الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحي

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 تؤدى 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)

تنص جميع معايير مياه الشرب الدولية والقومية على:

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

٢- 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 .

التعقيـــــم / التطهير Disinfection / Sterilization

يجـب أن تكـون ميـاه الشـرب خاليـة تمامـا مـن الجـراثيم المسـببة للأمراض وذلك من خلال عمليات التطهير

تتسـبب الجـراثيم الموجـودة بالميـاه فـي حـدوث أمـراض تتـراوح خطورتها بين الأمراض المتوسطة وتلك التي قد تؤدى الى الوفاة .

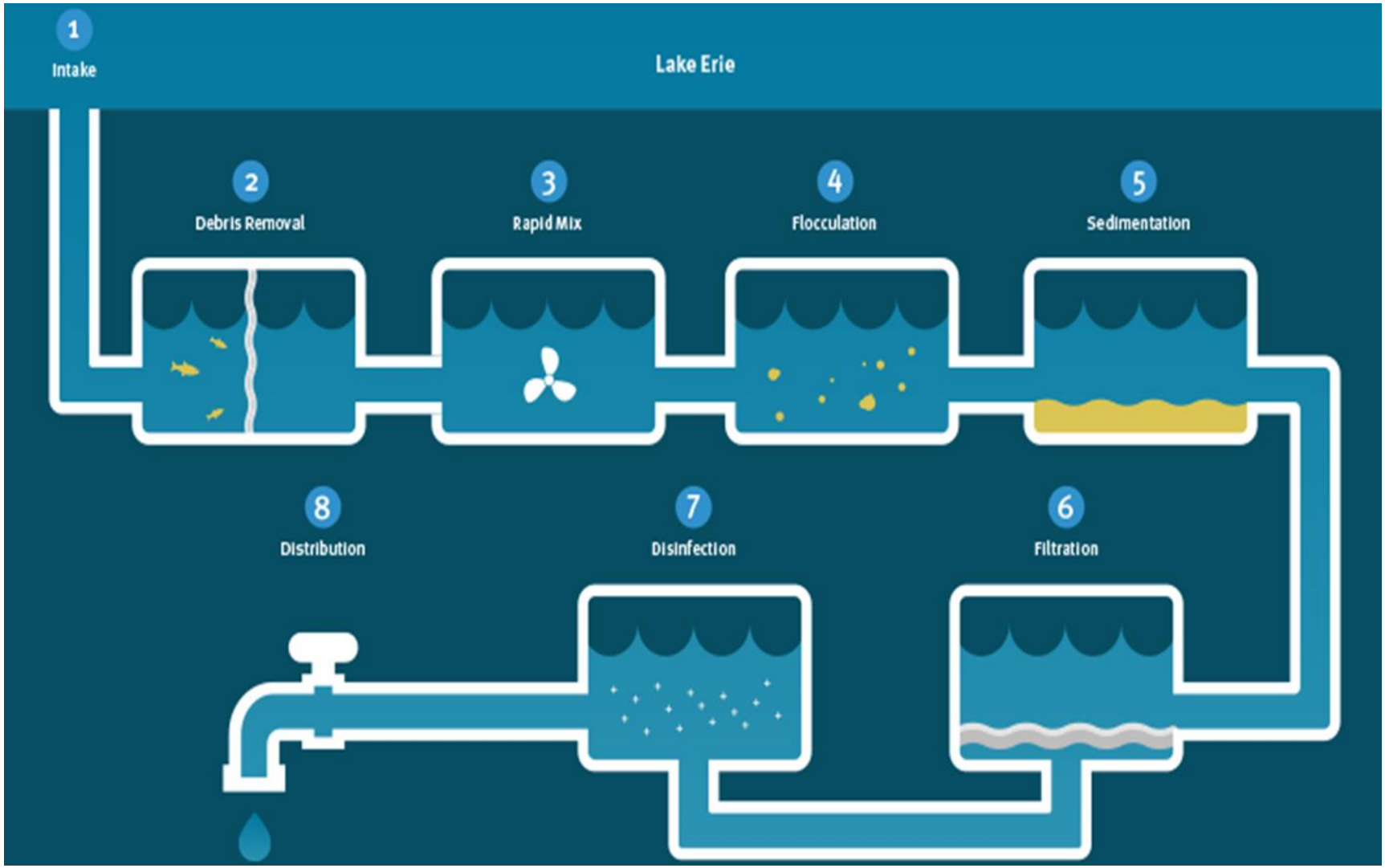
التطهير

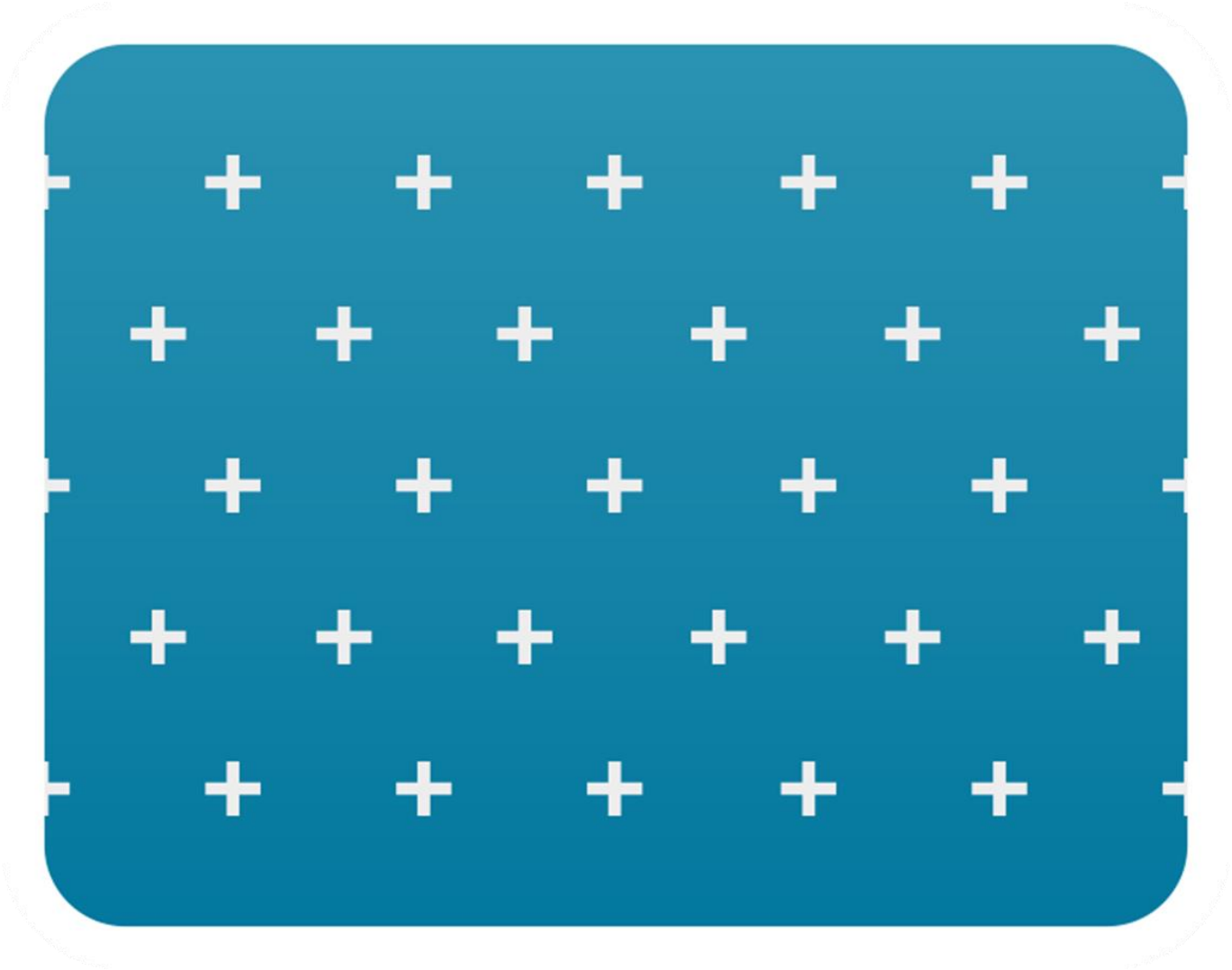
disinfection

الحاجة إلي 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 وعلي الأخص البكتريا ذات الأصل المعوي (البكتريا القولونية) أن تعيش لفترات طويلة.


1
Intake
Lake Erie
2
Debris Removal
3
Rapid Mix
4
Flocculation
5
Sedimentation
8
Distribution
7
Disinfection
6
Filtration



يمكن عمل تحسين لنوعية المياه بعدة طرق

١- حماية وتحسين المصدر.

٢- كما يستطيع المرشح الرملي البطيء إزالة ٩٠% من نسب البكتريا.

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

مثل (الكلور والهيبوكلوريت وبرمنجانات البوتاسيوم و.....)

الكائنات الموجودة في المياه

أنواع الكائنات الحية من حيث التأثير علي الصحة:

Pathogenic organisms are disease causing

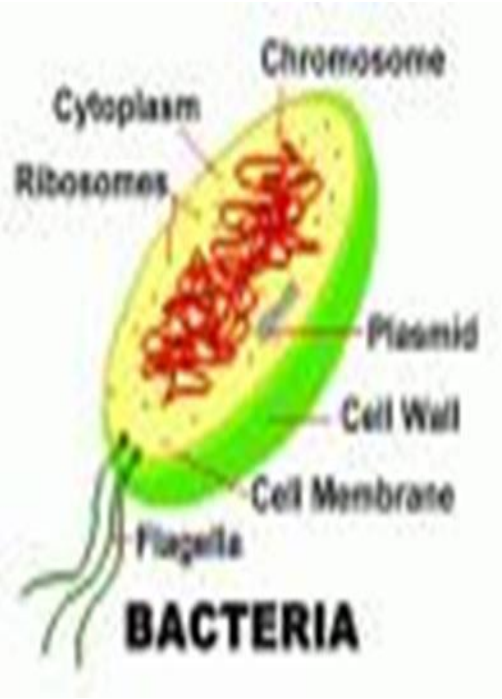
Non-pathogenic organisms are non-disease causing

أنواع الكائنات الممرضة :

Bacteria, Viruses, & Protozoa

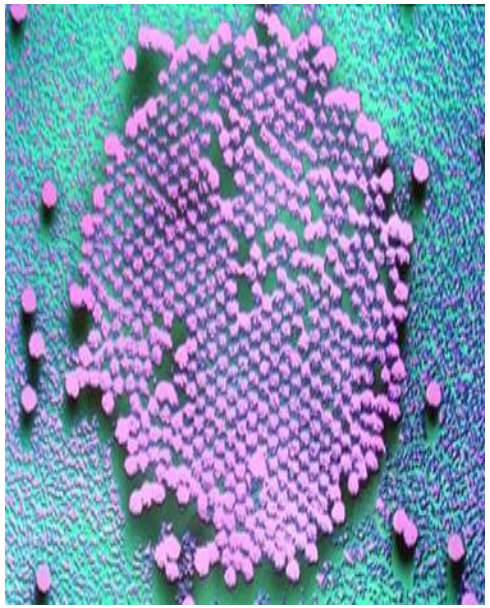
Bacteria

Organism	Disease	Primary Source
Shigella	Bacillary disentary	Human Feces
Salmonella	Salmonellosis	Human/animal Feces
E. Coli	Gastroenteritis	Human Feces
Vibro Cholerae	Cholera	Human Feces



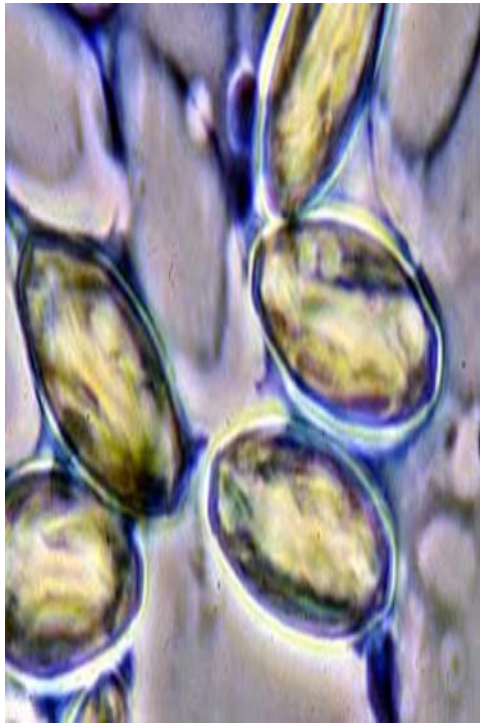
Viruses

Organism	Disease	Primary Source
Hepatitus A	Infectious Hepatitis	Human Feces
Coxsackievirus A&B	Aseptic meningitis	Human Feces
Rotavirus	Gastroenteritis	Human Feces
Adenoviruses	Upper respiratory & Gastrointestianilln	Human Feces



Protozoans

Organism	Disease	Primary Source
Giardia lamblia	Giardiasis	Human/animal Feces
Cryptosporidium	Cryptosporidiosis	Human/animal Feces
Entamoeba histolytica	Aomebic dysentary	Human/animal Feces



طرق التطهير

فيزيـــــــائيـــــــــــة

كيمـــــــــائيـــــــــة

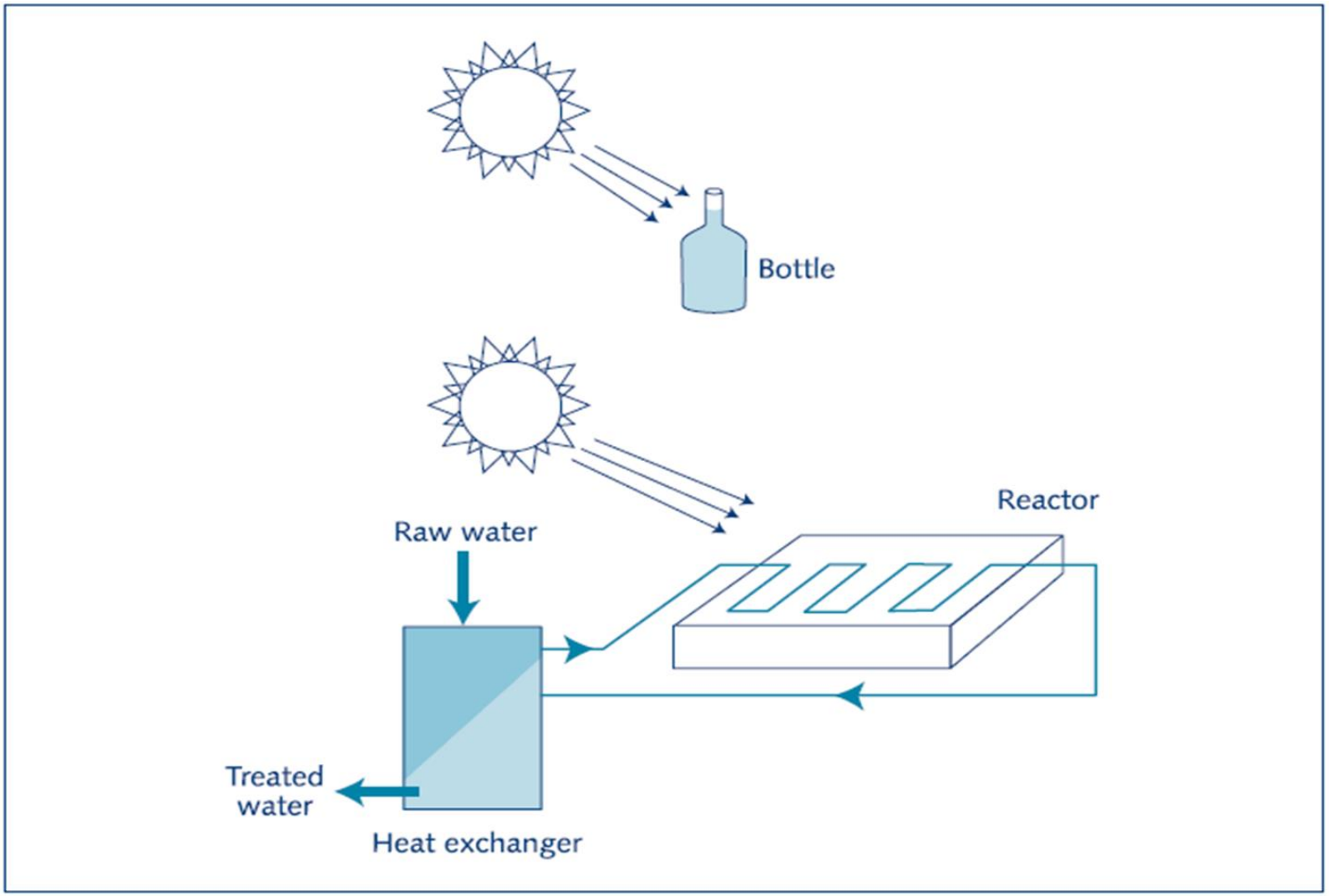
طرق التطهير الفيزيائية:

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 كعلاج 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 ٦٢,٨ درجة مئوية لمدة ٣٠ دقيقة أو ٧١,٧ درجة مئوية لمدة ١٥ ثانية كافية لإزالة بكتيريا التي تنتقل عن طريق المياه، والفيروسات المعوية من المياه الملوثة.


Bottle
Reactor
Raw water
Treated water
Heat exchanger

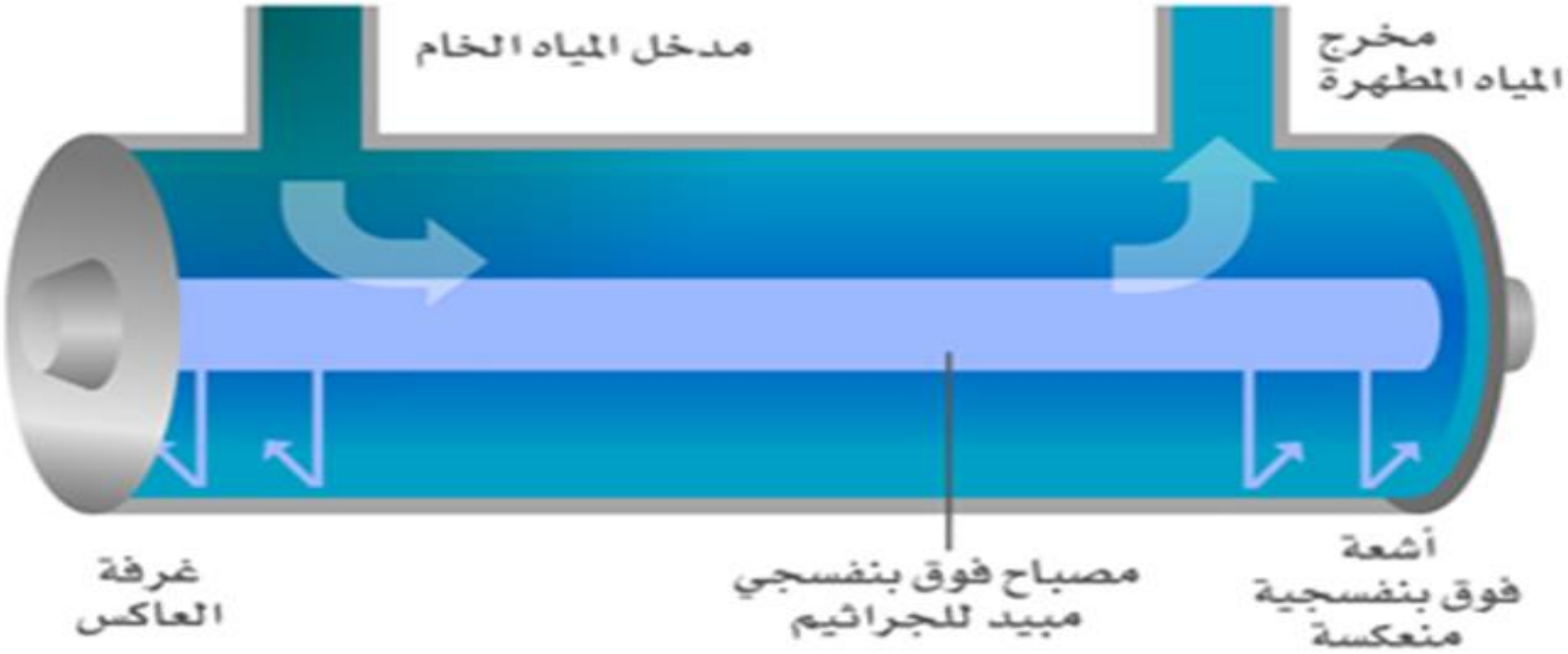
الاشعة الفوق بنفسجية

آليـة التطهيـر هـو تـأثير الموجـات القصـيرة علـي (DNA) للكائنـات الدقيقة والفيروسات، وقتلهم في وقت قصير جدا.

المعلمات الأكثر أهمية تحديد كفاءة التطهير هي:

- طول الموجة
- حالة الماء
- شدة الإشعاع
- نوع الكائنات الدقيقة

الإشعاع فوق البنفسجي

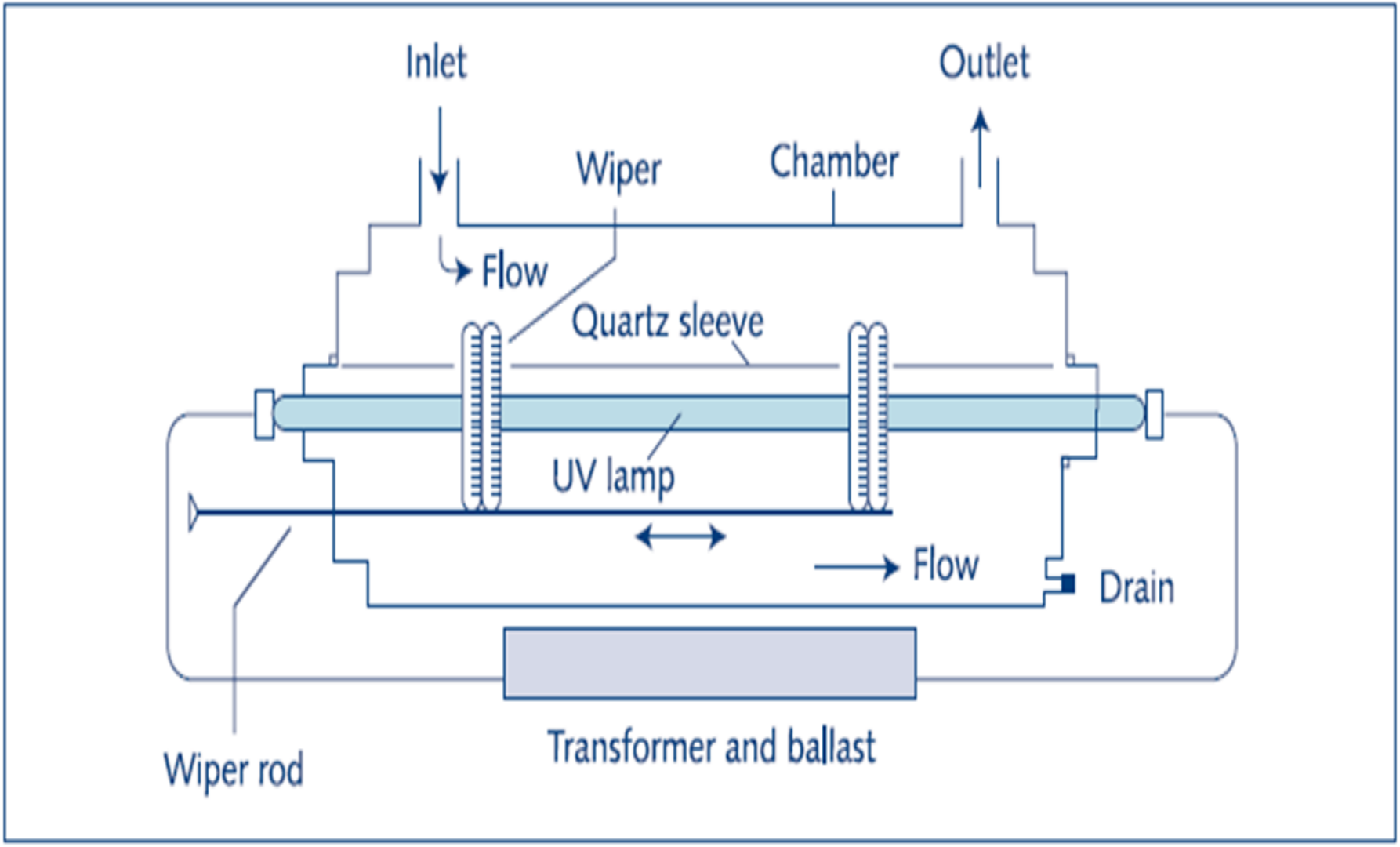


الاشعة الفوق بنفسجية

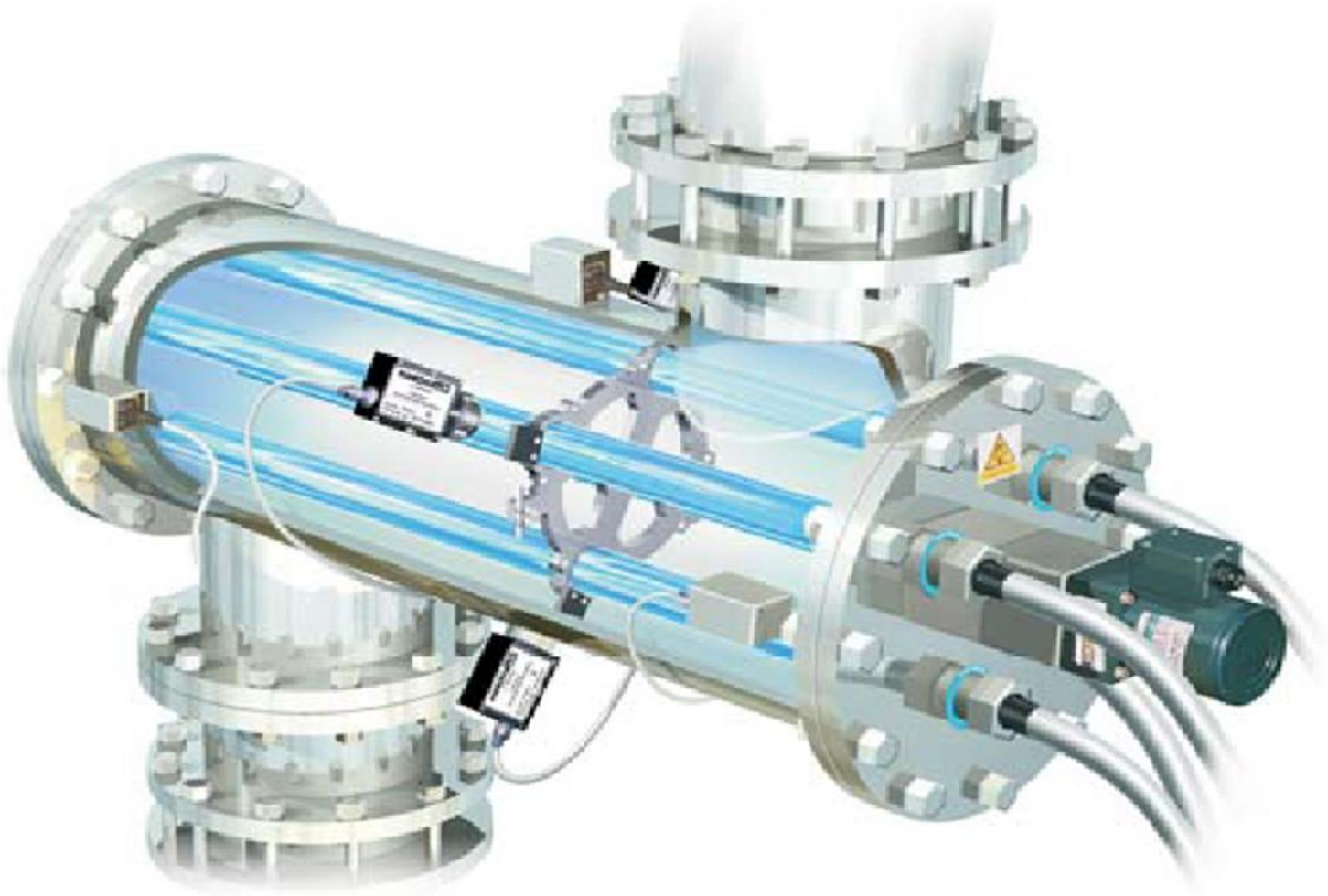
موجات الأشعة فوق البنفسجية تتراوح بين ١٠٠-٤٠٠ نانومتر:

- الأشعة فوق البنفسجية ٣١٥ - ٤٠٠ : A نانومتر
- الأشعة فوق البنفسجية 315 -280: B نانومتر
- الأشعة فوق البنفسجية ١٠٠ - ٢٨٠: C نانومتر

الجزء مبيد للجراثيم هي الأشعة فوق البنفسجية C


Inlet
Outlet
Wiper
Chamber
Flow
Quartz sleeve
UV lamp
Flow
Drain
Wiper rod
Transformer and ballast

الأشعة فوق البنفسجية

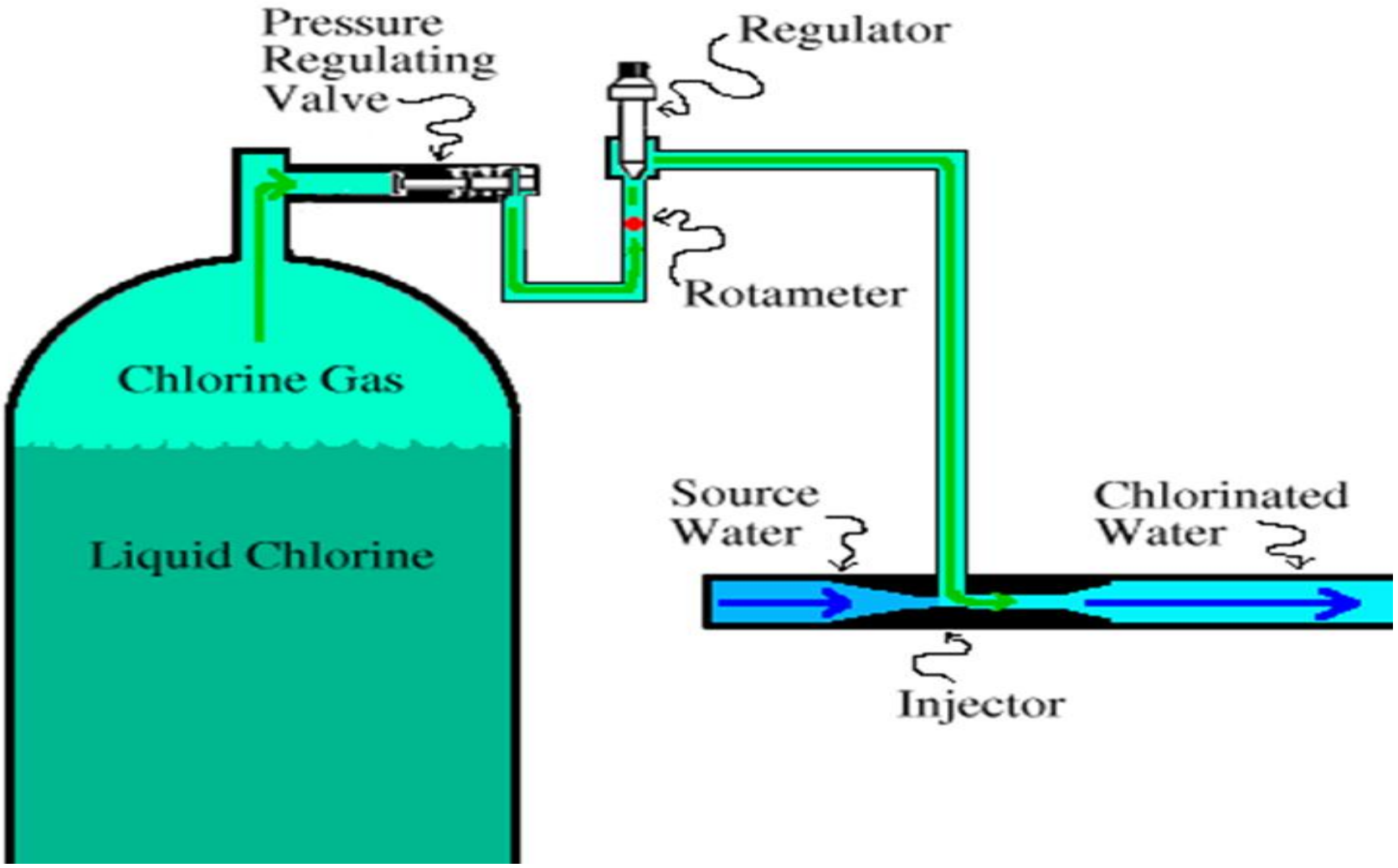


طرق التطهير الكيميائية:

- الكلور ومركباته
- البرمنجانات
- الاوزون
- اليود
- المعادن مثل النحاس والفضة وغيرها .....

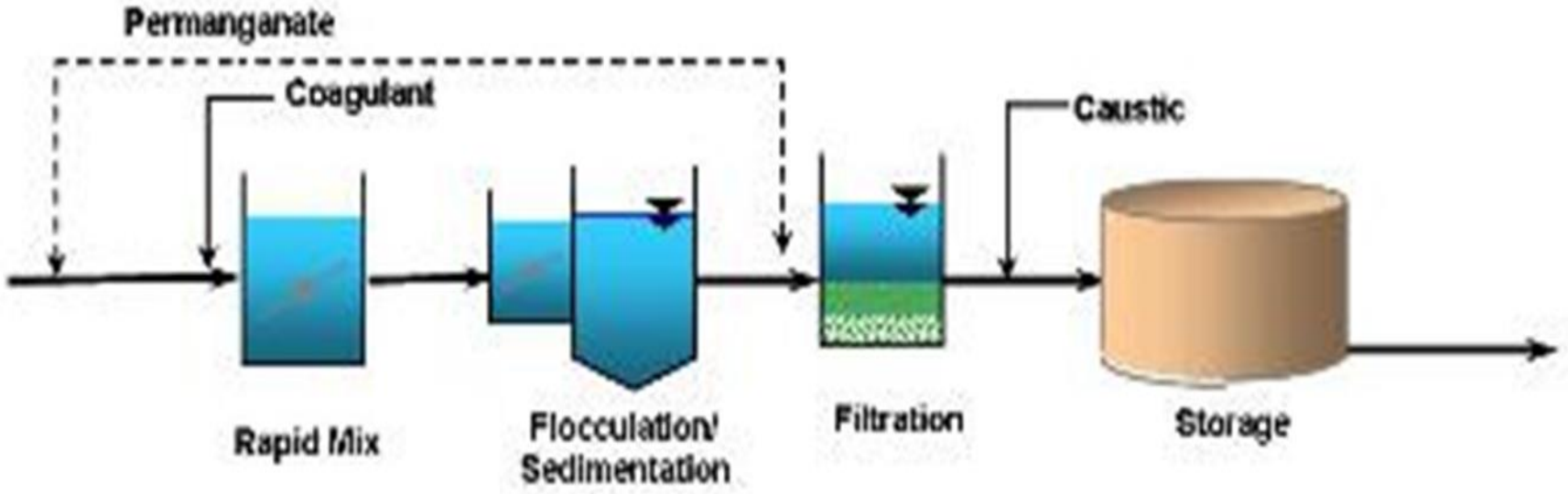
الكلور ومركباته

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


Pressure
Regulating
Valve
Regulator
Rotameter
Chlorine Gas
Liquid Chlorine
Source
Water
Chlorinated
Water
Injector

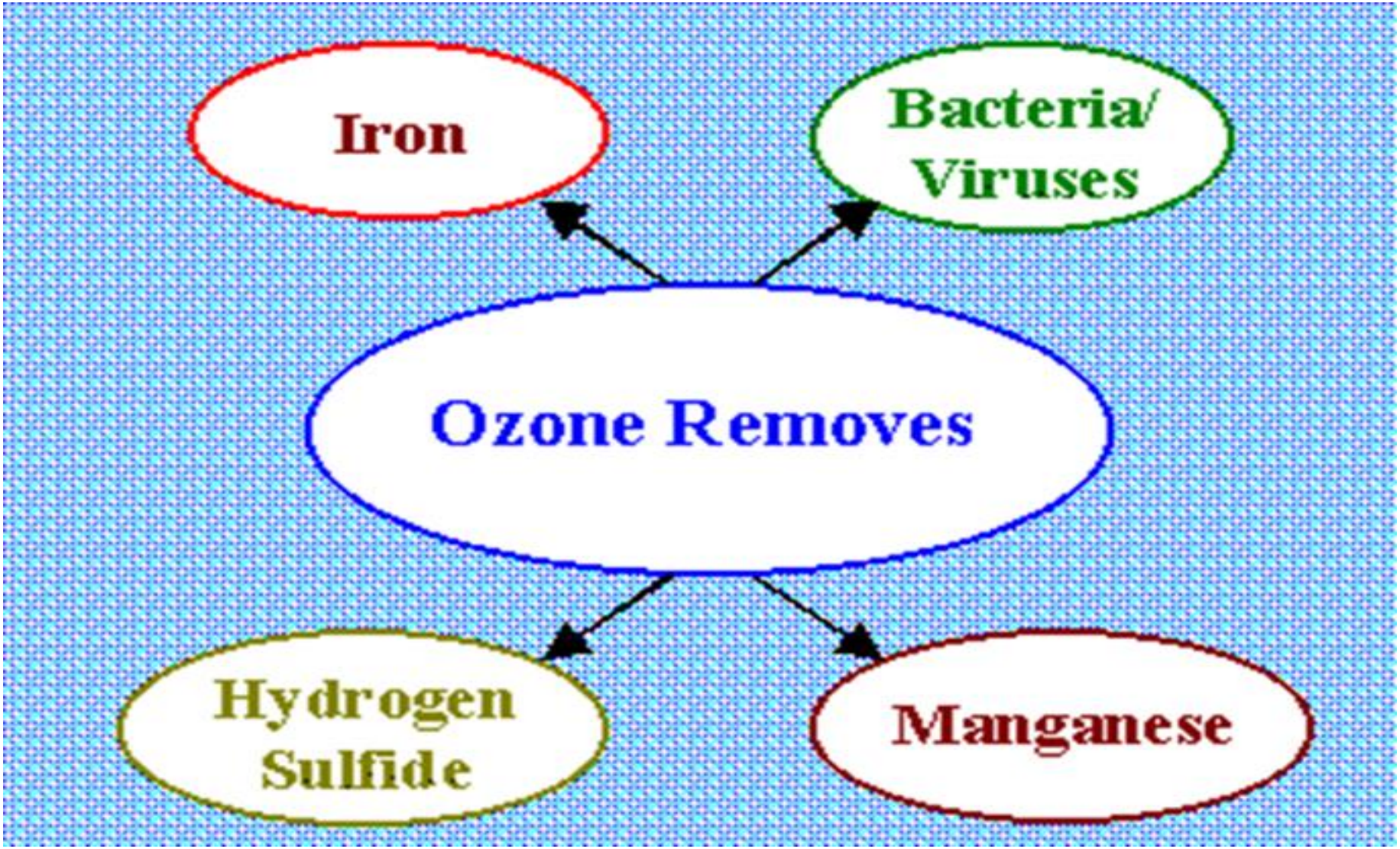
البرمنجانات

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.



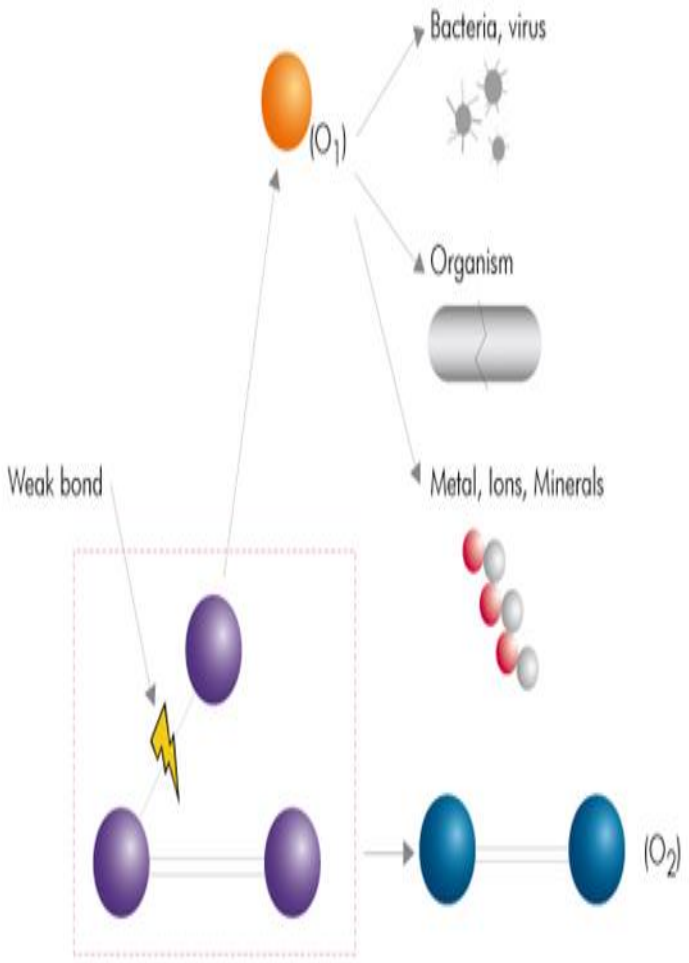
الأوزون

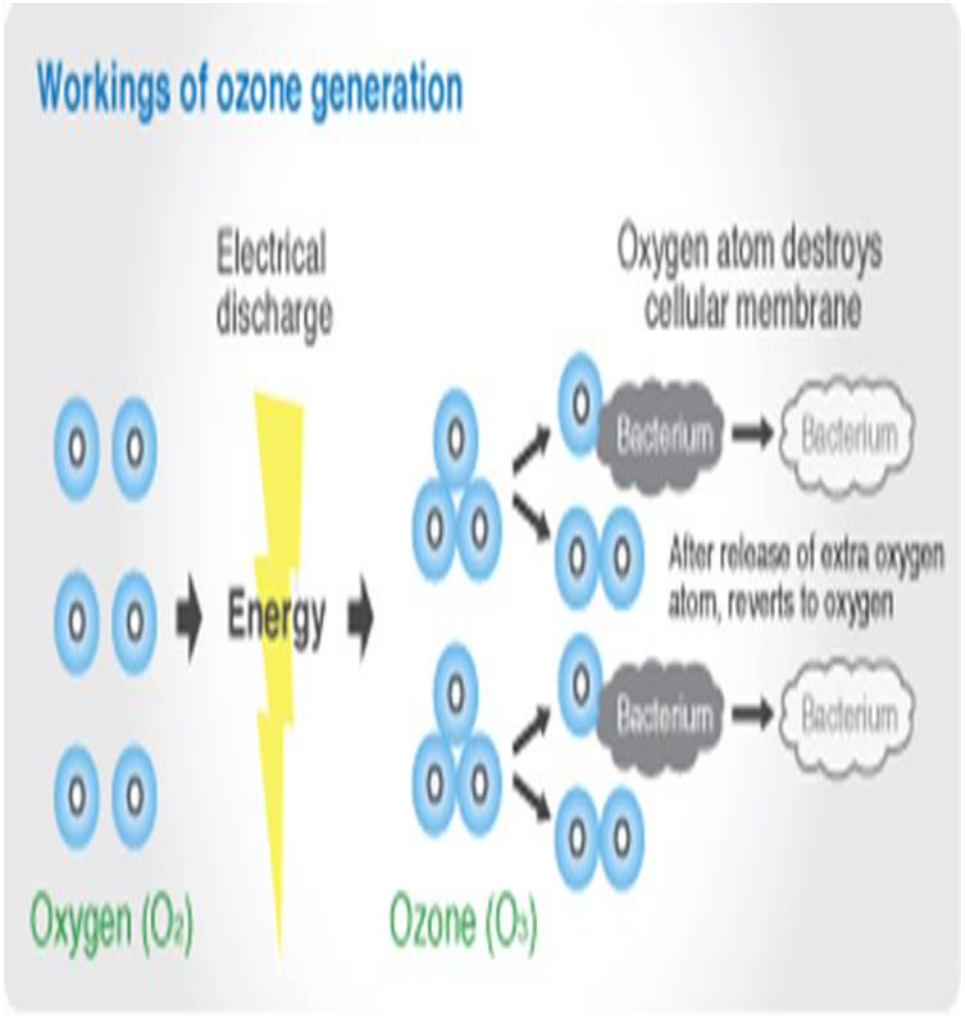
يستخدم غاز الأوزون في تعقيم المياه في الدول الأوروبية لفاعليته في قتل مسببات الأمراض وإزالة أسباب الطعم والرائحة من المياه . ويستعمل الأوزون في عمليات المياه الكبرى والصغيرة وحمامات السباحة ويستخدم في مصر لتعقيم المياه المعبأة.


Iron
Bacteria/
Viruses
Ozone Removes
Hydrogen
Sulfide
Manganese

الأوزون

الأوزون مؤكسد قوي جدا، 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 عادة متبقى قابل للقياس.


Bacteria, virus
(O_1)
Organism
Weak bond
Metal, Ions, Minerals
(O_2)


Workings of ozone generation
Electrical discharge
Oxygen atom destroys cellular membrane
Energy
Bacterium
Bacterium
After release of extra oxygen atom, reverts to oxygen
Bacterium
Bacterium
Oxygen (O_2)
Ozone (O_3)

اليود

اليـود لـه خصـائص جذابـة كمطهـر. وذلـك لأنـه فعـال ضـد البكتريـا والفيروسـات فـي مـدي واسـع مـن الاس الهيـدروجيني. فـي الواقـع، 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 علـي نطـاق واسـع. وذلـك لأنـه أكثـر تكلفـة (حـوالي عشـر مـرات أكثـر تكلفــة) مــن الكلــور كمــا أن اســتخدامه ذو تــأثير علــي الاشــخاص الحساسين علي اليود.

المعادن مثل النحاس والفضة

الأيونات المعدنية عدة (الذهب والفضة والنحاس والزئبق وغيرها) لها خصائص مبيد للجراثيم معظمها تسمى .oligodynamia، الا انها لها مجموعة من العيوب:

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

شروط ومواصفات المادة المطهرة

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

١. أن يكون غير سام .

٢. الإقلال من تكون نواتج التعقيم Disinfectants byproducts.

٣. التحكم في نمو الأنواع الأخرى من الجراثيم .

٤. إزالة الفيروسات (enteric viruses) بنسبة ٩٩.٩ % .

٥. إزالة حويصلات الجارديا لامبليا (giardya cysts)

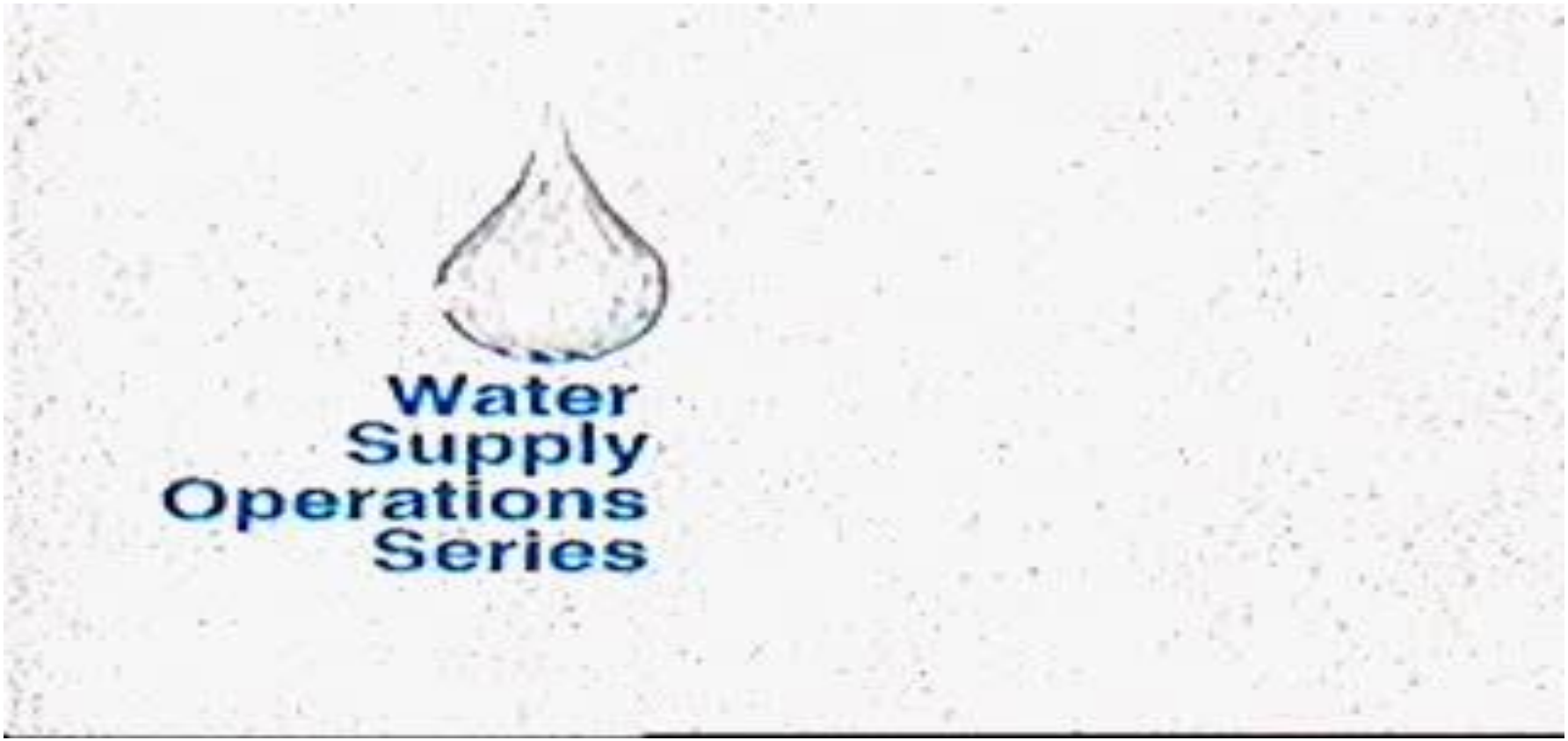
تستخدم المادة المطهرة علي مرحلتين:

أ - التطهير الاولى (Primary disinfectant)

ب - التطهير الثانوي (Secondary disinfectant)

أنواع المطهرات المستخدمة في معالجة مياه الشرب

- الكلور CL2
- ثاني أكسيد الكلور CLO2
- الكلورامين NH2CL
- الأشعة فوق البنفسجية UV
- الأوزون O3


Water
Supply
Operations
Series

مميزات وعيوب المواد المطهرة

المادة	الكلور	ثاني أكسيد الكلور	الكلورأمين
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 Cryptospiridium , 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 مكلورة 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 تكّون الهالواسيتك أسيد والتراي هالوميثان. ▪ أقل طعم ورائحة من الكلور الحر
العيوب	➢ ليس له تأثير علي Cryptospiridium . ➢ 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 النتائج والمتبقيات . ➢ له مشاكل استثنائية في الطعم والرائحة. ➢ ذو تكلفة عالية.	➢ عامل مطهر ومؤكسد ضعيف . ➢ يتطلب نقل وتداول الامونيا ومركباتها الكيميائية المكلورة . ➢ الامونيا لها تأثير سام علي الاسماك . ➢ له تأثير ضار علي وظائف الكلي

مميزات وعيوب المواد المطهرة

المادة	الأوزون	الأشعة فوق البنفسجية
مميزات	▪ له تأثير علي Cryptospiridium والموجودة بتركيزات عالية . ▪ أقوي عامل مؤكسد ومطهر متاح . ▪ لا يكّون مركبات مكلورة من الـ THMs , HAAs. ▪ يؤكسد المواد العضوية .	▪ لها تأثير علي Cryptospiridium. ▪ تعمل علي تثبيط نشاط معظم الفيروسات والبكتريا وبعض الجراثيم المتحوصلة. ▪ لا ينتج عنها نواتج ثانوية. ▪ لا تحتاج الي كيماويات لتوليدها ولا الي تداول او تخزين.
عيوب	➢ 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

مقدمـــة

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 :

١- التطهـــير :

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

٢- 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

٣- الأكســـــدة :

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

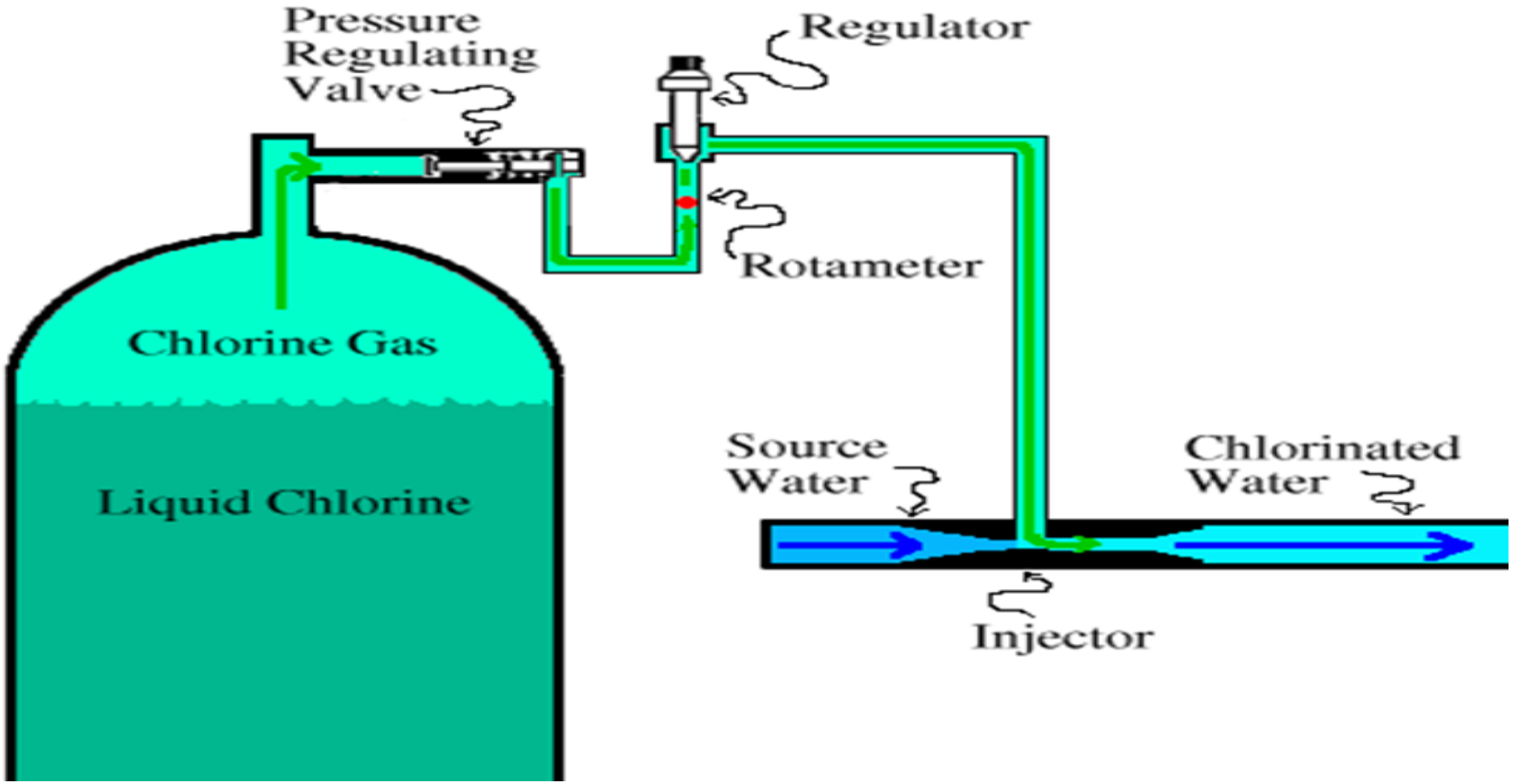
وأكثر مواد التطهير الكيميائية استخداماً هى مادة الكلور وذلك لسهولة الحصول عليه ورخص ثمنه

ويترك كلور متبقى "Residual Chlorine" يمكن قياسه

Hsfhf

التطهير Disinfection

استخدامات غاز الكلور في محطات المياه :



خصائص غاز الكلـــور

١. غاز الكلور لونه أصفر مائل إلى الخضرة وهو أثقل من الهواء مرتين ونصف .

٢. له رائحة مميزة شديدة النفاذية .

٣. 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 يؤدى إلى تهيج الأغشية المخاطية والجهاز التنفسي والبشرة .

CHLORINE
CHLORINE
CHLORINE

خواص الكلـــور

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

الكلور السائل :-

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

- وتمتلئ اسطوانة الكلور بالسائل تماماً عندما تصبح درجة حرارته ٨ـ٦٧ ° م
- ولذلك يلتزم دائماً بعدم ملء اسطوانات الكلور بأكثر من ٨٥% 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 ٤٦٠ وحدة حجم من الكلور الغازي .
- وبالتالي فإنه عند وجود تسرب في اسطوانة الكلور يتحتم تعديل وضع الاسطوانة بحيث تكون منطقة التسرب في أعلاها لكى 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 ٦٥-٧٠% 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 .

ProMinent

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 ٠.٥ ملجم/لتر) .

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

كمية الكلور المطلوب إضافتها للمـاء المطلوب معالجته :

هي حاصل ضرب جرعة الكلور × كمية المياه المعالجة وهى غالباً تحدد في الساعة

ووحدتها كجم / س .

مثال :

ما هي كمية الكلور المطلوب إضافتها لمعالجة ٢٠٠٠ م٣ / س إذا كانت جرعة الكلور المناسبة ٥ جم / م٣.

الحـــل :

كمية الكلور المطلوبة = ٢٠٠٠م٣ / س × ٥جـــــــــم / م٣ =

١٠٠٠٠ جم / س = ١٠ كجم / س

وفى حالة إضافة هيبوكلوريت الكالسيوم تركيز ٦٥% بدلاً من الكلور دون حدوث أي تأثير على المياه المعالجة فإنه يلزم معرفة كمية الكلور المطلوب إضافتها .

$$\text{كمية الهيبوكلوريت التى تعوض كمية الكلور} = \frac{\text{كمية الكلور} \times ١٠٠}{\text{نسبة تركيز الهيبوكلوريت}}$$

مثـال :

ما هي كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٦٥%) التـي تضـاف إلـى الميـاه بدلاً من ١٠ كجم كلور .

$$\text{كمية هيبوكلوريت الكالسيوم} = \frac{\text{١٠ كجم} \times ١٠٠}{٦٥} = \text{١٥,٣٨٥ كجم}$$

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

مثـــــال:

ما هي كمية الكلور المستهلك إذا كان الكلـور الكلـي المتبقـي ١.٥ جم / م٣ بعد إضافة ٥٠ كجم كلور لكمية مياه مقدارها ٢٠٠٠٠ م٣ ؟

الحـــل:

كميـــة الكلـــور الكلـــي المتبقـــي= ١.٥جـــم / م٣ × ٢٠٠٠٠م٣ = ٣٠٠٠٠جم = ٣٠ كجم

الكلور المستهلك = الكلور المضاف - الكلور الكلي المتبقي

الكلور المستهلك = ٥٠ - ٣٠ = ٢٠ كجم

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

الكلور المتبقي (Total Residual Chlorine) نوعان هما

١- الكلــور المتحــد المتبقــي (Combined Residual Chlorine)

٢- الكلور الحر المتبقي (Free Residual Chlorine)

التفاعلات الكيميائية للكلور :

١- التفاعلات مع المـــاء : يتحــد الكلــور الحــر مــع المـاء مكونــاً حمـــض الهيبوكلـوروز (Hypochlorous acid) وحمـض الهيدروكلوريك (Hydrochloric acid):

Chlorine + Water → hypochlorous acid + hydrochloric acid

$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$

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 -

عنـد عمـل المحلـول المخفـف للكلـور وتركيـز الأس الـهيـدروجيني (pH) أعلى من (٤) فإن تكون حمض الـهيبوكلـوروز يكـون كـاملا ويترك كميات قليلة من الكلور الحر (Cl2)

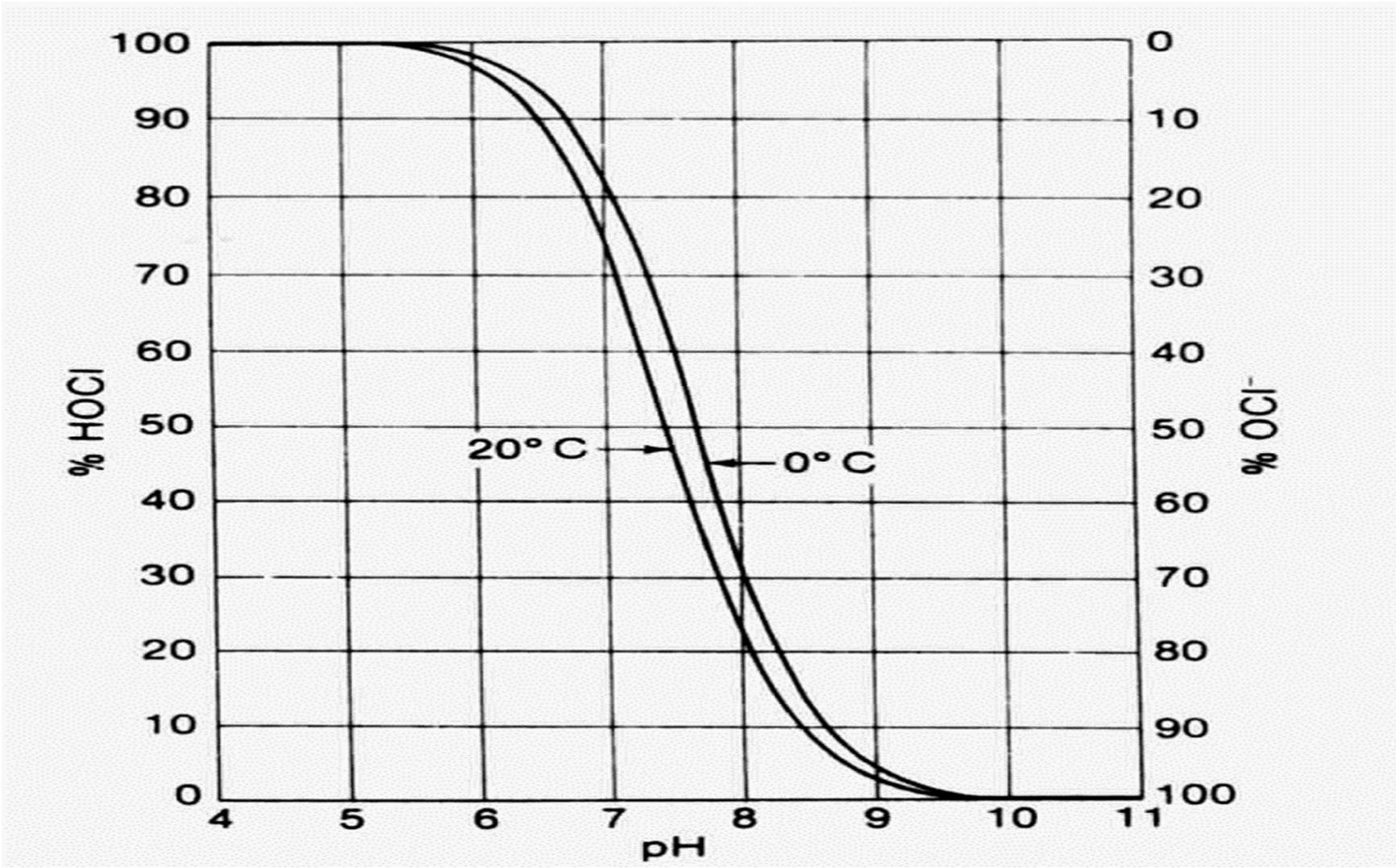
وحمـض الـهيبوكلـوروز حـامض ضـعيف ومـن السـهل أن يتـأين أي ينفصل إلى أيونات عند pHأقل من (٦) .

على هذا فإن أي كلور حر (Cl2) أو هيبوكلوريت (OCl-) يضاف إلى الماء سيكون في الحال إما حمض الهيبوكلوروز (HOCl) أو ايون الهيبوكلوريت (OCl-) ويتحدد هذا بقيمة الـ pH للماء.

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

فالأول له مقدرة كبيرة على التطهير عن الثاني. وفى المعتاد إذا كان الأس الهيدروجيني للماء حوالى ٧.٣ فإن ٥٠% من الكلور يكون على شكل حمض الهيبوكلوروز والباقي على شكل ايون هيبوكلوريت.

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


100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
% HOCl
20° C
0° C
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
% OCl-
4
5
6
7
8
9
10
11
pH

٢- 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 .

٣- 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 الكترونات 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 يلى :

$$H_2S + Cl_2 + O^{-2} \longrightarrow S\downarrow + H_2O + 2\,Cl^-$$

وتتم الأكسدة الكاملة لكبريتيد الهيدروجين وتتم كما يلى:

Hydrogen sulfide + Chlorine + Water →

Sulfuric acid + Hydrochloric acid

$$H_2S + 4\,Cl_2 + 4\,H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 8\,HCl$$

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 .

٤- 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 .

٥- 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

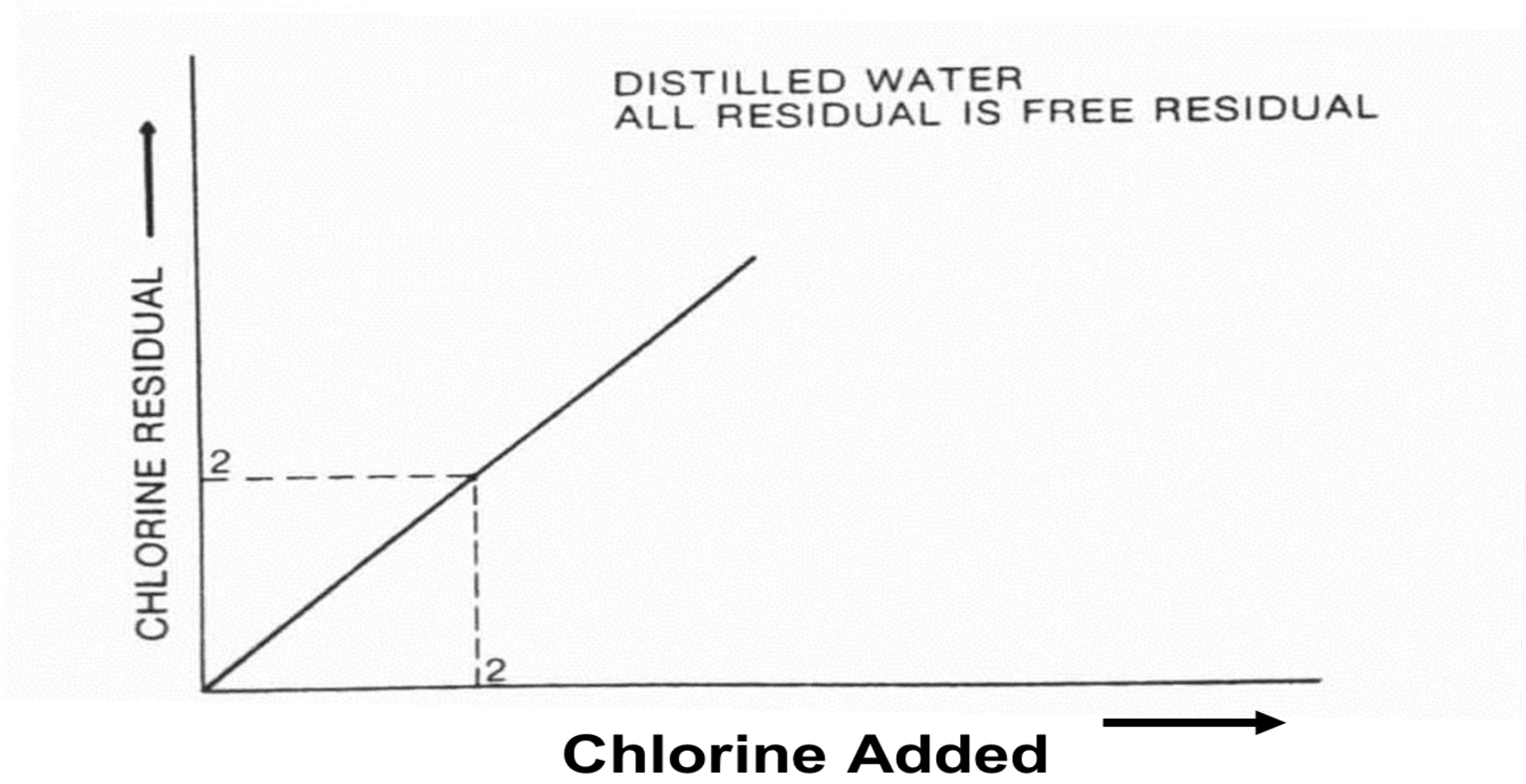
أولاً الكلور :

الكلور هو اكثر 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

$Cl_2 + H_2O \rightarrow$ **HOCl (Hypochlous Acid) + HCl**

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

$$Ca(OCl)_2 + 2H_2O \rightarrow Ca^{++} + 2HOCl + 2OH^-$$

$$NaOCl + H_2O \rightarrow HOCl + Na^+ + OH^-$$

تركيز الكالسيوم هيبوكلوريت ٣٣% او ٦٥% و محلول الصوديوم هيبوكلوريت ٥ - ١٥ % .

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 (Cl_2 + HOCl + 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	OCl^-	1/100
Trichloramine *	NCl_3	†
Dichloramine	$NHCl_2$	1/80
Monochloramine	NH_2Cl	1/150

Break point Chlorination نقطة الانكسار

يتفاعل الكلور في الماء بالترتيب الاتي :

١- مع المركبات المختزلة (النيتريت - الحديد – المنجنيز –السلفايد)

ويتم تحويل الكلور الى كلوريدات ولا يوجد أي كلور متبقى في هذه المرحلة (كلور مستهلك)

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

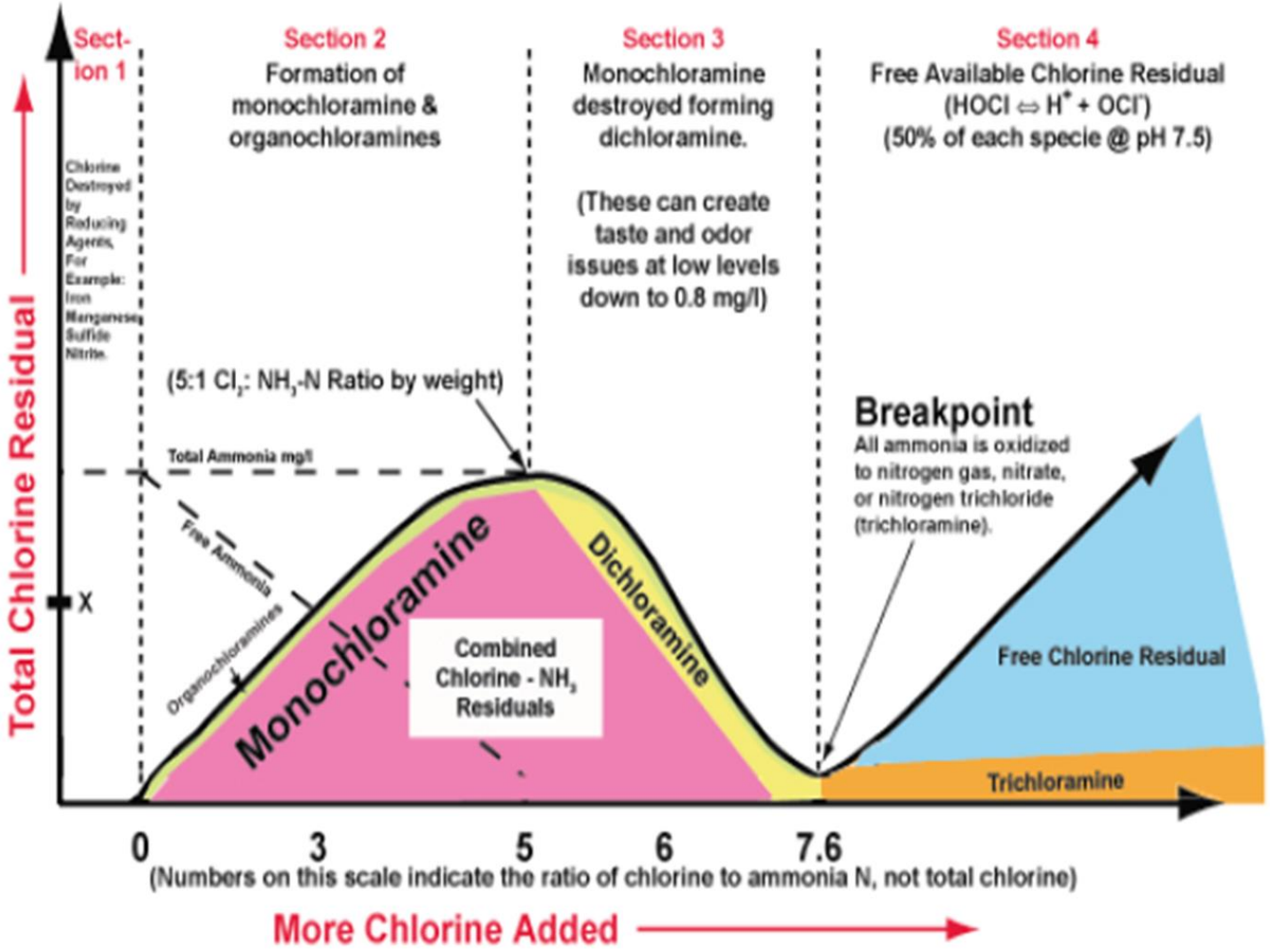
الكلور المتحد= الكلورامين + المواد العضوية المكلورة

Combined Chlorine = Chloramines + Chloro-organic Compound

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

٤- باستمرار اضافة الكلور تصل قراءات الكلورامين الى اقل ما يمكن وتسمي 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 .


Sect-
ion 1
Section 2
Formation of
monochloramine &
organochloramines
Section 3
Monochloramine
destroyed forming
dichloramine.
(These can create
taste and odor
issues at low levels
down to 0.8 mg/l)
Section 4
Free Available Chlorine Residual
(HOCl ⇔ H+ + OCl-)
(50% of each specie @ pH 7.5)
Chlorine
Destroyed
by
Reducing
Agents,
For
Example:
Iron
Manganese
Sulfide
Nitrite.
Total Chlorine Residual
(5:1 Cl2: NH3-N Ratio by weight)
Total Ammonia mg/l
Free Ammonia
Organochloramines
X
Monochloramine
Dichloramine
Combined
Chlorine - NH3
Residuals
Breakpoint
All ammonia is oxidized
to nitrogen gas, nitrate,
or nitrogen trichloride
(trichloramine).
Free Chlorine Residual
Trichloramine
0
3
5
6
7.6
(Numbers on this scale indicate the ratio of chlorine to ammonia N, not total chlorine)
More Chlorine Added

كيفية حساب جرعة الكلور عن طريق نقطة الانكسار

يتفاعل الكلور مع المواد السابقة بالنسب الاتية :

مثـــال اذا كانـــت الميـــاه الخـــام تحتـــوي علـــي التركيـــزات الاتيـــة ٠.٥ ملجم / ل امونيا ، ٠.٤ ملجم / ل نيتريت ، ٠.٢ ملجم / ل حديد ، ٠.٥ ملجم / ل منجنيز فما هي كمية الكلور المطلوب اضافتها للمحطة (كجم / س) اذا كان تصرفها ٥٠٠ ل / ث والكلور الحر المتبقي ١.٥ 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

الكلور اللازم للأمونيا = ٠.٥ × ١٠ = ٥.٠ ملجم / ل

الكلور اللازم للنيتريت = ٠.٤ × ٥ = ٢.٠ ملجم / ل

الكلور اللازم للحديد = ٠.٢ × ٠.٦٤ = ٠.١٢٨ ملجم / ل

الكلور اللازم للمنجنيز = ٠.٥ × ١.٢ = ٠.٦ ملجم / ل

اجمالي الكلور اللازم للتفاعلات السابقة = ٥.٠ + ٢.٠ + ٠.١٢٨ + ٠.٦ = ٧.٧٢٨ ملجم / ل

ثانياً : يتم اضافة الجرعة المطلوبة للكلور الحر

بما ان الكلور الحر المتبقي = ١.٥ ملجم / ل .

الجرعة المطلوبة= ٧.٧٢٨ + ١.٥ = ٩.٢٢٨ ملجم / ل .

ثالثاً : يتم حساب كمية الكلور المطلوب اضافتها للمحطة كل ساعة

كميـة الكلـور المطلـوب اضـافتها للمحطـة / سـاعة= ٥٠٠ ×٣.٦ × ٩.٢٢٨

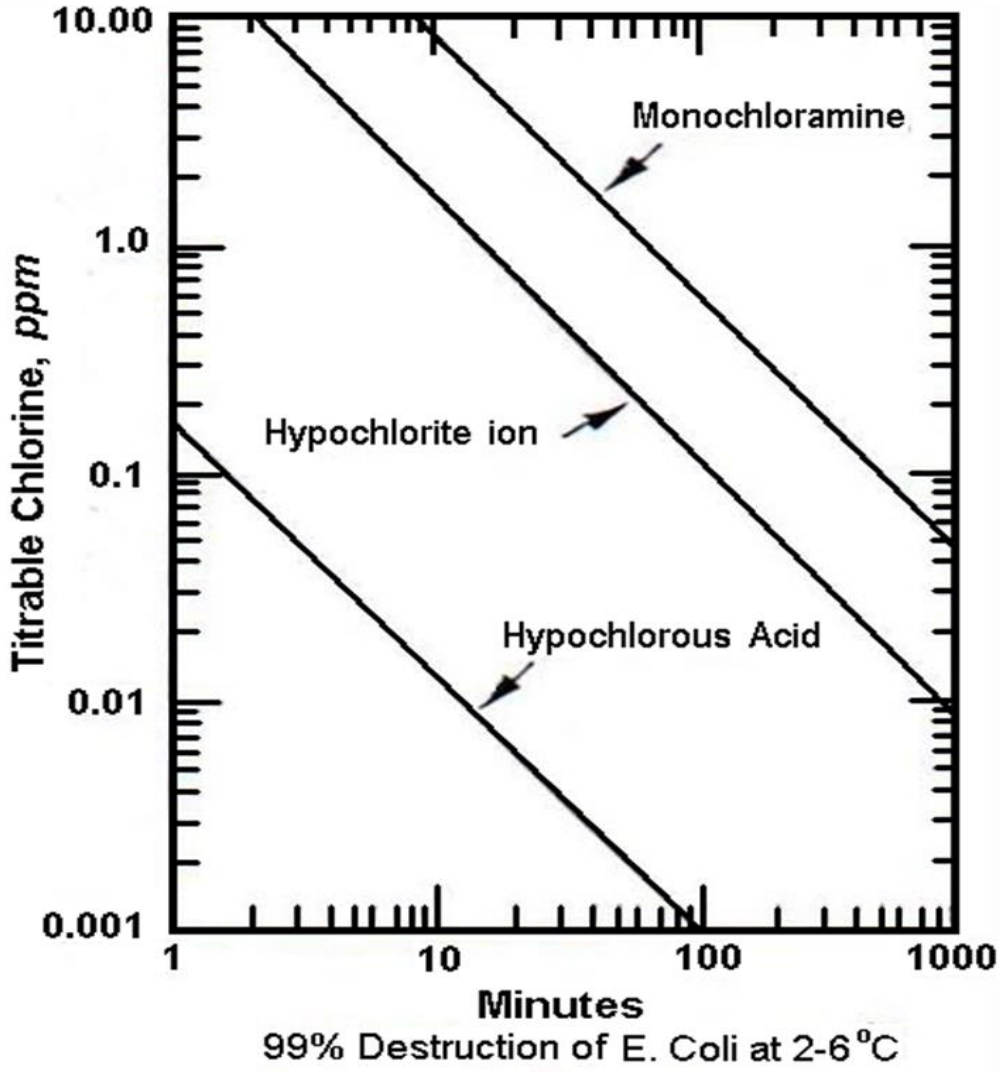
= ١٦٦١٠.٤ جم / ساعة = ١٦.٦١٠٤ كجم / س.

تصرف اسطوانة الكلور

اقصى تصرف يمكن الحصول عليه من اسطوانة الكلور سواء الكبيرة منها (حجم ١ طن) أو الصغيرة (حجم ٥٠ كجم) يتوقف على درجة الحرارة كما هو موضح بالجدول وأيضا بالمنحنى التاليين :

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

أي انه عند وجود عدد ٤ اسطوانات كبيرة على الخط عند درجة حرارة ٣٠ يمكن الحصول على متوسط ٣٦-٤٠ كجم كلور فقط .



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 يسمي أحيانا Chloramination وفي هذه الحالة يضاف النشادر (الأمونيا) إلى الماء قبل إضافة الكلور وتكون جرعة النشادر حوالي ٠.٠٦ جزء في المليون ، بينما تكون جرعة الكلور حوالي ٠.٢٥ جزء في المليون ، ويضاف النشادر بأجهزة خاصة تسمي 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 وممكن أن نضطر إلى ذلك في حاله الطوارئ أو إذا ما كان هناك شك في حدوث تلوث بكتيري لمصدر المياه (أثناء الحرب مثلا) . 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

١-إضافة ثاني أكسيد الكبريت :

$$SO_2 + H_2O + Cl_2 \rightarrow 2HCl + H_2SO_4$$

٢-إضافة ثيوسلفات الصوديوم :

$$2\,Na_2S_2O_3 + Cl_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2\,NaCl$$

٣-إضافة كبريتيت الصوديوم :

$$Na_2SO_3 + Cl_2 + H_2O \rightarrow Na_2SO_4 + 2\,HCl$$

٤ – تخزين الماء في أحواض مكشوفة لمدة ثلاث أو أربع ساعات قبل الاستعمال

٥– ترشيح الماء في طبقة من الكربون المنشط الذي يمتص الكلور الزائد

٦– مزج المياه المضاف إليها جرعات عالية من الكلور بمياه لم يضاف إليها الكلور فتتعادلان.

ثانياً: إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب المعملية

" 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 تكفى للقضاء على الكائنات الحية ، وينتج عنها كلور متبقي في حدود معينة (٠.٢ ملجم /لتر ماء).

أماكن إضافة الكلور في محطات التنقية

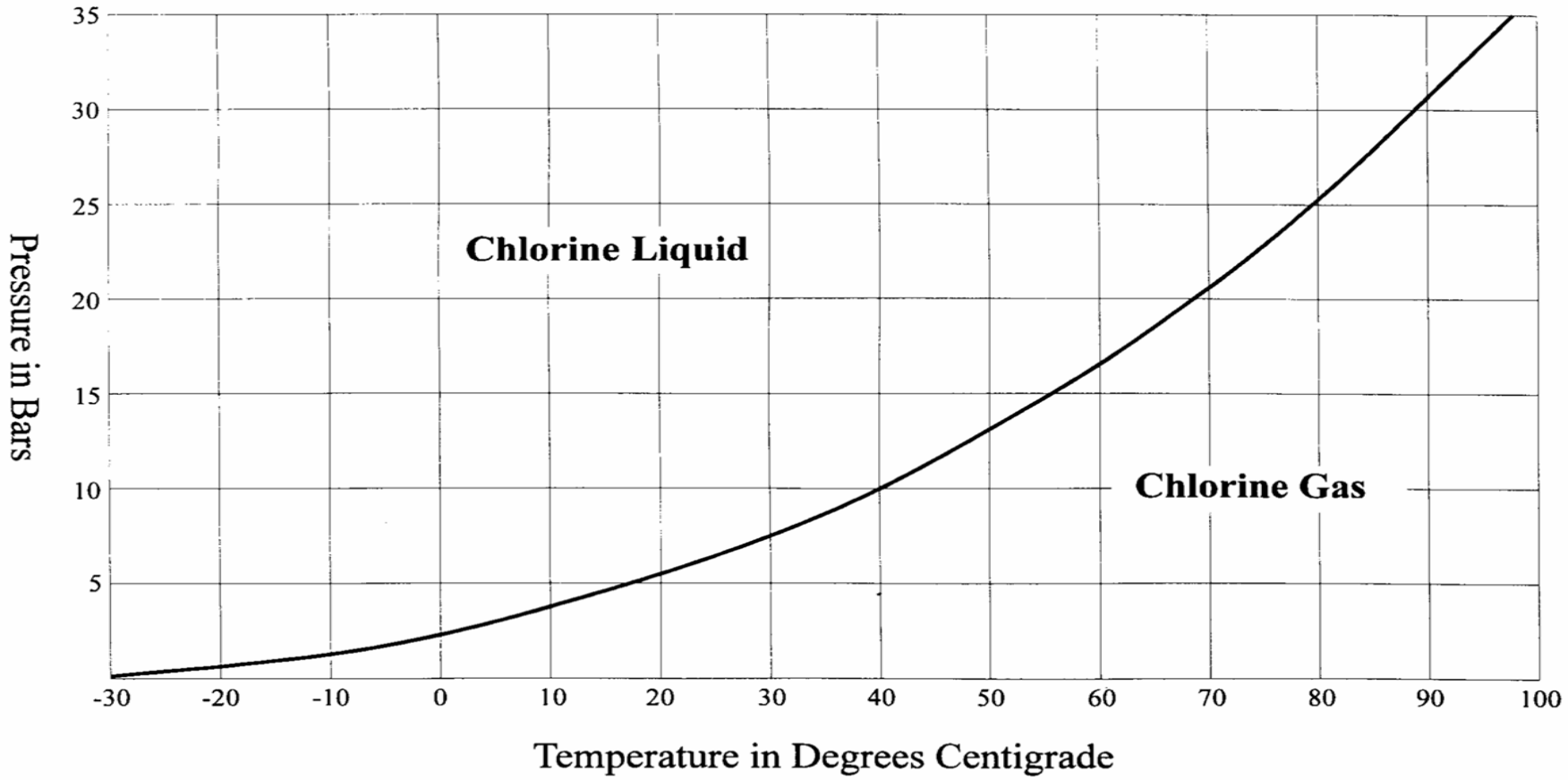
أ- إضافة الكلور المبدئي Prechlorination

ب- إضافة الكلور النهائي Post chlorination

جـ- 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 :

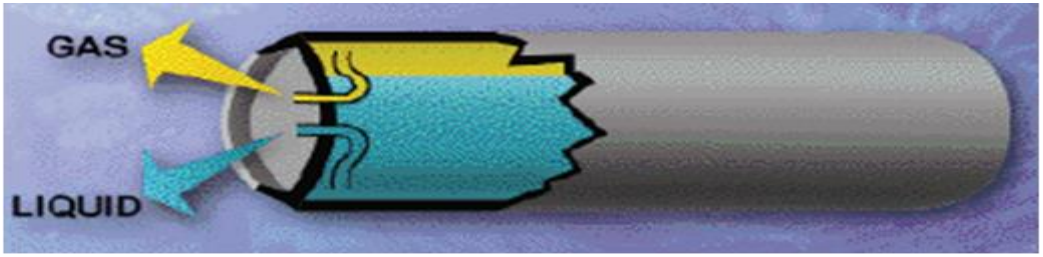
عند السحب من الاسطوانات بأعلى من التصرف المناسب يتسبب ذلك في انخفاض الضغط داخل الاسطوانة ومن ثم انخفاض درجة حرارة الاسطوانة وبالتالي تكّون الثلج على السطح الخارجي للأسطوانة والانخفاض الحاد في قراءات الاجهزة .

ولمنع هذه الظاهرة يتم إجراء ما يأتي :

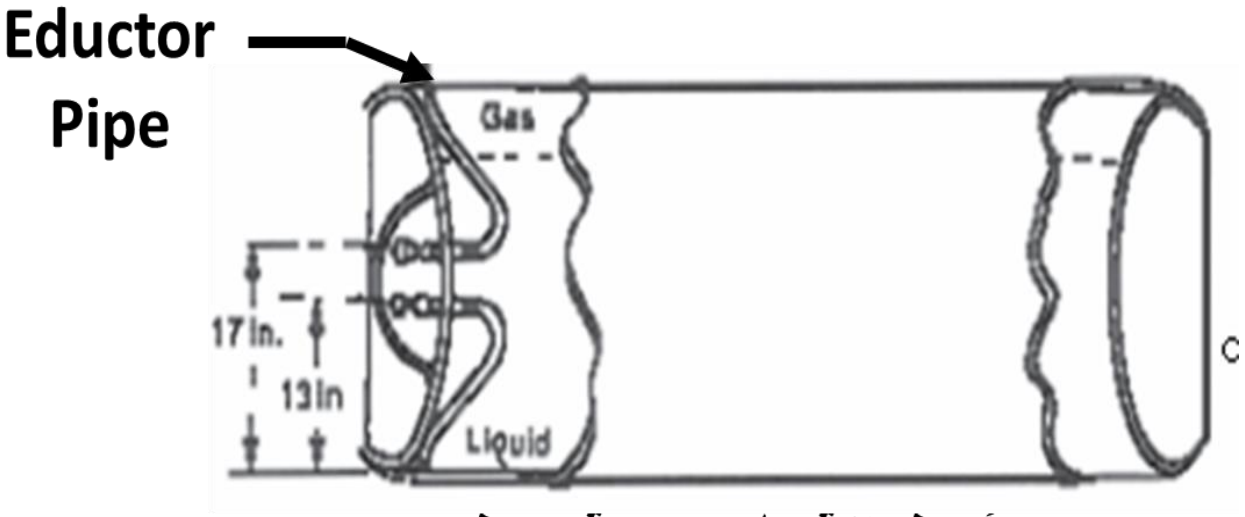
- تشغيل الاسطوانات بتصرف مناسب .

- تركيب مبخر Evaporator وفي هذه الحالة يتم سحب الكلور من المحبس السفلي للأسطوانة على هيئة سائل ثم يتم تبخيره لتعطي الاسطوانة الواحدة اكثر من ١٨٣ كجم / س .

نماذج اسطوانات الكلور

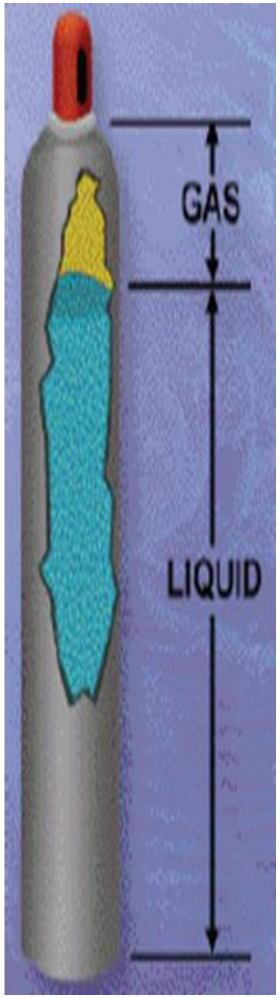


أسطوانة كلور سعة ١ طن

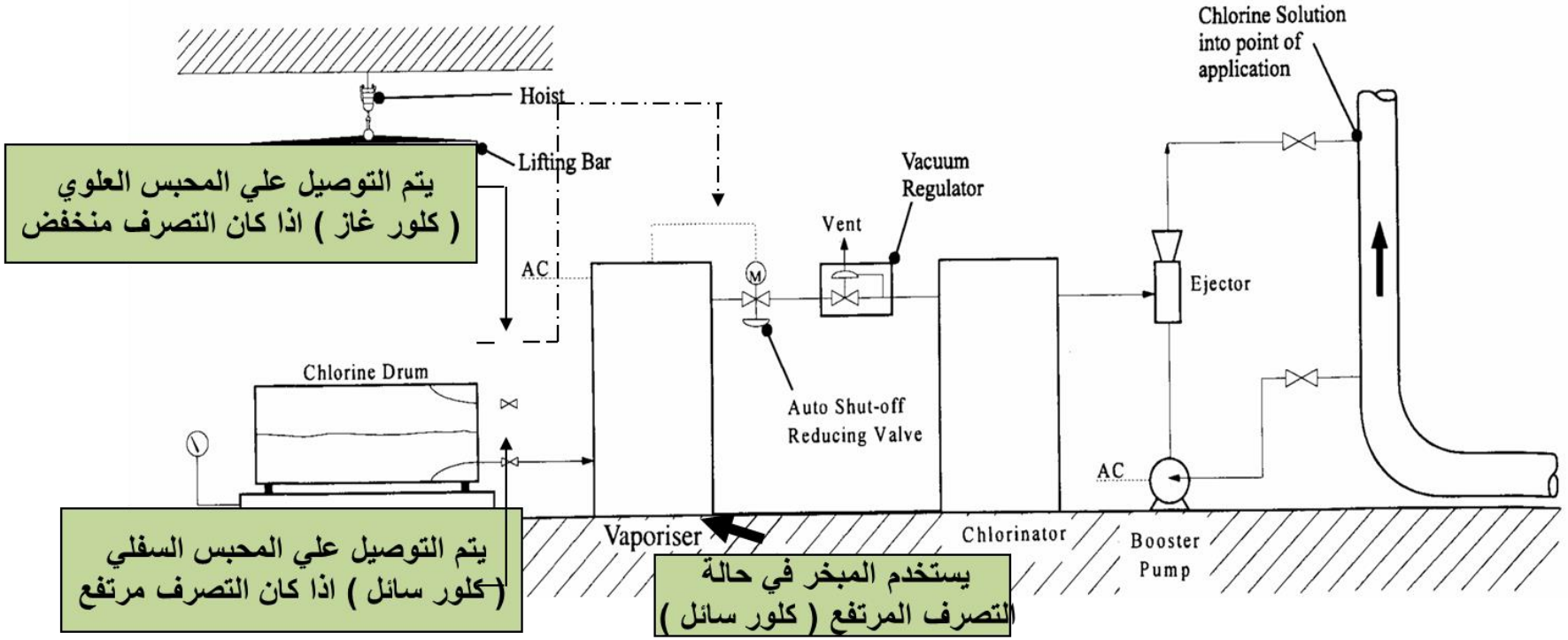


أسطوانة كلور سعة ١ طن

أسطوانة كلور سعة ٥٠ كجم

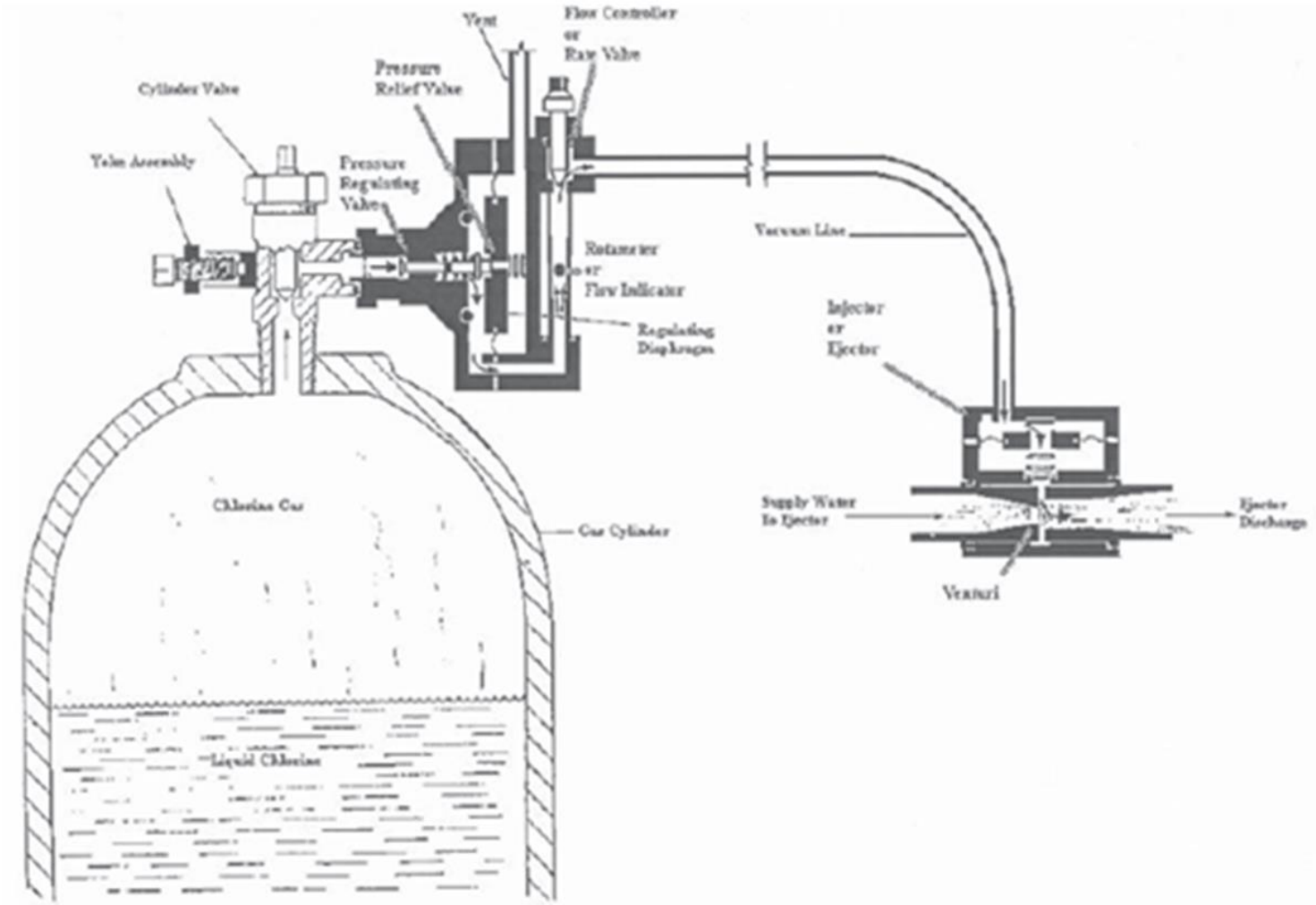


منظومة حقن الكلور بتصرف عالي

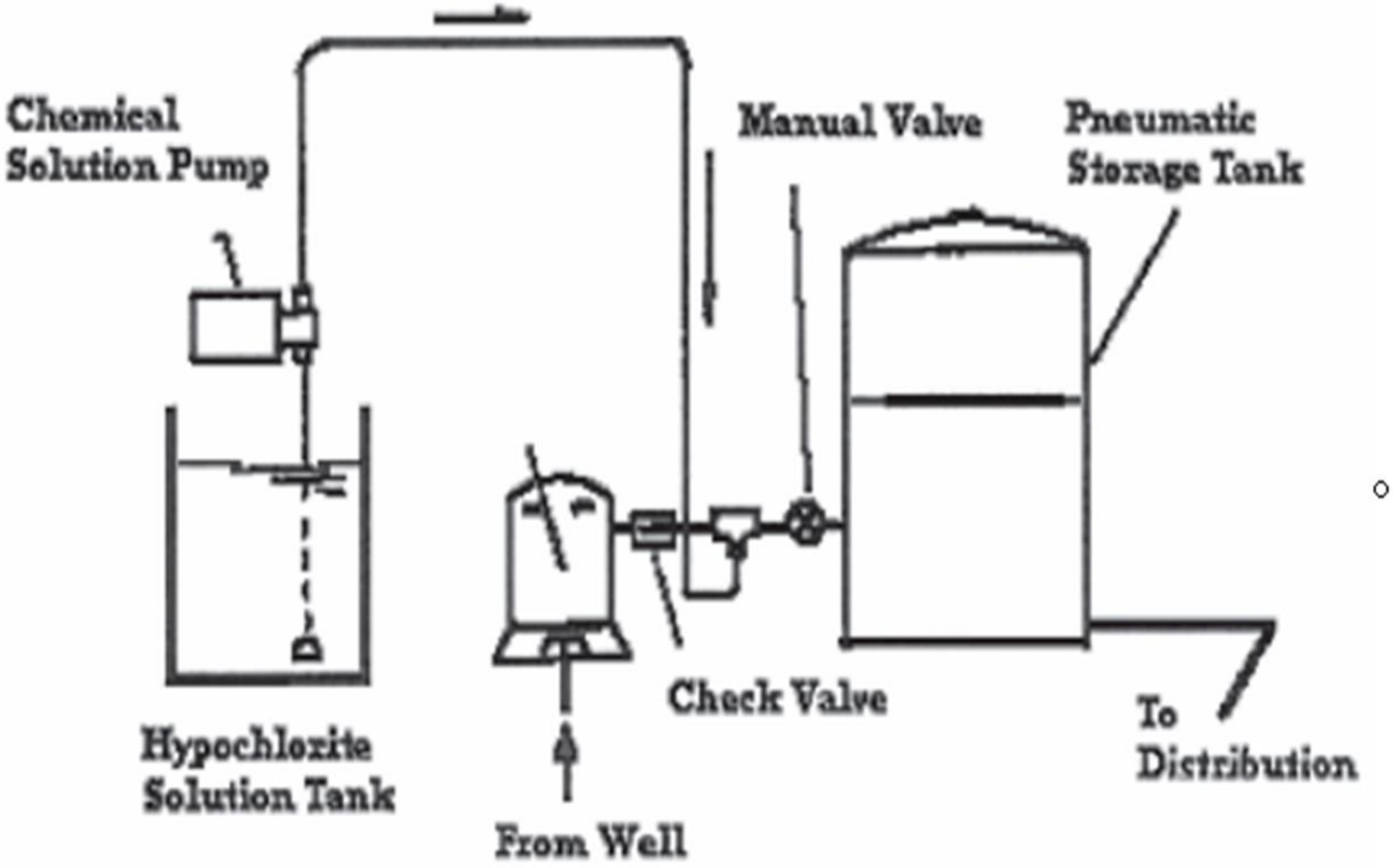


Basic Components for Chlorination system

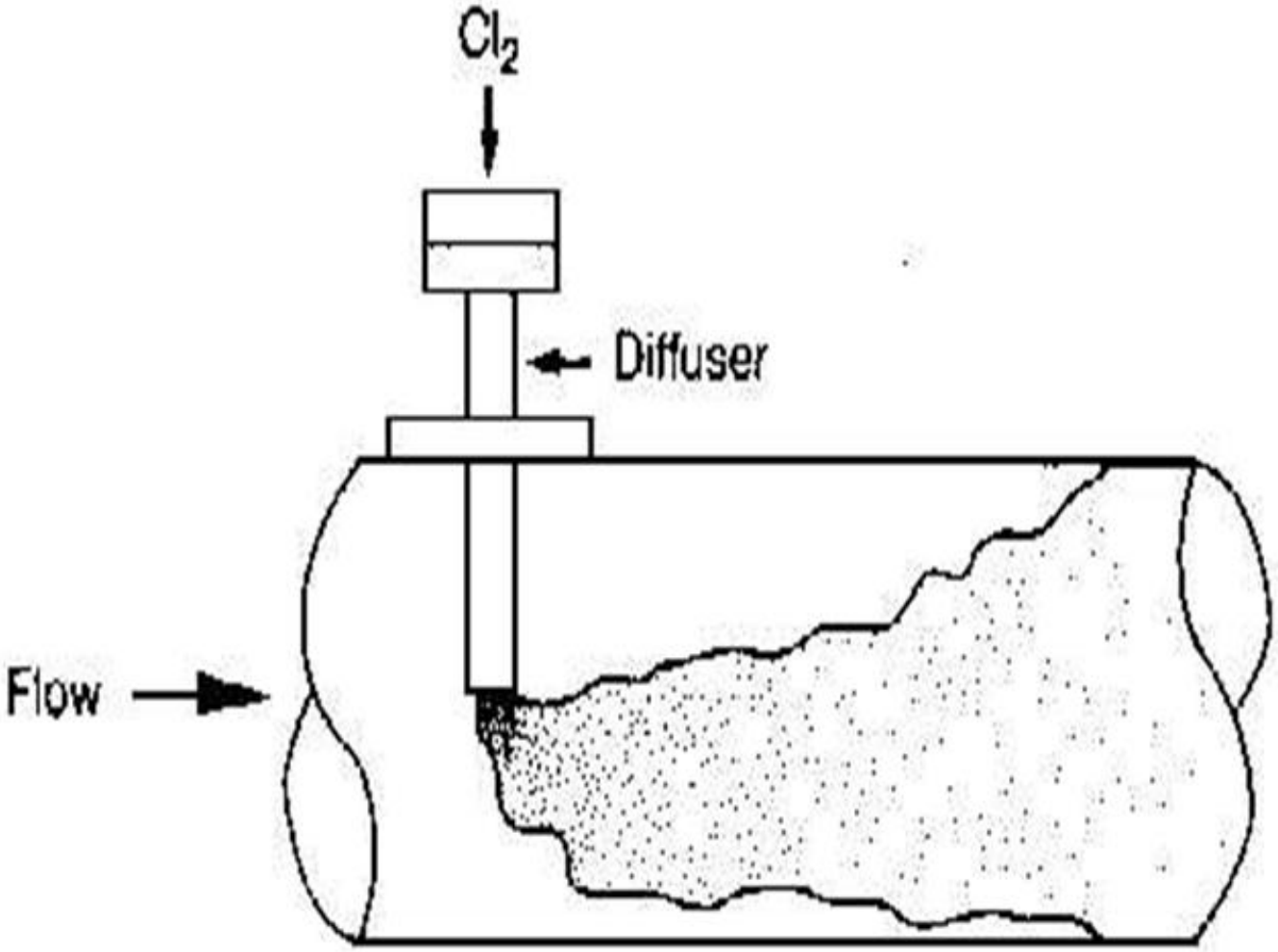
منظومة حقن الكلور بتصرف منخفض



منظومة حقن محلول الهيبوكلوريت في المياه الجوفية



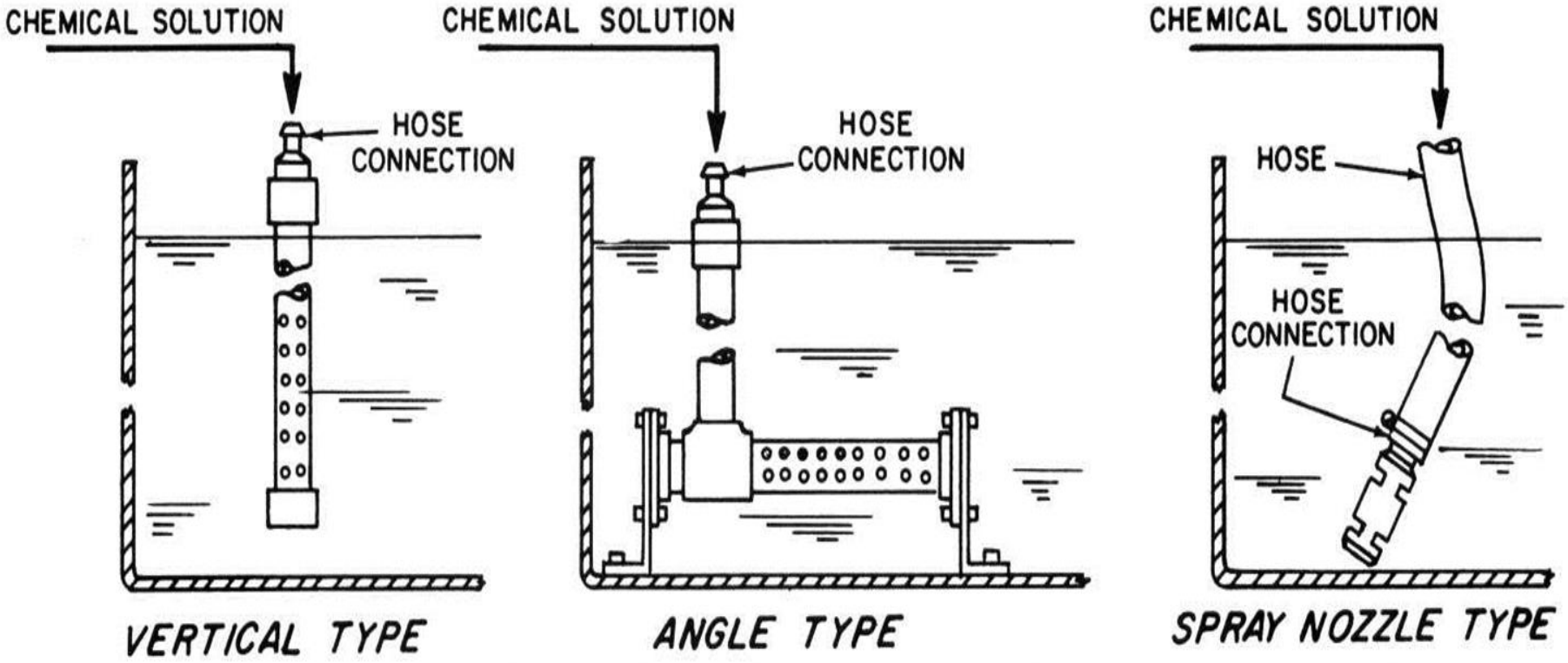
نقاط الحقــن



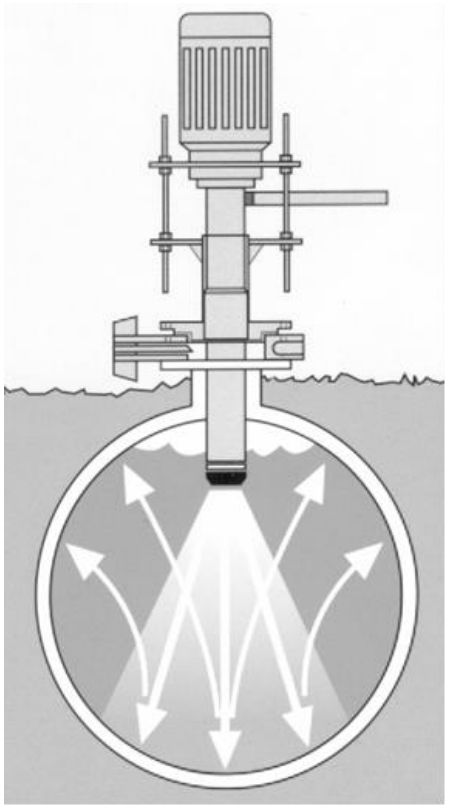
غالبا ما يتم حقن الكلور في ثلاثة أماكن داخل محطة التنقية :

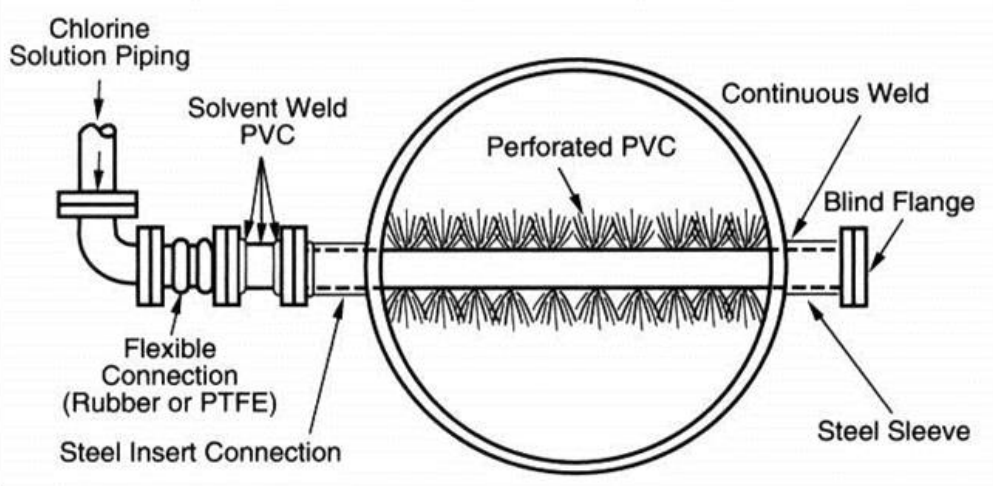
- نقطة حقن الكلور المبدئى:- Pre-chlorination
- نقطة حقن الكلور المتوسط :- Medium- chlorination
- نقطة حقن الكلور النهائي :- Post- chlorination

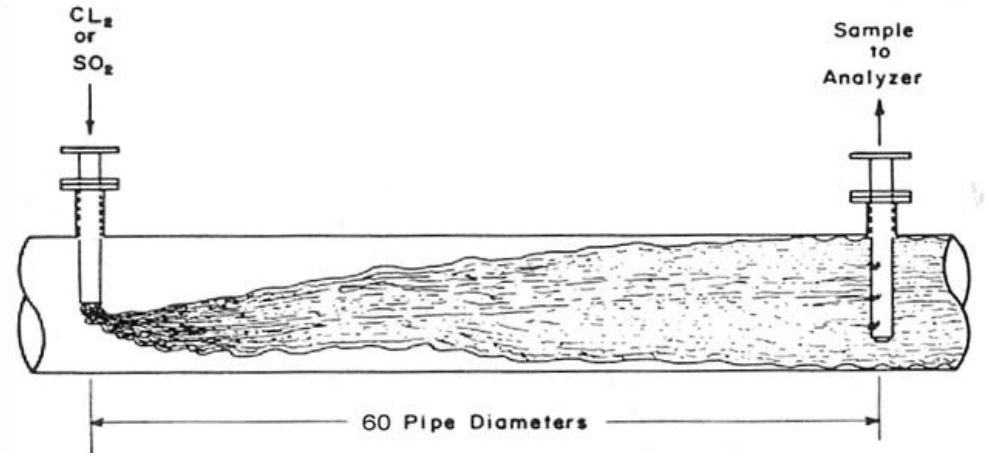
طرق الحقن بالوحدات المفتوحة



طرق الحقن بالمواسير







تشغيل وإيقاف أجهزة الكلور

- ✓ مراجعة نقطة الحقن
- ✓ مراجعة الحاقن
- ✓ مراجعة جهاز الكلور
- ✓ التشغيل
- ✓ الإيقاف

الكشف عن تسرب غاز الكلور

لا ينبغـي تجاهـل أو إهمــال أي تسـرب كلـور . إذ ان التسـربات إذا أهملت تزداد سوءاً ،لذلك فإنه لا بد من معالجتها فور اكتشافها.

العوامل التي تؤثر في عملية التطهير باستخدام الكلور

١- 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)

٢- 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 إلي ذلك فإن الكلور المتحد المتبقي يتأثر أكثر من الكلور الحر المتبقي بانخفاض درجة الحرارة .

تابع العوامل التي تؤثر في عملية التطهير باستخدام الكلور

٣- درجة تركيز الأس الهيدروجيني (pH)

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

٤- العكـــارة :

ارتفاع عكارة المياه تقلل كثيراً من كفاءة المواد الكيميائيـة المطهرة أي تقلـل مـن كفـاءة عمليـة التطهيـر نفسـها حيـث أن الكائنـات الحيـة الدقيقـة المختبئـة فـي أو المدمصـة علـي جزيئـات المـواد الأخـرى فـي المياه تكـون محميـة جزئيـاً مـن التعقيم ، التعقيم يكـون غيـر فعـال إذا كانت عكارة المياه أعلي من ٥ وحدات (NTU).

وقد أثبتت الدراسة في محطات المياه أنه عندما يتم ترشيح المياه لتصبح العكارة أقل من ١ 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 .

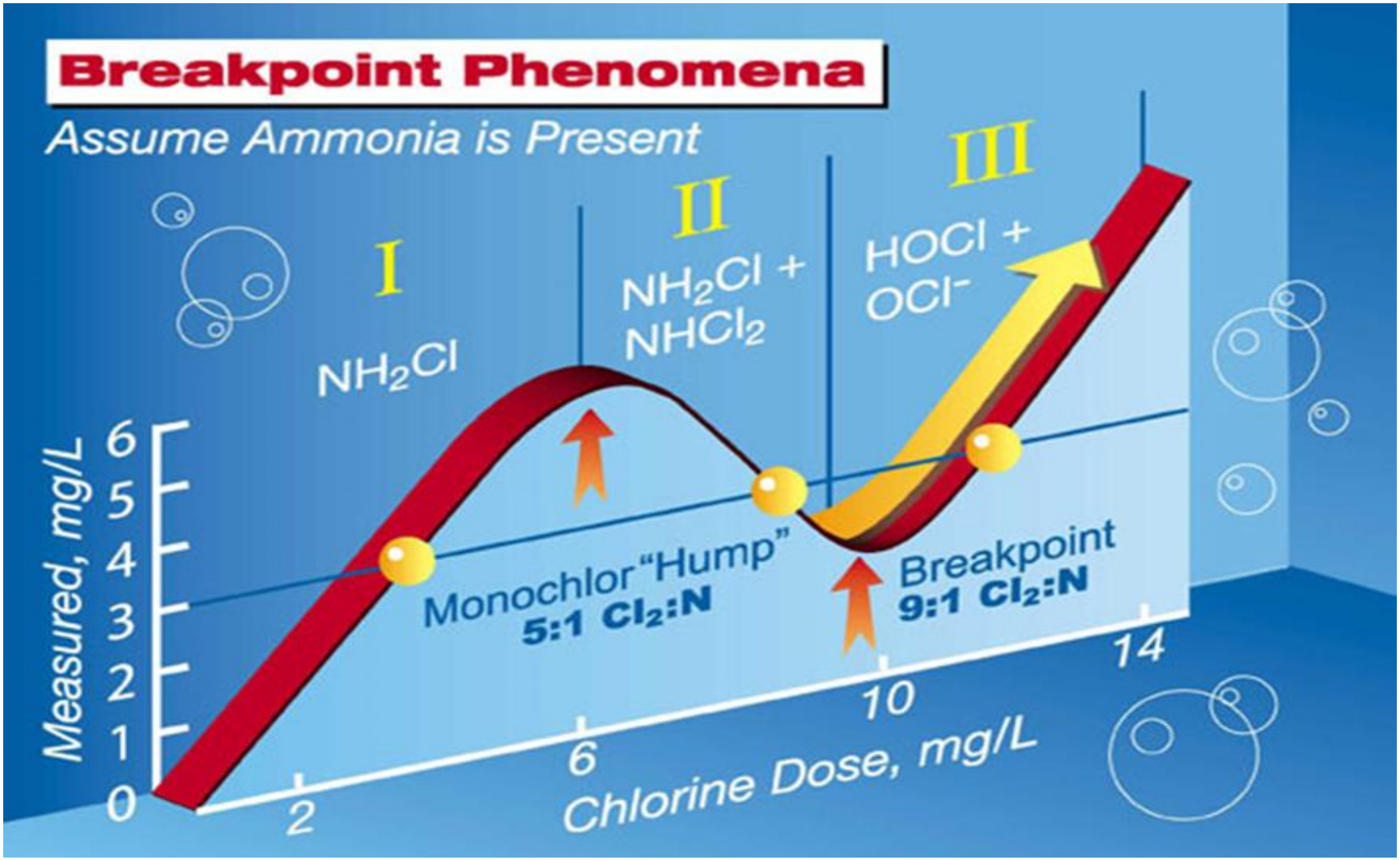
تابع العوامل التي تؤثر في عملية التطهير باستخدام الكلور

٥- المــواد العضــوية : تــؤدى المــواد العضــوية (Organic matters) إلى استهلاك كميات كبيرة من المادة المطهرة (الكلور) وذلـك أثنـاء تكوينهـا لمركبـات غيـر مرغـوب فيهـا (THMs، HAAs).

٦- المـــواد غير العضوية : إن وجـود بعض المركبات غير العضوية (Inorganic matters) في الميـاه المراد معالجتها مثل الأمونيـا (NH_3) التـــي تتفاعـــل مـــع الكلـــور وينـــتج عنهـــا مركبـــات (Chloramines) ذات التأثير الضعيف في عملية التطهير وكذلك فـإن وجـود بعـض المـواد الأخـرى مثـل الحديـد والمنجنيـز وكبريتيـد الـهيدروجين يستهلك كميـة من الكلـور المضـاف ويحولـه الـي (Cl^-) الذي ليس له أي تأثير في عملية التطهير .

ثانيا الكلورامين Chloramines

تم استخدام الكلورامين بالولايات المتحدة منذ عام ١٩٢٠ وانخفضت نسبة الاستخدام اثناء الحرب العالمية لصعوبة الحصول على الامونيا ثم ارتفعت نسبة الاستخدام في الفترة من ١٩٨٠ الى الان بسبب اكتشاف نواتج التعقيم الخاصة بالكلور .


Breakpoint Phenomena
Assume Ammonia is Present
I
NH_2Cl
II
NH_2Cl +
$NHCl_2$
III
HOCl +
OCl^-
Monochlor "Hump"
5:1 Cl_2:N
Breakpoint
9:1 Cl_2:N
Measured, mg/L
0
1
2
3
4
5
6
2
6
10
14
Chlorine Dose, mg/L

Chloramines

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

$NH_3 + HOCL \rightarrow NH_2CL$ (MONOCHLORAMINE) $+ H_2O$.

$NH_2CL + HOCL \rightarrow NHCL_2$ (DICHLORAMINE) $+ H_2O$.

$NHCL_2 + HOCL \rightarrow NCL_3$ (TRICHLORAMINE) $+ H_2O$.

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:

١- عند PH من ٧ - ٩ ونسبة CL_2:N 5:1 يكون النوع السائد هو Monochloramine وتكون اقصى قيمة لتكونه عند pH ٨.٤ ويتم التفاعل فى اقل من دقيقة ، عند تغير الـ pH اعلى او اقل من ٨.٤ تقل سرعة التفاعل .

$$NH_3 + HOCL \rightarrow NH_2CL + H_2O$$

٢- عند PH من ٤-٦ ونسبة CL_2:N ١:٦.٧ يتكون

Dichloramine

$$NH_2CL + HOCL \rightarrow NHCL_2 + H_20$$

$$2NH_2CL + H^+ \rightarrow NHCL_2 + NH_3 + H$$

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

٣- نقطة الانكسار تحدث نظريا عند نسبة $Cl_2:N$ 1:١٠-

١:١٥وفقا للتفاعل الاتي:

$$2NH_2Cl + 6HOCL \rightarrow N_2 + HCL + H_2O$$

$$2NH_3 + 3HOCL \rightarrow N_2 + 3HCL + 3H_2O \qquad 10:1$$

$$NH_4 + 4HOCL \rightarrow NO_3 + 4CL^- + 6H^+ + H_20 \qquad 15:1$$

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

٤ – الترای کلورامین لا یتواجد الا عند PH من 4 - 3 ونسبة CL2:N اعلى من ١٠:١

الخلاصة : لابد من الحفاظ على نسبة CL_2:N لاتقل عن ٥:١ للحصول على المونوكلورامين وتفادى 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 (٣-٤) وذلك لأنه عند PH المتعادلة تحدث أكسدة جزئية للثيوسلفات إلى كبريتات .

الكواشف والمحاليل المستخدمة :

١ـ حمض خليك ٣٠ ٪ .

٢ـ حمض كبريتيك (١ عياري) : خفف ٢٨ ملل في ماء مقطر إلى واحد لتر .

٣ـ يوديد بوتاسيوم : أذب ٥٠ جم فى ماء مقطر وأكمل إلى اللتر .

٤ـ محلول قياسي من ثيوسلفات الصوديوم (١.٠ عياري): أذب ٢٥ جم من ثيوسلفات الصوديوم المائية في لتر من الماء المقطر المغلي.

ملحوظة :

يخزن هذا المحلول لمدة ٢ أسبوع ليسمح بأكسدة أي أيون SO_3^{2-} ويجب استخدام ماء مقطر مغلي .

يتم إضافة كمية قليلة من الكلوروفورم الى هدا المحلول ليقلل من التحلل البكتيري .

٥ - ثاني كرومات البوتاسيوم (٠.١ عياري):

أذب ٤.٩٠٤ جم من ثاني كرومات البوتاسيوم اللامائية في ماء مقطر ويكمل إلى اللتر بالماء المقطر (تخزن في زجاجة محكمة مغلقة) .

٦ـ دليل النشا : ـ

أذب ١ جم من النشا في قليل من الماء البارد لتكون عجينة رقيقة ثم نصبها في ١٠٠ ملل ماء مقطر مغلي ونقلب جيدا ونستعمل المحلول الرائق .

٧- معايرة محلول الثيوسلفات بمحلول قياسى من ثاني كرومات البوتاسيوم :

نأخذ ١٠ملل من ثاني كرومات البوتاسيوم + ٢٠ ملل حمض كبريتيك (١عياري) + ٢٠ملل يوديد بوتاسيوم ويترك في الظلام ليحرر اليود لمدة ٦ دقائق ثم نعاير باستخدام ثيوسلفات الصوديوم (١.٠ عياري) لحين ظهور لون أصفر مخضر فاتح

ثم نضيف ١ملل 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 , I2

-I علي جزيئات النشا فيزيد من استهلاك ثيوكبريتات الصوديوم وتأخر ظهور اللون الأصفر القشي، ولذلك عند ظهور اللون الأصفر القشي يتم إضافة النشا كدليل .

(N× v) $Na_2S_2O_3$ = (N× v) $K_2Cr_2O_7$

N of $Na_2S_2O_3$ = (0.1 × 10) / ml of $Na_2S_2O_3$ consumed

N of $Na_2S_2O_3$ = 1/ml of $Na_2S_2O_3$ consumed

- تحضير محلول قياسي من ثيوسلفات الصوديوم ٠.٠١ عياري أو ٠.٠٢٥ عياري :

(N× V) Na2S2O3 before = (N× V) Na2S2O3 after

إذا أتيح : أضف لهذا المحلول بعد تحضيره ٤ جم من بورات الصوديوم + ٠.١ جم من يوديد الزئبق ونكمل إلى اللتر ثم نعاير هذا المحلول كما في الخطوة (٧).

خطوات التجربة :-

حجم العينة : نختار حجم للعينة يكون مناسب لاستهلاك من ٠.٢ إلى ٢٠ ملل من ثيوسلفات الصوديوم (٠.٠١عياري) ، نأخذ عينة ٥٠٠ ملل لقياس ما بين١:١٠ملجم كلور أما أكبر من ١٠ملجم تخفف العينة.

التحضير للمعايرة : العينة + كمية من حمض الخليك كافية لتكون PH ما بين ٣:٤ + ٢٠ ملل يوديد البوتاسيوم ونعاير بعيدا عن ضوء الشمس باستخدام ثيوسلفات الصوديوم المائية ٠.٠١ عياري لحين ظهور اللون الأصفر القشي ثم نضيف ١ ملل نشا ونكمل المعايرة حتى اختفاء اللون الأزرق .

يتم حساب تركيز الكلور من المعادلة التالية :-

$$mg\ Cl\ as\ Cl_2/l = \frac{ml\ of\ Na_2S_2O_3\ used\ for\ sample \times N\ of\ Na_2S_2O_3 \times 35.450 \times 1000}{ml\ of\ sample}$$

كيفية اجراء تجربة تحديد نقطة الانكسار (Break point)

بعد تعيين تركيز محلول الكلور كما فى الطريقة السابقة أو باستخدام DPDوبالفرض ان تركيز محلول الكلور كان

١ ملل = ٠.٥ ملجم كلور

تتم اضافة تركيزات مختلفة من محلول الكلور الى حجم لتر من المياه الخام لعدد ١٠ قنينات كما هو مبين بالجدول التالي :

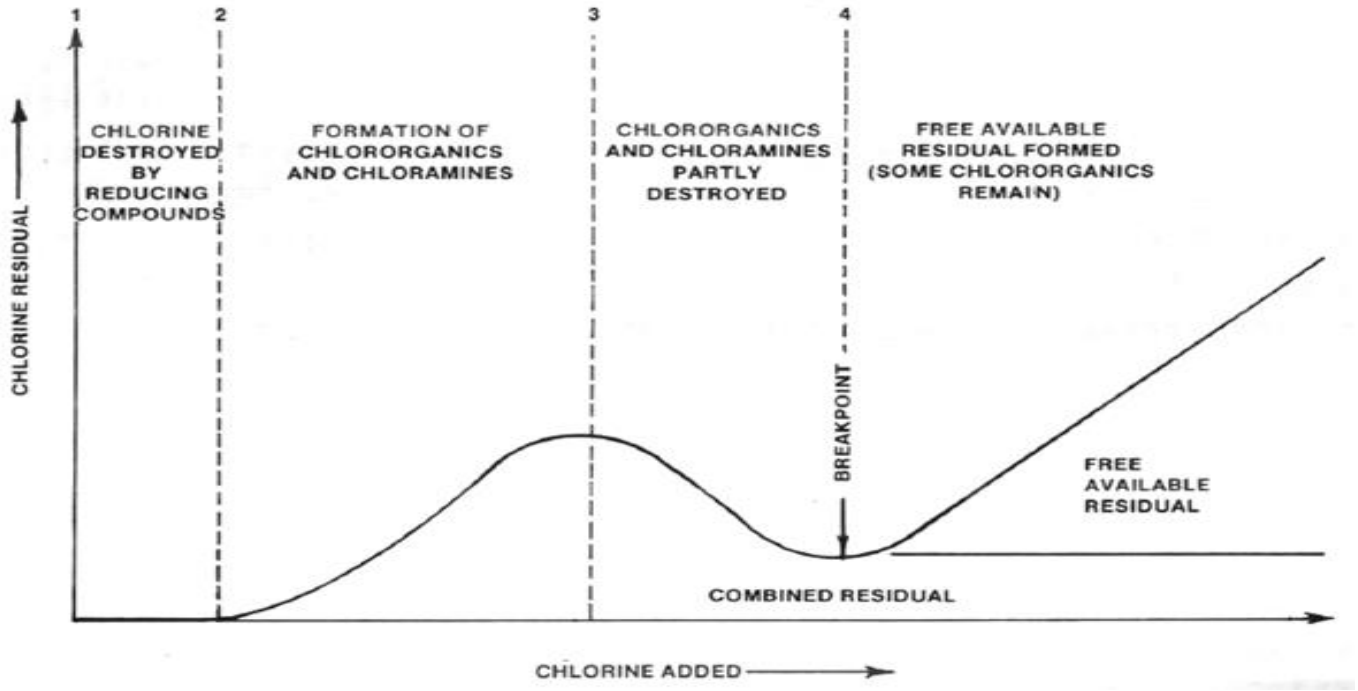
رقم العينة / الجرعة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
حجم محلول الكلور المضاف بالملل	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
جرعة الكلور المضافة ملجم / لتر	٠,٥	١,٠	١,٥	٢,٠	٢,٥	٣	٣,٥	٤	٤,٥	٥,٠
تركيز الكلور المتبقي ملجم / لتر										

بعد اجراء اضافة جرعات الكلور كما بالجدول السابق .

يتم ترك العينات فترة مكث من (٣٠دقيقة : ١٢٠ 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 .



المناقشة

س١ : اذكر أهم الطرق التي تتم بها عملية التطهير ؟

- التطهير بالمعالجة الحرارية
- التطهير بالمعالجة الإشعاعية
- التطهير بالمعالجة الكيمائية

س٢ : ما هي الشروط الواجب توافرها فى المواد المطهرة ؟

١. أن تكون قاتلة للجراثيم .

٢. ألا تؤثر علي صحة الإنسان .

٣. أن تكون رخيصة الثمن .

٤. أن يكون استعمالها سهلا ومأمونا.

٥. أن تكون متوفرة محليا أو العمل علي استيرادها طوال العام.

٦. أن يكون تخزينها سهلا وآمناً.

س٣ : اذكر بعض خواص غاز الكلور الطبيعية ؟

- غاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة.
- اثقل من الهواء مرتين ونصف.
- له رائحة مميزة شديدة النفاذية.
- وزنة الذري ٣٥.٥ .
- ضعيف القابلية للذوبان في الماء.

- الكلور الرطب مسبب للتآكل.
- غاز الكلور سام ومهيج للأغشية المخاطية.
- يسال تحت الضغط العالي (حوالي ٧كجم/ سم٢).

س٤ : ما هي العوامل المؤثرة على عملية التطهير ؟

١-جرعة الكلور

٢-مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس)

٣-درجة الحرارة

٤-درجة تركيز أيون الهيدروجين

٥-عكارة الماء

٦-قلوية وحامضية الماء

٧-وجود المركبات الآزوتية في الماء

٨-وجود مركبات الحديد والمنجنيز

٩-نوع وعدد البكتريا المراد القضاء عليها

١٠- طرق إضافة الكلور

س٥ : 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

س٦ : 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 تكفى للقضاء على الكائنات الحية ، وينتج عنها كلور متبقي في حدود معينة (٠.٢ ملجم /لتر ماء).

س٧: أذكر نقاط الحقن وأماكنها؟

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