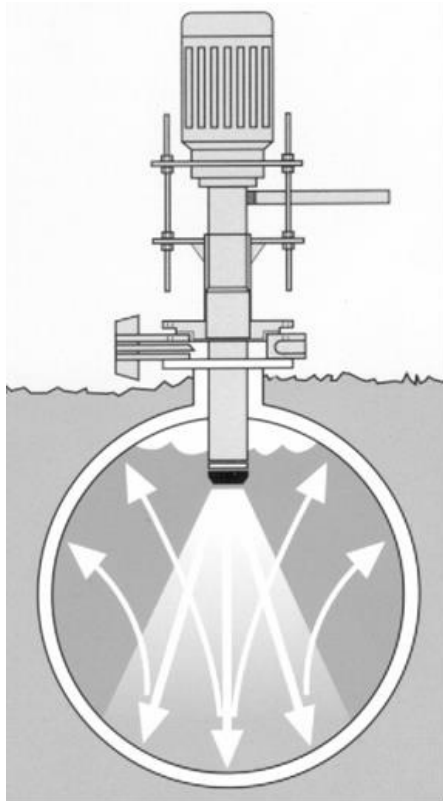
ANGLE TYPE



SPRAY NOZZLE TYPE

NOTE: ALL TYPES CAN BE SUPPLIED WITH THREADED OR SOLVENT WELDED PIPE CONNECTIONS.

طرق الحقن بالمواسير



تشغيل وإيقاف أجهزة الكلور

✓ مراجعة نقطة الحقن

✓ مراجعة الحاقن

✓ مراجعة جهاز الكلور

✓ التشغيل

✓ الإيقاف

الكشف عن تسرب غاز الكلور

لا ينبغي تجاهل أو إهمال أي تسرب كلور . إذ ان التسربات إذا أهملت تزداد سوءاً ، لذلك فإنه لا بد من معالجتها فور اكتشافها.

العوامل التي تؤثر في عملية التطهير باستخدام الكلور

1- تركيز الكلور بالمياه ووقت التلامس :

كلما زاد تركيز الكلور بالمياه زادت كفاءة التطهير

وأيضاً كلما زاد وقت التلامس تزداد الكفاءة كما هو موضح

بالمعادلة :

قدرة المعقم = (CT Value) تركيز المعقم (ملجم / لتر) × فترة

التلامس (بالدقائق) $CT\ Value = C\ (mg / L) * T\ (Min)$

2- درجة الحرارة :

كلما كانت درجة حرارة الماء مرتفعة كلما كانت عملية تطهير الماء أكثر فاعلية عند الدرجات المنخفضة تتطلب عملية التطهير وقت أو زمن تلامس (Contact time) أطول وللإسراع من عملية المعالجة فإنه يلزم زيادة جرعة الكلور المضافة وبالإضافة إلى ذلك فإن الكلور المتحد المتبقي يتأثر أكثر من الكلور الحر المتبقي بانخفاض درجة الحرارة .

تابع العوامل التي تؤثر في عملية التطهير باستخدام الكلور

3- درجة تركيز الأس الهيدروجيني (pH)

تركيز الأس الهيدروجيني للمياه يؤثر على قدرة الكلور في التعقيم لأنه يتحكم في نسبة (HOCl : Hypochlorite ion - OCl-) حيث أن (HOCl) قوي بكثير في قدرته التعقيمية من (OCl-).

4- العكارة :

ارتفاع عكارة المياه تقلل كثيراً من كفاءة المواد الكيميائية المطهرة أي تقلل من كفاءة عملية التطهير نفسها حيث أن الكائنات الحية الدقيقة المختبئة في أو المدمصة علي جزيئات المواد الأخرى في المياه تكون محمية جزئياً من التعقيم ، التعقيم يكون غير فعال إذا كانت عكارة المياه أعلى من 5 وحدات (NTU).

وقد أثبتت الدراسة في محطات المياه أنه عندما يتم ترشيح المياه لتصبح العكارة أقل من 1 NTU فإنه يتم بذلك التخلص من معظم البكتيريا . والمواد العالقة نفسها قد تغير أيضاً من الطبيعة الكيميائية للمياه عندما يتم إضافة المادة المطهرة فكلما زاد تركيزها زاد احتياج المادة المطهرة .

تابع العوامل التي تؤثر في عملية التطهير باستخدام الكلور

5- المواد العضوية : تؤدي المواد العضوية (Organic matters) إلى استهلاك كميات كبيرة من المادة المطهرة (الكلور) وذلك أثناء تكوينها لمركبات غير مرغوب فيها (THMs ، HAA's).

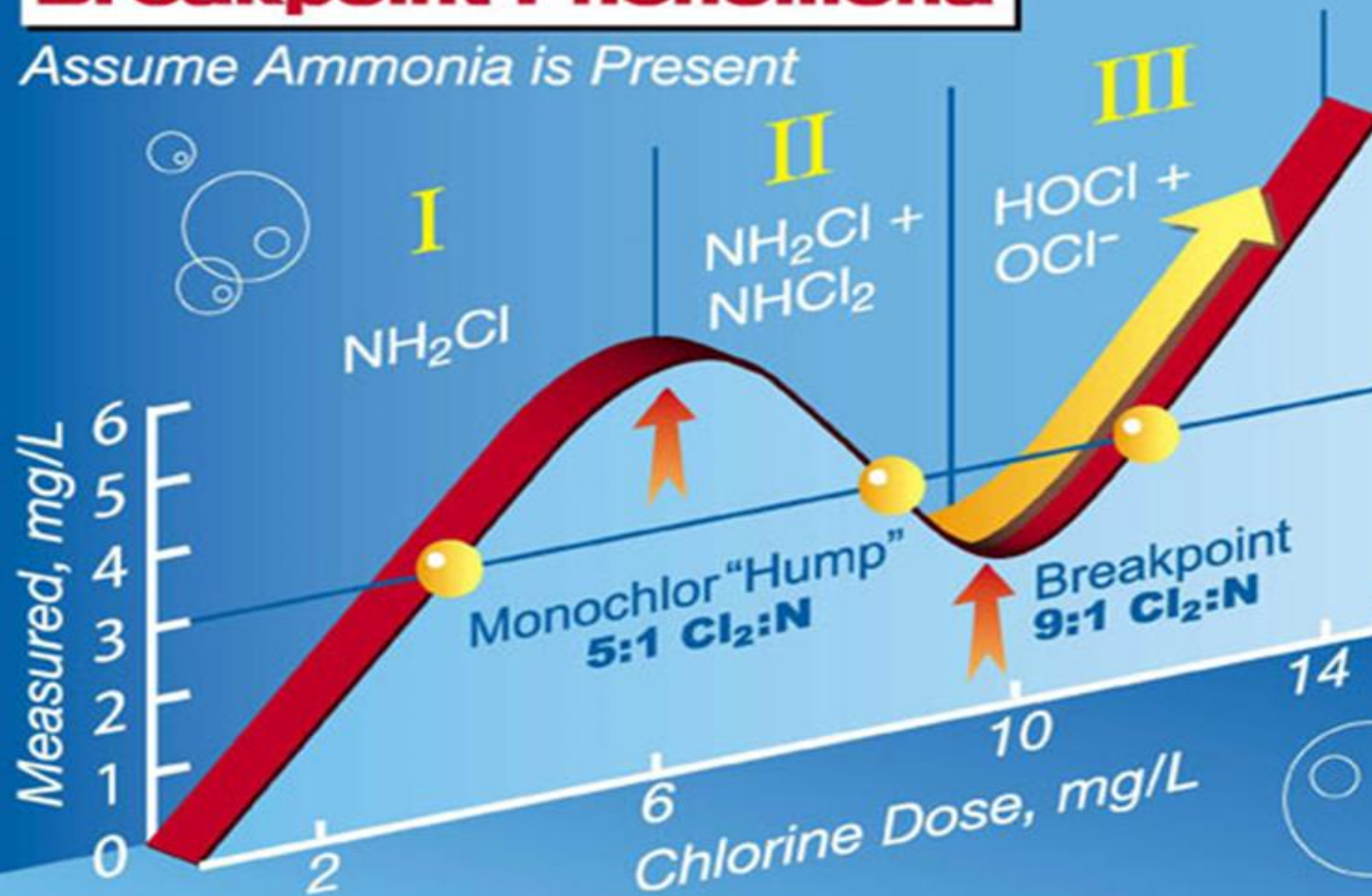
6- المواد غير العضوية : إن وجود بعض المركبات غير العضوية (Inorganic matters) في المياه المراد معالجتها مثل الأمونيا (NH_3) التي تتفاعل مع الكلور وينتج عنها مركبات (Chloramines) ذات التأثير الضعيف في عملية التطهير وكذلك فإن وجود بعض المواد الأخرى مثل الحديد والمنجنيز وكبريتيد الهيدروجين يستهلك كمية من الكلور المضاف ويحوّله الي (Cl^-) الذي ليس له أي تأثير في عملية التطهير .

ثانيا الكلورامين Chloramines

تم استخدام الكلورامين بالولايات المتحدة منذ عام 1920 وانخفضت نسبة الاستخدام اثناء الحرب العالمية لصعوبة الحصول على الامونيا ثم ارتفعت نسبة الاستخدام في الفترة من 1980 الى الان بسبب اكتشاف نواتج التعقيم الخاصة بالكلور .

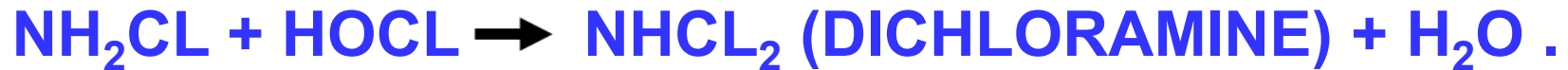
Breakpoint Phenomena

Assume Ammonia is Present



Chloramines

الكلورامين هي المركبات التي تتكون عند تفاعل الكلور مع الامونيا
وفقا للمعادلات الآتية :



تتغير نسب الثلاثة مركبات وفقا لـ

pH - - - TEMPERATURE - - - CL : N RATIO

من الثلاثة صور للكلورامين فإن الـ **Monochloramine** هو
افضل الانواع الثلاث للتعقيم لأنه الاكثر ثباتا كما انه معقم جيد

وليست له رائحة اما الـ **Di , Trichloramine**

فعلى الرغم من انهما اكثر كفاءة من Monochloramine الا
انهما يتسببان في حدوث رائحة نفاذة للمياه كما انها مركبات غير
ثابتة.

خطوات تكون صور الكلور امين اثناء تجربة نقطة الانكسار:

1- عند PH من 7 - 9 ونسبة $CL_2:N$ 5:1 يكون النوع السائد هو Monochloramine وتكون اقصى قيمة لتكونه عند pH 8.4 ويتم التفاعل فى اقل من دقيقة , عند تغير الـ pH اعلى او اقل من 8.4 تقل سرعة التفاعل .



2- عند PH من 4-6 ونسبة $\text{CL}_2:\text{N}$ 1:7.6 يتكون

Dichloramine



عند ظروف التشغيل العادية نسبة الداي للمونو ضعيفة جدا ومصحوبة
بتفاعلات التكسير للكلور المتحد والمركبات العضوية النيتروجينية .

3- نقطة الانكسار تحدث نظريا عند نسبة $\text{CL}_2:\text{N}$ 10:1-15:1 وفقا

للتفاعل الاتي:



غالباً نقطة الانكسار وتحول الامونيا الى نيتروجين او نترات يبدأ
بتكون نسبة من الداكلورامين

4 – الترای كلورامين لا يتواجد الا عند PH من 4 - 3 ونسبة
CL₂:N اعلى من 10:1

الخلاصة : لابد من الحفاظ على نسبة CL₂:N لا تقل عن 5:1
للحصول على المونوكلورامين وتفادي منطقة الهدم والتكسير .

تعيين الكلور المتبقي بطريقة الأيوديمتري عملياً

فكرة التجربة:

- الكلور يحرر اليود من يوديد البوتاسيوم عند PH (8) أو أقل .
- اليود المتحرر يعاير بمحلول قياسي من ثيوسلفات الصوديوم في وجود النشا كدليل عند PH من (3-4) وذلك لأنه عند PH المتعادلة تحدث أكسدة جزئية للثيوسلفات إلى كبريتات .

الكواشف والمحاليل المستخدمة :

- 1- حمض خليك 30 % .
- 2- حمض كبريتيك (1 عياري) : خفف 28 ملل في ماء مقطر إلى واحد لتر .
- 3- يوديد بوتاسيوم : أذب 50 جم في ماء مقطر وأكمل إلى اللتر .
- 4- محلول قياسي من ثيوسلفات الصوديوم (0.1 عياري): أذب 25 جم من ثيوسلفات الصوديوم المائية في لتر من الماء المقطر المغلي.

ملحوظة :

يخزن هذا المحلول لمدة 2 أسبوع ليسمح بأكسدة أي أيون -SO₃2 ويجب استخدام ماء مقطر مغلي .

يتم إضافة كمية قليلة من الكلوروفورم الى هذا المحلول ليققل من التحلل البكتيري .

5 - ثاني كرومات البوتاسيوم (0.1 عياري):

أذب 4.904 جم من ثاني كرومات البوتاسيوم اللامائية في ماء مقطر ويكمل إلى اللتر بالماء المقطر (تخزن في زجاجة محكمة مغلقة) .

6- دليل النشا : -

أذب 1 جم من النشا في قليل من الماء البارد لتكون عجينة رقيقة ثم
نصبها في 100 ملل ماء مقطر مغلي ونقلب جيدا ونستعمل المحلول
الرائق .

7- معايرة محلول الثيوسلفات بمحلول قياسي من ثاني كرومات البوتاسيوم :

نأخذ 10مل من ثاني كرومات البوتاسيوم +20 مل حمض كبريتيك
(1 عياري) + 20مل يوديد بوتاسيوم ويترك في الظلام ليحرر
اليود لمدة 6 دقائق ثم نعاير باستخدام ثيوسلفات الصوديوم (0.1
عياري) لحين ظهور لون أصفر مخضر فاتح

ثم نضيف 1ملل نشا فيصبح لون المحلول أزرق مخضر ونكمل
المعايرة نقطة حتى ظهور لون أخضر فاتح.
يراعى ما يلي عند إجراء المعايرة :-

إضافة النشا قرب نقطة التكافؤ لأنه يحدث ادمصاص لكلا من , 12
- علي جزيئات النشا فيزيد من استهلاك ثيوكبريتات الصوديوم
وتأخر ظهور اللون الأصفر القشي, ولذلك عند ظهور اللون الأصفر
القشي يتم إضافة النشا كدليل .

$$(N \times v) \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = (N \times v) \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$$

$$N \text{ of Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = (0.1 \times 10) / \text{ml of Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$$

consumed

$$N \text{ of Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 1/\text{ml of Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ consumed}$$

● تحضير محلول قياسي من ثيوسلفات الصوديوم 0.01 عياري أو
0.025 عياري :

$(N \times V) \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ before} = (N \times V) \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
after

إذا أتيح : أضف لهذا المحلول بعد تحضيره 4 جم من بورات
الصوديوم + 0.1 جم من يوديد الزئبق ونكمل إلى اللتر ثم نعاير هذا
المحلول كما في الخطوة (7).

خطوات التجربة :-

حجم العينة : نختار حجم للعينة يكون مناسب لاستهلاك من 0.2 إلى 20 ملل من ثيوسلفات الصوديوم (0.01 عياري) , نأخذ عينة 500 ملل لقياس ما بين 1:10 ملجم كلور أما أكبر من 10 ملجم تخفف العينة.

التحضير للمعايرة : العينة + كمية من حمض الخليك كافية لتكون
PH ما بين 4:3 + 20 مل يوديد البوتاسيوم ونعاير بعيدا عن
ضوء الشمس باستخدام ثيوسلفات الصوديوم المائية 0.01 عياري
لحين ظهور اللون الأصفر القشي ثم نضيف 1 مل نشا ونكمل
المعايرة حتى اختفاء اللون الأزرق .

يتم حساب تركيز الكلور من المعادلة التالية :-

$$\text{mg Cl as Cl}_2/\text{l} = \frac{\text{ml of Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ used for sample} \times N \text{ of Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 35.450 \times 1000}{\text{ml of sample}}$$

كيفية إجراء تجربة تحديد نقطة الانكسار (Break point)

بعد تعيين تركيز محلول الكلور كما في الطريقة السابقة أو باستخدام

DPD وبالفرض ان تركيز محلول الكلور كان

1 ملل = 0.5 ملجم كلور

تتم اضافة تركيزات مختلفة من محلول الكلور الى حجم لتر من المياه

الخام لعدد 10 قنينات كما هو مبين بالجدول التالي :

١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	رقم العينة الجرعة
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	حجم محلول الكلور المضاف بالملل
٥,٠	٤,٥	٤	٣,٥	٣	٢,٥	٢,٠	١,٥	١,٠	٠,٥	جرعة الكلور المضافة ملجم / لتر
										تركيز الكلور المتبقي ملجم / لتر

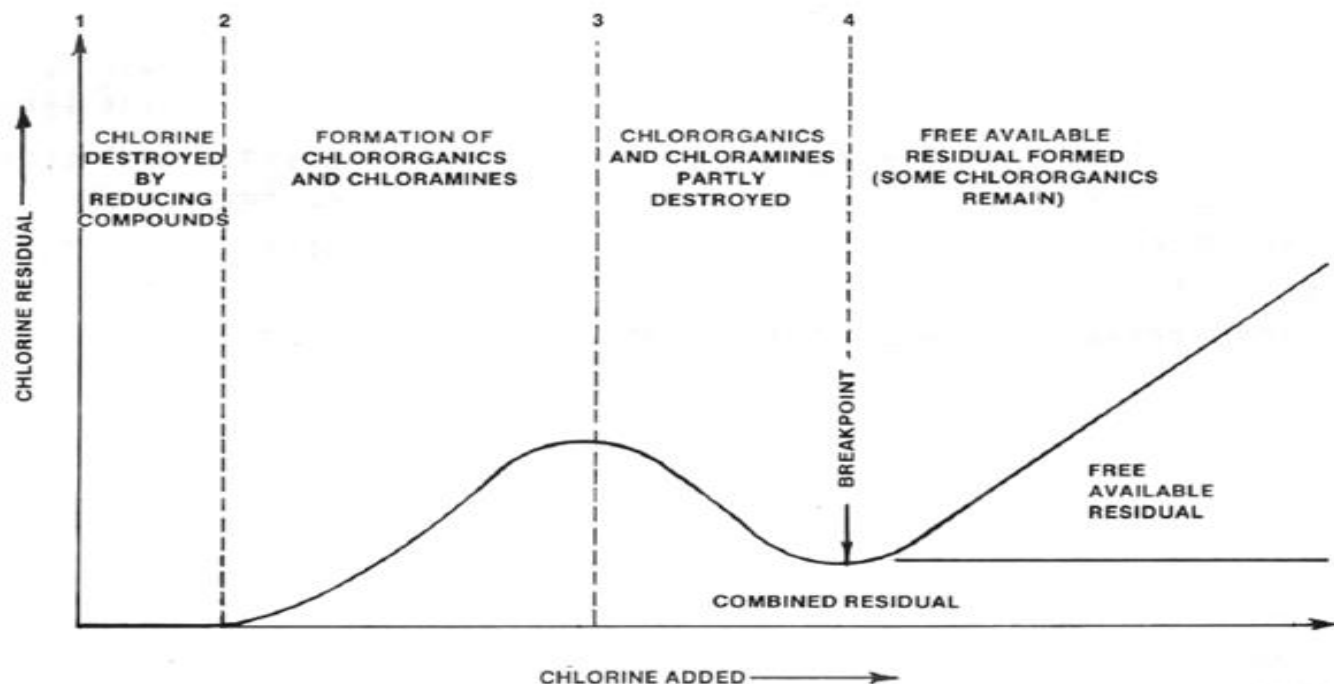
بعد اجراء اضافة جرعات الكلور كما بالجدول السابق .

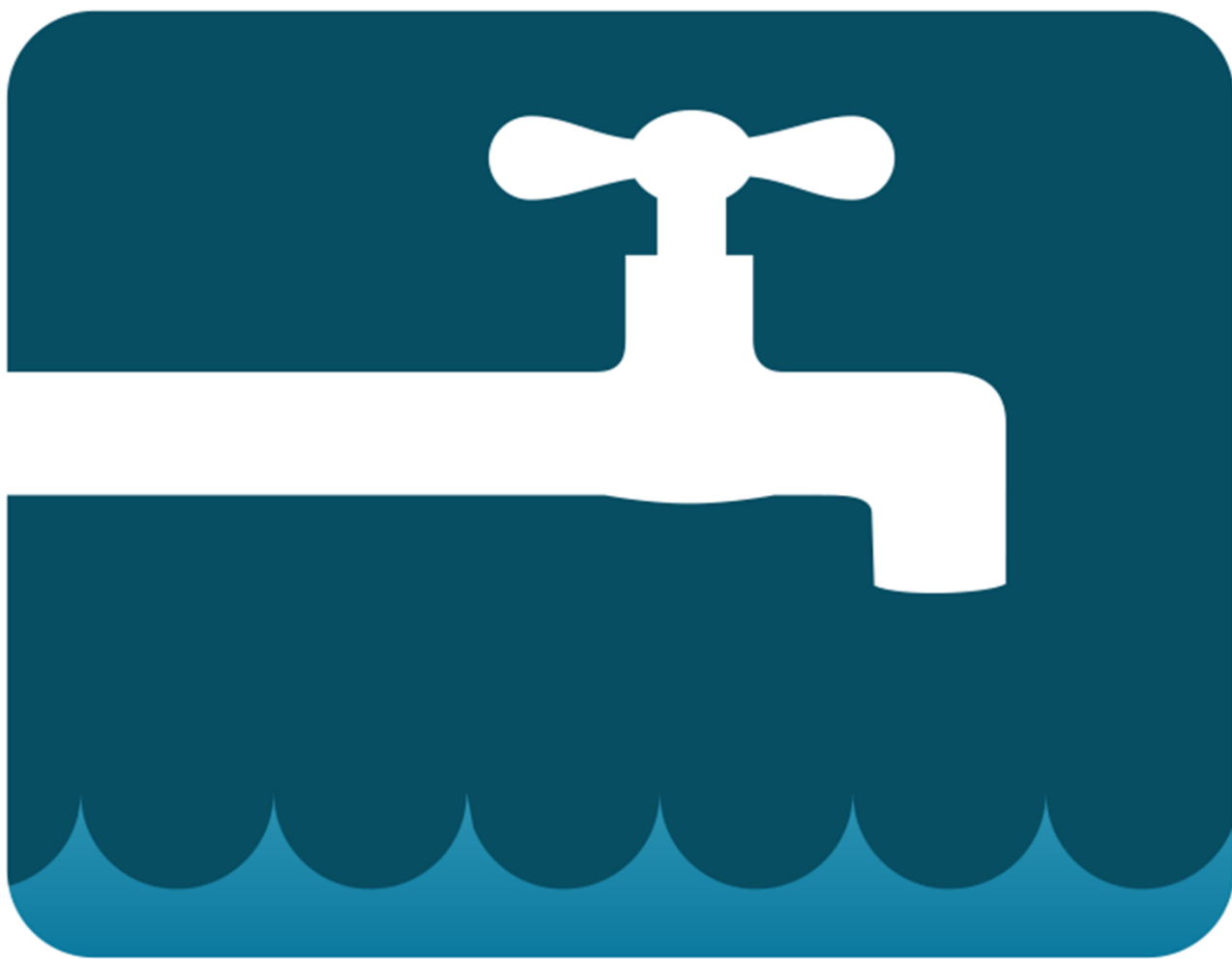
يتم ترك العينات فترة مكث من (30دقيقة : 120 دقيقة) على حسب نوع المحطة هل هي نقالي ام ثابتة (مدة المكث) .

تتم معايرة الكلور الكلي المتبقي كما هو مبين في طريقة الايودين أو باستخدام DPD لقياس الكلور الكلي المتبقي (Total Residual Chlorine).

يتم رسم علاقة بين جرعة الكلور المضافة الكلور الكلي المتبقي
(Total Residual Chlorine) ثم يتم تحديد نقطة الانكسار

من المنحنى .







س1 : اذكر أهم الطرق التي تتم بها عملية التطهير ؟

- التطهير بالمعالجة الحرارية
- التطهير بالمعالجة الإشعاعية
- التطهير بالمعالجة الكيميائية

س2 : ما هي الشروط الواجب توافرها فى المواد المطهرة ؟

1. أن تكون قاتلة للجراثيم .
2. ألا تؤثر علي صحة الإنسان .
3. أن تكون رخيصة الثمن .
4. أن يكون استعمالها سهلا ومأمونا.
5. أن تكون متوفرة محليا أو العمل علي استيرادها طوال العام.
6. أن يكون تخزينها سهلا وآمناً.

س3 : اذكر بعض خواص غاز الكلور الطبيعية ؟

- غاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة.
- اثنى من الهواء مرتين ونصف.
- له رائحة مميزة شديدة النفاذية.
- وزن الذري 35.5 .
- ضعيف القابلية للذوبان في الماء.

- الكلور الرطب مسبب للتآكل.
- غاز الكلور سام ومهيج للأغشية المخاطية.
- يسال تحت الضغط العالي (حوالي 7كجم/ سم²).

س4 : ما هي العوامل المؤثرة على عملية التطهير ؟

1-جرعة الكلور

2-مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس)

3-درجة الحرارة

4-درجة تركيز أيون الهيدروجين

5-عكارة الماء

6-قلوية وحامضية الماء

7-وجود المركبات الآزوتية في الماء

8-وجود مركبات الحديد والمنجنيز

9-نوع وعدد البكتريا المراد القضاء عليها

10- طرق إضافة الكلور

س5 : ما هي الطرق المتبعة عند إضافة الكلور للمياه الخام؟

يتم إضافة الكلور للمياه بإحدى طريقتين :

- إضافة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائد .
- إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب المعملية الدقيقة

س6 : ما الفرق بين جرعة الكلور والكلور المستهلك ؟

الكلور المستهلك :-

هو الفرق بين كمية المضافة للماء وكمية الكلور المتبقي (الحر والمتحد) في الماء بعد انتهاء فترة التلامس .

جرعة الكلور :-

هي اقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفي للقضاء على الكائنات الحية ، وينتج عنها كلور متبقي في حدود معينة (0.2 ملجم /لتر ماء).

س7: أذكر نقاط الحقن وأماكنها؟

- نقطة حقن الكلور المبدئي :- Pre-chlorination
- نقطة حقن الكلور المتوسط :- Medium- chlorination
- نقطة حقن الكلور النهائي :- Post- chlorination