

# Sterilization Drinking Water

## طرق تعقيم مياه الشرب

\*\*\*\*\*

### مقدمة :

جميعنا نعلم ان حوالى ثلاثة ارباع سطح الكرة الارضية تغطيه المياه ، ولكن اقل من ١% فقط من هذه الكمية صالحة للشرب ، فالماء يحتوى على كائنات دقيقة قد تسبب الامراض Disease – causing microorganisms مثل بعض البكتريا و الفيروسات و البروتوزوا وتسمى Pathogenic micro – organisms .  
**ومن امثلة هذه الكائنات:** الجiardيا لامبليا و الكريبتوسبورديوم Cryptosporidium ، Giardialambliia ، الجiardيا لامبليا تعيش فى الانهار و البحيرات ، والعلماء يعتقدون ان ٨٠% من الامراض فى البلدان النامية يعود سببها الى المياه الملوثة ، لذا يجب ايجاد طريقة لقتل هذه الكائنات بواسطة تعقيم المياه.

### اهمية المياه فى الحياة:

يعتبر الماء من العوامل الأساسية في بقاء الكائن الحي على هذه الأرض وهو من النعم العظيمة التي حباها الله للإنسان ، لأنه من خلال الماء بدت الحياة وذلك تحقيقا لقوله تعالى في سورة الأنبياء آية ٢٩ " وجعلنا من الماء كل شيء حي " , ويعود سبب أفضلية الماء دون غيره من المذيبات منها توافره في الطبيعة حيث يغطي الماء ثلاثة أرباع الكرة الأرضية ويتغلغل في اليابسة على هيئة مياه سطحية ومياه جوفية ويعتبر مذيبا مستقطبا مثاليا للعديد من المواد العضوية ويعتبر الماء ارحص المذيبات على الإطلاق وتتوافر فيه كافة شروط الأمان وله خواص فيزيائية فريدة .

### مياه الشرب:

هي المياه التي يمكن تناولها عن طريق الشرب من قبل البشر ، المياه ذات النوعية المعينة لتكون بمثابة مياه الشرب ، العديد من مصادر المياه التي يستخدمها البشر، تحتوي على بعض ناقلات الامراض والعوامل الممرضة أو تسبب مشاكل صحية في الاجل الطويل إذا كانت لا تستوفي بعض المبادئ التوجيهية الخاصة بنوعية المياه ، ان المياه التي ليست ضاره للبشر هي التي تسمى أحيانا المياه الصالحة للشرب والمياه التي ليست ملوثة إلى حد غير صحي.. القدر المتاح من مياه الشرب هو معيار هام للقدرة الاستيعابية لمستوى السكان الذي يمكن أن يدعمه كوكب الأرض.

### المياه و ما تنقله من امراض:

من البديهي أن استعمال المياه الملوثة دون تنقية يؤدي إلى انتشار الكثير من الأمراض بسبب ما تحتويه المياه الملوثة من البكتريا والطفيليات المسببة لهذه الأمراض وليس أدل على ذلك من إن الإحصائيات في مختلف بلاد العالم أظهرت إن انتشار عمليات تنقية المياه وكذلك حسن إدارتها وتشغيلها وتوزيعها للاستعمال المنزلي بين السكان قد أدى إلى انخفاض كبير في انتشار هذه الأمراض التي تنتقل عن طريق استعمال المياه الملوثة .

## ومن أهم الأمراض:

- التيفويد ( Typhoid ) .
- الدوسنتاريا الباسيلية ( Dysentery ) .
- الكوليرا ( Cholera ) .
- البلهارسيا ( Bilharzias ) .
- الباراتفويد ( Paratyphoid )
- شلل الاطفال (Infantile Paralysis)

وتتواجد البكتريا والطفيليات المسببة لهذه الأمراض في المياه الطبيعية نتيجة لقتف المخلفات السائلة من المدن في المسطحات المائية .

## التعقيم Sterilization :

يحمل لفظ التعقيم *Sterilization* في اللغة معنيين مختلفين، فقد يستخدمه البعض للإشارة إلى إزالة الجراثيم ، كما يخلط الكثيرون بين لفظي التعقيم والتطهير *Disinfection* حيث أن التطهير يعني تثبيط أو وقف نمو الجراثيم والميكروبات وقد يعني قتلها ولكن لا يتخلص من أشلائها. أما التعقيم فهو الإبادة الشاملة للجراثيم والتخلص من أشلائها وهي عملية ازالة أو قتل مثل البكتيريا والفيروسات الموجودة على السطح سواء في الادوية أو السوائل ويمكن الحصول على التعقيم عن طريق مجموعة من الطرق مثل التسخين و الكيماويات والاشعاع والضغط العالي والفلتره وقد تطور هذا المصطلح ليشمل تعطيل أو تدمير بعض الكائنات الحية الدقيقة التي ليست على قيد الحياة .

## طرق تعقيم المياه :

تنقسم طرق تعقيم المياه (من حيث مبدأ العمل) إلى قسمين وهما:

**اولا: الطريقة الفيزيائية : *Physical Methods of Sterilization***  
أهمها استخدام الحرارة كال(التسخين و الغليان) او استخدام الأشعة فوق البنفسجية.

**ثانيا: الطريقة الكيميائية: *Chemical Methods of Sterilization***

تعتمد الطرق الكيميائية لتعقيم المياه على اضافة الكلور اوثاني أكسيد الكلور او الكلورامين او اليود أو الأوزون ، وتعتبر هذه الطرق هي أكثر طرق التعقيم انتشاراً نظراً لارتفاع مردودها وامكانية استخدامها على نطاق واسع وبشكل اقتصادي وفي مختلف الظروف وتتم اضافة هذه المواد الى الماء بعد ازالة جميع المواد العالقة فيه وبعد ازالة الحديد و المنغنيز وغالبا تضاف مواد التعقيم هذه بعد تنقية المياه في احواض الترشيح او في نهاية مراحل التنقية.

## اولا: الطريقة الفيزيائية:

### ١-التعقيم بالحرارة : *Sterilization by heat*

إن تسخين الماء لدرجة حرارة تزيد عن ٧٥ درجة مئوية ولعدة دقائق يؤدي الى قتل الجراثيم الموجودة فيه ولكن استخدام هذه الطريقة لتعقيم كميات كبيرة من الماء غير اقتصادي ويقتصر استخدامها على تعقيم كميات محدودة من المياه اللازمة لبعض الاغراض المنزلية او في بعض المناطق المنعزلة وهنا ينصح بتسخين الماء حتى درجة الغليان نظراً لعدم توفر مقاييس للحرارة في المنازل.

### ٢-التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية (UV) (*Ultra - Violet Rays*):

إن تعريض الماء للأشعة فوق البنفسجية المتوفرة في اشعة الشمس يؤدي الى قتل الجراثيم الموجودة فيه ولزيادة مردود هذه الطريقة ولرفع امكانية التحكم فيها تولد هذه الاشعة بشكل اصطناعي بواسطة مصابيح ضوئية خاصة توجه الاشعة الناتجة منها على المياه ، وهي طريقة غير شائعة تستخدم نادرا في عمليات المياه الصغرى وحمامات السباحة والمياه المعبأه.

وهذه الطريقة عبارة عن عملية طبيعية تماما وخالية من المواد الكيماوية، يتراوح طول موجاته ضمن نطاق ٢٤٠ حتى ٢٨٠ نانومترا، حيث يقوم بمهاجمة الحمض النووي الحيوي لجميع البكتيريا بشكل مباشر. يبدأ الإشعاع برد فعل كيميائي ضوئي يؤدي الجينية الموجودة في الحمض النووي. حيث تفقد البكتيريا قدرتها على التكاثر وتنتف وتتموت .

وعملية الاشعة فوق البنفسجي خيار جذاب في الكثير من الحالات لأنها خالية من الكيماويات ، ولا يستخدم غالبا لمعالجة مصادر المياه السطحية.

### كيفية اتلاف الاشعة فوق البنفسجية للحمض النووي:

تتداخل الاشعة في عملية تضاعف الحمض النووي حيث تؤثر في عملية ترتيب القواعد النتروجينية فتغير من هذا الترتيب فلا يحدث تضاعف للحمض النووي بصورة صحيحة وتموت الخلية . اثناء نسخ الحمض النووي تقوم الاشعة باحداث تلف كيموضوي وتكوين روابط جديدة (ثنائية) بين النيوكليوتيدات المتجاورة مكونة جزيئات مزدوجة أو بوليمرات ثنائية الربط بين النيوكليوتيدات المتجاورة خاصة الثايمين ، ويؤدي تكون الكثير من البوليمرات الثنائية للثايمين في الحمض النووي للبكتريا أو الفيروسات الي منع تضاعف الخلايا ويؤدي لموتها.

### المشاكل المعروفة في هذه الطريقة هي :

ان هذه الأشعة قد لا تعطل الجيارديا اللامبيلية أو الكريبتوسبورديوم، ويجب أن تستخدم فقط من قبل أنظمة المياه الجوفية، الأشعة فوق البنفسجية غير مناسبة لمياه ذات مستويات عالية من العكارة أو ذات اللون أو إن وجدت مواد عضوية قابلة للذوبان.

## ثانيا: الطريقة الكيميائية:

١-التعقيم بالكلور

٢-التعقيم بالبروم

٣-التعقيم باليود

٤- التعقيم بالكلورامينات

٥-التعقيم بثاني اوكسيد الكلور

٦- التعقيم بالاوزون

ونذكر ادناه كل طريقة على حده :

### ١. التعقيم بالكلور (Chlorination) ومركباته :

تعد مشكلة تلوث المياه مشكلة أزلية، حيث مات الكثير من البشر خلال العشرينات والثلاثينات من القرن الماضي بسبب الكوليرا و حمى التيفويد اوالديسنتاريا الأميبية التي تسببها مياه الشرب الملوثة ، وعندما استخدم الكلور لتعقيم ماء الشرب اعتبرت هذه الخطوة من أهم التطورات في معالجة الماء.

يعتبر استخدام الكلور ومركباته من ارحص واسهل طرق تعقيم المياه ويستخدم لتحسين مذاق وشفاء المياه في الوقت الذي يقتل فيه الكثير من الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا والفيروسات.

### من المشاكل المعروفة في هذه الطريقة:

أ- فالحيارديات والكربيتوسبورديوم تقاومان بصورة عامة الكلور ما لم يستخدم بجرعات أكبر من تلك المفضلة للمعالجة، وقد يستدعي وجود هذه الطفيليات معالجة مسبقة لمصدر المياه.

ب- كما يزيل الكلور مواد مثل المنجنيز، والحديد، وكبريتيد الهيدروجين من المياه، التي يمكن أن تفسد مذاق المياه.

### وتتوقف فاعلية الكلور في التعقيم في قتل البكتريا على العوامل الآتية:

١. **درجة تركيز الايون الهيدروجيني:** فكلما ارتفع التركيز الهيدروجيني في الماء زادت جرعة الكلور تزيد فاعلية الكلور في تعقيم المياه التي يقل فيها درجة تركيز الأس الهيدروجيني " PH " عن ٧.٢ وتقل فاعليته إذا كانت الـ " PH " أكثر من ٧.٦ .
٢. **درجة الحرارة:** حيث تزيد كفاءة التعقيم بارتفاع درجة الحرارة.
٣. **مدة التفاعل بين الكلور والماء:** حيث تزيد فاعلية الكلور مع زيادة الوقت نظرا لمقاومة البكتريا المختلفة لتأثير الكلور , وان اقل مدة لازمة قبل استخدام الماء حوالي ٣٠ دقيقة ، عكارة الماء ووجود المركبات النيتروجينية وكذلك وجود مركبات الحديد والمنجنيز تقلل فاعلية الكلور في قتل البكتريا.

## تواجد الكلور

يتواجد الكلور في الطبيعة فقط على هيئة ايون كلوريد ، وتمثل الكلوريدات حجم كبير من الاملاح الذائبة في المحيطات ، تقريبا ١.٩ % من كتلة ماء البحر عبارة عن أيونات كلوريد.

كما أنه توجد نسب أعلى من أيونات الكلوريد ذائبة في البحر الميت وفي ترسبات الماء شديد الملوحة .

معظم الكلوريدات ذائبة في الماء، ولذلك فإن الكلوريدات الصلبة تتواجد في الأماكن ذات المناخ الجاف، أو في عمق الأرض، ومن الأملاح المعروفة للكلور (كلوريد الصوديوم) و (كلوريد البوتاسيوم).

وفي الصناعة يتم إنتاج الكلور غالبا بالتحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم الذائب في الماء. وينتج مع الكلور في عملية ألكلة الكلور غاز الهيدروجين، هيدروكسيد الصوديوم، طبق للمعادلة الآتية:



## طرق تقدير الكلور الحر والمتحد ومجموع الكلور تشمل:-

١. المعايرة الامبيرية amperometric titration

٢. التقدير اللوني colorimetric dpd

٣. المعايرة titration dpd

٤. iodimetric titration

الطرق الأكثر استخداما على نطاق واسع هي (٢) وذلك لسهولة القيام بها وتتطلب القليل من الاجهزة بالاضافة الى انها غير مكلفة وتناسب ظروف العمل ويجب ان لا يقل تركيز الكلور المتبقي في الفروع النهائية لشبكات الامداد بالمياه عن ٠,١ مغ / ل.

و dpd هي اختصار للمركب (diethyl-p-phenylene diamine) والذي يتأكسد بواسطة الكلور مما ينتج عنه لون احمر ارجواني وتناسب كثافة اللون طرديا مع تركيز الكلور في العينة.

## ويستعمل الكلور في التعقيم بأحد الأشكال التالية :

### **A-الكلورة بواسطة هيبوكلوريت الصوديوم (Sodium Hypochlorite)-(NAOCL):**

كشف الكلور من قبل العالم السويدي شيلي Scheele عام ١٧٧٤ ، وكان هذا الاكتشاف تمهيداً للعالم الكيميائي الفرنسي برتولي Berthollet كي يكتشف هيبوكلوريت الصوديوم في عام ١٧٨٥ في قرية جافيل Javel والتي أصبحت اليوم حياً بسيطاً من أحياء مدينة باريس ، ومن هنا نشأت تسمية هذه المادة بماء جافيل أو كما يعرف في عالم الكيمياء بهيبوكلوريت الصوديوم ، أعلى ثمنا من غاز الكلور ، الكثافة النسبية ١,١ سهل التداول عن غاز الكلور و هيبوكلوريت الكالسيوم .

ينتمي هذا المركب إلى مجموعة الهالوجينات Halogines والتي يعتبر الكلور فيها أحد أهم الأسس لعدد كبير من المطهرات المؤكسدة الشائعة في المداواة اللبية.

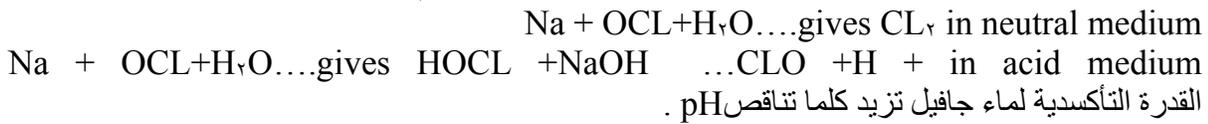
(هيبوكلوريت الصوديوم ) أو تحت كلوريت الصوديوم هو مركب كيميائي له الصيغة (NAOCL) والعنصر الفعال هو الهيبوكلوريت أو  $(OCL^-)$  أما قيوده فهي أن هذا العنصر يسبب التآكل بشكل سريع ، فيجب أن يتم تخزينه برعاية شديدة وأن يبقى بعيداً عن المعدات التي يمكن أن تتضرر من جراء التآكل. ومحلول هيبوكلوريت تتحلل بسرعة و غير مستقر في حالة تخزينه في الشمس أو تعرضه للحرارة أو تلامسه مع الأحماض. يجب أن تكون مخزنة في مكان بارد ومنطقة جافة ومظلمة .

إن محلول هيبوكلوريت الصوديوم هو محلول رائق شفاف Clear وبتراوح لونه من عديمه إلى اللون القشي Straw-colored وهو ذو رائحة واخزة وتأثير مهيج ، يخفف السائل ببساطة ثم يخلط بمياه المصدر ليحدث التعقيم.

شاردة الهيبوكلوريت مؤكسد قوي في الوسط المائي، بإمكانها أكسدة الماء في حد ذاته وفق تحول كيميائي بطيء مما يجعل مدة صلاحية ماء جافيل لا تتجاوز السنة بالنسبة للمحاليل الممددة وثلاث أشهر بالنسبة للمحاليل المركزة، وهذا التفكك يمكن أن تُسرَّعه بعض العوامل المساعدة مثل الشوارد المعدنية والأشعة فوق البنفسجية للضوء، ما يستلزم تعبئة ماء جافيل في قوارير عاتمة وغير معدنية.

- محلول هيبوكلوريت الصوديوم يعتبر محلول قاعدي ضعيف .
- الرقم الهيدروجيني يعتمد على تركيز محلول هيبوكلوريت الصوديوم فمثلاً :  
تركيز ٣-٥% يعطي رقم هيدروجيني حوالي ١١ .  
تركيز ١٠-١٥% يعطي رقم هيدروجيني حوالي ١٣ .

التفاعلات التالية هي التي تحدث عند حقن محلول هيبوكلوريت الصوديوم في الماء :

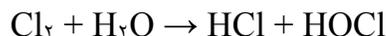


### **B-الكلورة بغاز الكلور (Chlorine CL<sub>2</sub>):**

هو غاز سام مخضر مائل إلى الاصفرار اذا كان تركيزه عالياً ومجرد خروجه من الاسطوانة اما في حالة التركيز المنخفض يكون عديم اللون. غير قابل للاشتعال واثقل من الهواء بمرتين ونصف. كما ان له رائحة نفاذة لاذعة وتأثير مهيج على انسجة الجسم. وهو غاز عند الضغط الجوي العادي و سائل عند الضغوط المرتفعة، والكلور غاز عجيب من ابرز خصائصه حبه للهيدروجين. فكلما وارتدته الفرصة اتحد بالهيدروجين لتكوين غاز حمض

الهيدروكلوريك (روح الملح) ويبلغ بالكلور حبه للهيدروجين الى حد (سرقته) له من المواد الاخرى الحاوية له. ويبلغ هذا الولوج او الانجذاب بين الكلور والهيدروجين الى حد لو خلطت كميتان متساويتان منهما في الظلام ثم اخرج المخلوط الى ضوء الشمسى لانفجر بعنف كبير. فعندما يضاف الكلور الى الماء يتفاعل اولاً مع الحديد والمنغنيز وكبريتيد الهيدروجين التي ربما تكون متواجدة في الماء، ويتم حقنه في الماء عن طريق اسطوانات مملوءة به وهو في الحالة المسالة لكونه واقع تحت ضغط فاذا انتشر في الماء تحول شيئاً فشيئاً الى الحالة الغازية و يظهر ذلك في صورة فقاعات صغيرة .

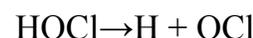
إن انحلال الكلور في الماء يؤدي إلى تشكيل حمضين حمض كلور الماء وحمض الهيوكلوري:



$\text{Cl}_2$  = غاز الكلور

hypochlorite = HOCL وهو مؤكسد قوى يؤكسد مواد كيميائية معينة في البكتريا مما يؤدي الى موتها.

ان حمض كلور الماء (HCl) لايلعب دوراً في عملية التعقيم اما حمض الهيوكلوري (HOCL) فهو العامل الفعال في التعقيم ، ان نسبة (٥٠%) من حمض الهيوكلوري تتفكك عند (PH=٧.٥) للماء تعطى شاردة الهيوكلوريت كما في المعادلة التالية :



وكذلك فان الكلور يتفاعل بدوره مع المواد العضوية الموجودة في الماء لضمان بقاء الماء محمياً على امتداد الشبكة وفي الشبكات الكبيرة يضاف الكلور مرة اخرى في مواقع متفرقة من الشبكة وعند انتهاء الكلور من تفاعله مع جميع المواد المعدنية والعضوية يتبقى جزء منه في مياه الشرب وهو ما يحس به الناس في منازلهم عن طريق الرائحة والطعم. حيث تقتل الكلورة جميع البكتريا الممرضة بما في ذلك المسببة لامراض التيفويد والكوليرا والدسنتاريا. كما يعمل الكلور على منع اللزوجة ونمو الطحالب في المواسير والخزانات ليضمن بذلك مياه آمنة اثناء عبورها شبكات التوزيع وحتى وصولها الى المستهلك.

## للكلور اربعة ادوار رئيسية في حال استعماله لمعالجة مياه الشرب هي:

- ١- الاكسدة: ازالة المواد غير المرغوبة في المياه.
  - ٢- حماية متواصلة للمياه في شبكات التوزيع.
  - ٣- تعقيم فعال في حال حصول تلوث طارئ.
  - ٤- مراقبة مستمرة لتلوث المياه .
  - ٥- يعمل على منع اللزوجة ونمو الطحالب في المواسير و الخزانات .
- عند زيادة جرعة المعقم ، يتم ملاحظة رائحة وطعم الكلور، وفي هذه الحالة يتم تعريض المياه للهواء لمدة ٥ دقائق لتتبخر المواد الزائدة ومن ثم يتم غلي الماء لمدة دقيقة واحدة. يرجى الانتباه إلى عدم استنشاق المياه أو الغازات النابعة من هذه العملية.

## اخطاره:

- أ- غاز سام.
- ب- مثير للبشرة والعيون والانف والاغشية المخاطية.

ت- السائل منه يسبب تقرحات جلدية.

## آثاره الصحية:

هنالك حالتان من الآثار الصحية هما:

- أ- الحالة عند التركيز القليل: يسبب تهيجا مع حرقة في العين و الانف و الحلق واحمرار في الوجه وتعطس.
- ب- الحالة عند التركيز العالي: ضيق في الصدر و الحلق .

## كما ان هناك اثار صحية اخرى هي:

أ- **الجهاز التنفسي:** استنشاق بخار الكلور اثناء الاستحمام يزيد من مشكلات الربو والحساسية والجيوب الانفية والام الصدر اما عند التعرض اليه بشكل اكبر يسبب تجمع السوائل في الرئة والتهاب الرئة وقصر التنفس.

ب- **امراض القلب:** ارتفاع معدل اخطار الاصابة بامراض القلب يرتبط ايضا بالشرب و الاستحمام بماء الكلور حيث ان الكلور يدمر فيتامين E .

ت- **السرطان:** يتحد الكلور في الماء مع المواد العضوية لينتج عن ذلك ما يعرف باسم الهيدروكربونات الكلورة أو التريهالوميثانات (Trihalomethanes) واختصارا تعرف بـ (THMs) ووجد أن بعض أنواع السرطان ترتبط باستخدام الكلور في مياه الشرب بسبب هذه المواد إن تلك المواد تجعل جسم الإنسان أكثر عرضة للسرطان ، و معظم هذه المواد تتكون في مياه الشرب عندما يتفاعل الكلور مع المواد الطبيعية مثل بقايا الأشجار المتحللة والمواد الحيوانية ، هناك علاقة سرطان باستهلاك ماء مُكَلَّوَر لها علاقة مثبتة ببعض أمراض السرطان خصوصا في الكلى والمثانة و القولون هي شائعة أكثر من غيرها . أنه صار من المعلوم لدى الكثيرين اليوم أن التعرض للكلور أثناء دش الاستحمام اكبر واطر من خطر شرب نفس الماء، لأنه عندما نشرب الماء فانه يأخذ طريقه إلى الجهاز الهضمي ومن ثم إلى الجهاز الإخراجي وفي نهاية المطاف جزء منه فقط يذهب إلى الدورة الدموية ، في حين أنه أثناء دش الاستحمام، يفتح الماء الساخن مسامات البشرة وبالتالي يأخذ الكلور والملوثات الأخرى طريقها إلى الجسم من خلال الجلد ولذا فان هناك علاقة مثبتة بين الكلور وسرطان المثانة ويمكن إزالة الرواسب الترابية و الكلور و المواد المسرطنة عن طريق فلاتر مركزية متعددة الأوساط يمر الماء من خلالها بأكثر من عملية تنقية.

ث- **مشكلات البشرة والشعر:** ان الاستحمام والاغتسال بماء مكلور يقود عادة الى احمرار الجلد وفروة الرأس وخاصة عند اولئك المعرضون اكثر من غيرهم لمسائل الحساسية وتقول الدراسات ان الكلور يرتبط بالبروتين في الشعر ويدمره مما يجعله جافا وصعب التسريح وكذلك الاستحمام بماء مكلور يجعل البشرة

وفروة الرأس جافتين، ويزيد مشاكل القشرة ويؤثر بشكل سلبي على صبغة الشعر وأفادت دراسات ميدانية أن الاستحمام في المسبح بماء مكور يجعل البشرة تمتص الكلور خلال عشر دقائق وهذا يفوق اثر الكلور الناتج من شرب ٨ كاسات من الماء.

ج- **الاجهاض:** ربما يسبب الكلور تدمير فيتامين (E) واسباب اخرى تم ربط التعرض لماء الكلور بمشاكل الاجهاض.

ح- **تأثير الاسنان:** ان التعرض المطول لماء الكلور سواء عن طريق الشرب او السباحة يمكن ان يقود الى تأثير الاسنان وضعفها.

خ- **التعرض للمواد المؤكسدة:** المواد المؤكسدة هي جزيئات اوكسجين غير مستقرة تتحد مع المواد الاخرى بكل بساطة لتشكل مواد خطرة في الواقع ان المواد المؤكسدة تقلل مستوى الاوكسجين في الخلايا وهذا ما يسبب بعض امراض السرطان والقلب. والكلور في الماء هو اهم مصدر للمواد المؤكسدة.

## الاسعافات الاولية:

### ١- في حالة الاستنشاق تتخذ الاجراءات الفورية الاتية:

أ- سحب المصاب من الموقع .

ب- بقاء المصاب دافئاً ومستلقياً مع رفع الرأس والكتفين.

ت- اجراء تنفس اصطناعي اذا لزم الامر.

ث- تدبير الاوكسجين في اسرع وقت.

ج- الاتصال بطبيب مختص فوراً.

### ٢- في حالة الاحتكاك المباشر للجلد تتخذ الاجراءات الفورية الاتية:

أ- غسل المصاب بكميات كبيرة من المياه وخلع الثياب الملوثة.

ب- غسل الاجزاء الملوثة بالماء والصابون.

ت- اغسل العينين بكميات وافرة من المياه لمدة لاتقل عن ١٥ دقيقة (في حالة اصابتها).

ث- الاتصال بالطبيب المختص فوراً.

ج- وفي حال تأخر الطبيب يعاد غسل العينين بالماء لمدة ١٥ دقيقة مرة ثانية.

## تعليمات للسلامة:

لا يشكل غاز الكلور اي اخطار في حالة تعامل معه فنيون اصحاب خبرة ويتحلون بالوعي الكامل ومدربون على اجراءات السلامة.

هنا مجموعة من الارشادات اللازم اتباعها لتأمين تخزين ونقل آمن للكلور:

١. زود الفنيون بتعليمات واضحة عن السلامة وأمن لهم المعدات الضرورية في هذا المجال.
٢. حضر خطط لإخلاء المكان في حال انتشار غاز الكلور واعتمد فوراً مسارب تصاعديّة.
٣. لا تخزن ابدأ مواد قابلة للاشتعال في المكان مع الكلور.
٤. لا تعرض اسطوانات غاز الكلور الى حرارة مباشرة.
٥. لا تقم بأعمال تلحيم لمواسير فيها غاز الكلور.
٦. قم بتجهيز حمام دش مجهز بغسول للعيون قرب مكان التخزين.
٧. تأكد من وجود معدات الصيانة الطارئة والعاجلة Repair Kit لاسطوانات الغاز.
٨. في حال وجود تسرب للغاز تذكر ان يقوم شخصان مجهزان باللوازم بأعمال الصيانة.
٩. احذر رش المياه على عبوات الكلور التي تسرب فإن ذلك سيجعل الامر اكثر سوءاً.
١٠. جميع اسطوانات الغاز يجب ان تكون محكمة الربط الى الجدران بواسطة سلاسل معدنية او ربطات معدنية تمنع انزلاقها.

## C- الكلورة بواسطة هايوكلورايت الكالسيوم الصلبة: (Calcium Hypochlorite)



- مادة صلبة بيضاء تعطي ٦٥% من الكلورين.
- ثابتة كيميائياً لمدة تصل الى العام .
- لها خواص تاكليية و رائحة قوية.
- يجب تخزينها بعيدا عن المواد العضوية مثل الخشب و القماش و المواد البترولية والا حدث تفاعل طارد للحرارة يعبه انفجار او حريق .
- يمتص الماء بسرعة ليكون غاز الكلورين .
- يتم ايضا اذابته في الماء و حقه في مياه الشرب مثل هايوكلورات الصوديوم
- يتم تصنيعها بواسطة طريقتين تسمى عملية الكالسيوم وعملية الصوديوم.

\*\*\*\*\*

## ٢. التعقيم بالبروم : (Bromine)

البروم (Br<sub>2</sub>) هو هالوجين بني محمر غامق يوجد كسائل تحت الضغط الجوي وبالتالي فهو أسهل نقلاً وتناولاً من الغاز المضغوط ، وهو أثقل من الماء بـ (٣.٢) مرة ، نقطة انصهاره (٧.٣° م و نقطة غليانه ٥٨.٧° م ) ، سائله يسبب حروقاً شديدة بتماسه مع الجلد . يشكل البروم بانحلاله في الماء مبيداً جيداً للجراثيم . ينتج البروم مع الأمونيا و النتروجينات الثلاثية مركبات بروم الأمونيوم وقد لوحظ نقطة للتكسير أثناء انحلال

- البروم في الماء بوجود مركبات النشادر .  
 إن البروم والبرومامين أحادي التكافؤ يملكان نفس الأثر التعقيمي وهذا الأثر يشبه الأثر  
 التعقيمي للكلور. أيضاً فإن البروم لا يستعمل في معالجة الإمداد العام بمياه الشرب ويقتصر استعماله لتعقيم مياه  
 أحواض السباحة ومياه الصرف الصناعية . ومن محسنات  
 استعمال البروم لتعقيم مياه أحواض السباحة ما يلي :
- ١- بعض أشكال البروم أسهل وأقل خطورة في نقلها وتخزينها من الكلور.
  - ٢- الكفاءة التعقيمية للبرومامين المتشكل في أحواض السباحة أكبر منها للكلورامين.
  - ٣- أقل تهيجا للعيون.
  - ٤- لا يسبب مشاكل طعم سيء.

### ٣- التعقيم باليود (Iodine):

اليود التجاري عبارة عن بلورات سوداء يميل لونها إلى الأرجوان وهو قابل لحت معظم المعادن ويتصعد ببطء  
 في الظروف الجوية العادية.  
 وعندما يسخن يشكل بخاراً ساماً بنفسجياً ، ولكنه أقل خطراً من باقي الهالوجينات المستعملة لمعالجة المياه، ينحل  
 اليود في الكحول الايثيلي بنسبة (٢٧%) وذلك في درجة حرارة الغرفة. وينحل اليود في الماء بنسبة (٠.٠٣%)  
 في درجة حرارة الغرفة أيضاً .  
 عندما ينحل اليود في الماء فإنه يمكن أن يبقى بشكله الأصلي ويمكن أن يتعرض لتغيرات معقدة مختلفة ، وذلك  
 حسب التركيز البدائي لليود المعايير واليوديد(إن المحضرات التجارية الشائعة لليود تحوي على اليوديد وذلك  
 لتأمين ثبات المحلول وحسن قابليته للانحلال) المضاف وحسب قيمة (ph) ودرجة الحرارة أيضاً .  
 أن إضافة قليل من اليود إلى المياه لأغراض الشرب سيمنع بعض أنواع تضخم الغدة الدرقية ، ولكن هذه  
 الإضافة قل استعمالها واستعيض عنها بإضافة اليود إلى ملح الطعام ، وبقي استعمال صبغة اليود لتعقيم مياه  
 الشرب في حالات الطوارئ فقط ، حيث أن استعمال نقطتين من صبغة اليود عيار(٧%) لكل لتر ماء سيجعل  
 الماء آمناً من الجراثيم بعد زمن تماس قدره (١٥ دقيقة).  
 وكما أن اليود يخرب الجراثيم المرضية ( وخاصة التيفية) في الماء فإنه يحطم الكبيبات الأميبية ، وأن انخفاض  
 درجة الحرارة وارتفاع قيمة (pH) يؤثران بشكل سلبي على كفاءة التعقيم باليود .  
 ولأغراض تعقيم مياه المسابح يمكن أن يضاف اليود بشكل أملاحه الصودية أو البوتاسية كأحد المركبات المعقدة  
 العضوية و كعنصر اليود .

#### وفيما يلي بعض محسنات اليود كمادة معقمة :

١. لا تتأثر كفاءته التعقيمية كثيراً بقيمة (PH) وذلك عدا الحالات التي تكون فيها درجة الحرارة منخفضة جداً .
٢. إن للنشادر والملوثات النتروجينية العضوية تأثيراً ضعيفاً على كفاءة إبادة اليود للجراثيم بسبب عدم تشكل  
 مركبات بديلة.
٣. إبادة الجراثيم أقل علاقة بدرجة الحرارة وبزمن التماس منها بالنسبة إلى الكلور.
٤. تتم إبادة الجراثيم المرضية والأبواغ والكبيبات والفيروسات بزمن قصير وبجرعة صغيرة وبدون شكاية من  
 طعم أو رائحة أو إثارة للعين أو الأذن أو الجلد.

أما مساوئ اليود كمادة معقمة فيمكن تلخيصها بما يلي:

- لنفس الظروف فإننا نحتاج إلى جرعات من اليود أكبر من الجرعات اللازمة من الكلور لكي نحصل على نفس الأثر التعقيمي.
- أعلى من الكلور بكثير.
- لم يزل أثره الفيزيولوجي عند الاستعمال المديد وخاصة على الأطفال قيد البحث.

#### ٤- التعقيم بالكلورامينات (CHLORMINS)NH<sub>2</sub>Cl :

كلورامينات خيار رخيص لمعالجة المياه ، ولكنها غير مناسبة عادة كنظام تعقيم "أساسي" وتعالج هذه العملية بفعالية الكثير من البكتيريا ولكن أثرها أقل ضد ملوثات أخرى. وبسبب محدودية الكلورامينات، فإنها كثيرا ما تستخدم كخطوة تطهير ثانية مع مصدر مياه تم تطهيره من قبل بوسيلة أخرى. والكلورامينات عنصر قيم للمعالجة الثانوية لأنها توفر حماية طويلة الأمد ضد الترسيبات. وهذه المضيفات أكثر استقرارا وعمرا من تلك الناجمة عن تعقيم بالكلور ، ولذلك توفر حماية ممتازة وطويلة ضد إعادة العدوى بالبكتيريا. وهذه مسألة مهمة تؤخذ في الاعتبار بالنسبة للمياه التي ستخزن لفترات طويلة من الوقت أو التي توزع على امتداد مسافات شاسعة. وتتكون الكلورامينات عندما يخلط الكلور والنشادر بالماء. وتتطلب هذه العملية تشغيلًا ماهرًا، ويجب مزج المادتين المضافتين بنسب ملائمة وإلا فقدت العملية فعاليتها.

\*\*\*\*\*

#### ٥- التعقيم بثاني أكسيد الكلور CLO<sub>2</sub> :

ثاني أكسيد الكلور فعال ضد الجيارديات و البكتيريا و الفيروسات وإلى حد ما، ضد الكريبتوسبورديوم ، وكثيرا ما يمزج مع وسائل معالجة أخرى مثل التعقيم بالكلور او بالاوزون ، لأنه على عكس المعالجات الأخرى، يشتهر ثاني اكسيد الكلور بأنه ينتج مواد تسبب السرطان. غير أن عملية إنتاج ثاني أكسيد الكلور تتسم بالتعقيد ، فهي تحتاج إلى فنيين مهرة ورقابة حذرة.

\*\*\*\*\*

#### ٦- التعقيم بالاوزون O<sub>3</sub> / OZONATION :

الأوزون عنصر اكسدة قوي ومعقم أساسي فعال، واستخدامه غير مصحوب بطعم أو رائحة ، ويضاف بتركيز ٢ - ٣ جزء في المليون حتى ٤ جزء في المليون وفترة تماس من ١٠ ~ ١٥ دقيقة ، يبقى منه تركيز ٠.١ جزء في المليون بعد عشر دقائق من إضافته وهو غاز قابل للذوبان في الماء بسهولة يراعى عند تعقيم المياه بالاوزون زيادة الكمية المضافة قليلا للتخلص من أى مواد تسبب تغييرا في الطعم و الرائحة. ومن عيوب هذه الطريقة ولسوء الحظ، فإنه لا يوفر أيضا حماية طويلة لان الاوزون المتخلف لا يبقى في الماء أكثر من ٣٠ دقيقة حيث يتحول الاوزون إلى أكسجين، يستعمل الأوزن في عمليات المياه الكبرى والصغيرة و حمامات السباحة ويستخدم لتعقيم المياه المعبأه.

ويضخ هذا الجزيء الغني بالأوكسجين في أنظمة المياه لإزالة الملوثات البيولوجية مثل البكتيريا ، والفيروسات والجارديات الكريبتوسبورديوم والكيماويات العضوية و أنه فعال في أكسدة وإزالة الحديد، والكبريت، والمنجنيز ، والمواد الأخرى غير العضوية.

وغاز الأوزون غير مستقر ويتفكك بسرعة إلى جزيء أوكسجين عادي بذرتين بدلا من ثلاث ذرات، وبسبب هذه الحالة، لا يمكن تخزينه أو نقله بسهولة وبدلا من ذلك ، تنتج محطات المعالجة الأوزون في موقعها بدفع هواء جاف عبر سلسلة مرتبة من الأقطاب الكهربائية وللحصول على الأوزون نحتاج الى طاقة كهربائية كبيرة ولذلك يعتبر التعقيم بالأوزون مكلفاً .

ومتى انتج الأوزون، يدفع للاتصال بماء مصدر ويخلط به لمدة ملائمة، وبالنظر إلى أن الأوزون عبارة عن أوكسجين خالص فإنه لا يخلف آثار باقية أو روائح في الماء.

وإذا تعين خزن المياه لفترات طويلة، أو توزيعها عبر مسافات طويلة، قد يكون من الضروري دعم عملية تعقيم بالاوزون بمعالجة طويلة الأمد للترسيبات مثل الكلور، والكلورامينات.

ويمكن أن يكون تنفيذها باهظ التكاليف، فإن تشغيل وصيانة مثل هذه الأنظمة يحتاج إلى عمال مهرة قد لا يتوفر وجودهم في جميع المناطق.

## عوامل تلعب دوراً في عملية تعقيم المياه:

اخيراً نريد ان نذكر ان هناك عوامل تلعب دورا في عملية تعقيم المياه لايد من الحساب لها و اتخاذ الاجراء المناسب بصدهه :

١. **نوع الكائنات الدقيقة:** فبعض الأحياء الدقيقة يستطيع تحمل مواد التعقيم بتراكيز أكبر من غيرها.
٢. **نوع المعقم:** فبعض المعقمات تأثيرها أضعف من الآخر .
٣. **تركيز المادة المعقمة:** كلما زاد التركيز، كلما كان التعقيم أقوى (يوجد نسبة قصوى لكل مادة).
٤. **فترة تفاعل المعقم:** بعض المواد المعقمة تتفاعل ببطء أكثر من الأخرى.
٥. **جودة المياه:** وذلك بحسب العوامل التالية:
  - **مستوى التعكر** او ( العكارة : فوجود الجسيمات الدقيقة يمكن ان يحمى الكائنات الحية و يعرقل عمل المادة المعقمة).
  - **وجود المواد العضوية الطبيعية:** فوجودها يعني استهلاك أكبر للمواد المعقمة.
  - **درجة الحموضة:** درجة حموضة المياه تؤثر على عمل المادة المعقمة
  - **درجة الحرارة.**

\*\*\*\*\*