نظم التعقيم بالكلور والامان فى محطات مياه الشرب

اعداد

د/ على محمود رضوان

تطهير مياه الشرب

مقدمة

يعتبر الماء ثانى أهم العناصر الضرورية للانسان بعد الأكسجين الذي نستنشقه من الهواء. وكما أن الماء لازم لاستمرار الحياة فقد يكون سببا في القضاء عليها إذا استعمل ملوثا بجراثيم الأمراض مثل التيفود والدوسنتاريا والكوليرا أو غيرها.

والاهتمام بالماء وما ينقله من أمراض ليس وليد العصر الحديث فلقد أوصى به أبقراط (اله الطب عند القدماء)

بغلي الماء الذى يستعمل للشرب كما ظهر واضحا على اللوحات الأثرية التى خلفها المصريين القدماء أنهم كانوا يقومون بغلى الماء قبل استخدامه للشرب.

تطهير مياه الشرب أمر ضرورى حرصا علي صحة المواطنين وضمانا لسلامتهم. وعملية التطهير في معالجة المياه تهدف في المقام الأول إلى التخلص من كل أنواع الكائنات الحية الدقيقة المسببة للامراض ولاتشمل الكائنات الحية فى الطور المتحوصل المقاوم للحرارة .

بخلاف التعقيم الذي يعنى القضاء على جميع انواع الكائنات الحية من أى نوع سواء كانت مسببة للامراض أو غير ممرضة على شكل طور نشط أو شكل طور متحوصل أو اى شكل أخر

عملية تطهير المياه

هى أهم خطوة من خطوات معالجة المياه فهى التى تضفى عليه صفة الصلاحية وتؤمنه ضد الأمراض المعدية المنقولة عن طريقه وتتم عملية تطهير المياه بطرق متعددة منها:-

المعالجة الحرارية

وهي أول طريقة تم اكتشافها ويتم فيها غليان الماء، باستخدام الغليات، و لا تستخدم هذه الطريقة في إنتاج كميات كبيرة من المياه نظرا لارتفاع تكلفة الطاقة المطلوبة لها.

المعالجة الاشعاعية

هى مرور المياه علي لمبة تنتج أشعة فوق بنفسجية ويجب أن تكون المياه خالية من العكارة وقريبة جدا من اللمبه المشعة لذا لا تستخدم هذه الطريقة إلا فى إنتاج الكميات الصغيرة من المياه

المعالجة الكيماوية

يمكن استخدام العديد من المواد الكيمائية فى تطهير المياه ومنها: الكلور (الكلورة), ثانى أكسيد الكلور وبرمنجانات البوتاسيوم ، الأوزون والجير, والبروم, واليود.

الشروط الواجب توافرها فى المواد المطهرة

- أن تكون قاتلة للجراثيم ولا تؤثر على صحة الإنسان.
- أن تكون رخيصة الثمن ومتوفرة محليا
- أو يسهل استيرادها طوال العام
- أن يكون استعمالها سهلا ومأمونا.
- أن يكون تخزينها سهلا وآمنأ.

التطهير بالكلور

إضافة الكلور من أكثر الطرق انتشارا في عمليات تطهير المياه وقد كان لظهور عملية الكلوره اثر كبير في القضاء بدرجة كبيرة علي الأمراض التي ينقلها الماء وذلك بأقل التكاليف وابسط المعدات واقل عدد من العاملين ولولا عملية الكلورة لانتشرت أوبئة الكوليرا والتيفود والتى كان لظهور الكلور واستخدامه الفضل الأكبر فى القضاء عليهما.

ويتميز التطهير بواسطة الكلور بسهولة استعماله, وكذلك سهولة الحكم على مدي فاعليته بالتأكد من بقاء قدرا من الكلور في الماء بعد فترة من إضافته.

الكلورعامل مؤكسد قوي وعندما يستخدم بكميات كافية فإنه يوقف نمو الطحالب فى المرشحات.

والكلور عنصر كيماوي ينتج خلال صناعة الصودا الكاوية ويدخل الكلور في كثير من الصناعات المدنية والحربية منها علي سبيل المثال صناعة البترول والمعادن والورق والمنسوجات والصناعات الكيميائية والصناعات الغذائية كما يستعمل الكلور في معالجة مياه الصرف الصحى وتطهير مياه الشرب.

صناعة الكلور

يتم تحضير الكلور في الصناعة بواسطة التحليل الكهربي لمحلول كلوريد الصوديوم (ملح الطعام). ويتجمع الغاز عند القطب الموجب ويتم سحبة حيث تتم إسالته ويحفظ في خزانات كبيرة إلى أن تتم عملية تعبئته في الاسطوانات المستخدمه في محطات المياه ومصانع النسيج و خلافه.

خصائص الكلور

يمكن أن يتواجد الكلور مثله مثل أى مادة فى ثلاث صور مختلفة: السائلة، الغازية. الصلبة ولكل منها خصائصه.

الكلورغاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة وهو أثقل من الهواء مرتين و نصف له رائحة مميزة شديدة النفاذية ووزنه الذرى 35.5

الكلور الغازي ضعيف القابلية للذوبان في الماء (6.7 جم/لتر ماء عند 20مْ ,14.8 جم/لتر ماء عند صفر مْ ولذلك لا ينبغي رش الماء على الكلور المتسرب , كما أن حفظ محلول الكلور في درجة حرارة باردة يحافظ على . تركيزه لفترة طويلة.

وبرغم أن الكلور ليس مادة ملتهبة قابلة للاشتعال أو الانفجار, إلا انه يمكن أن يساعد على الاشتعال تحت ظروف معينة .

كذلك فإن الكلور الجاف ليس مادة مسببة للتأكل , إلا انه يتحول إلى ذلك بشكل مؤثر إذا ما تعرض للرطوبة.

غاز الكلور سام ومهيج للاغشية المخاطية المبطنة للانف والعين والجلد والرئتين ويسبب سعال وصعوبة فى التنفس.

يسال بالتبريد عند -34.1 مْ، ضغط جوى ا بار(أو يسال تحت ضغط عالي)7كجم/ سم 2 ، في درجات الحرارة العادية(ولذلك يحفظ وينقل علي هيئة غاز مسال بالضغط في اسطوانات من الصلب تختلف سعتها من خمسين الى 1000 كيلوجرام وتتوقف العبوة المستعملة علي الكمية المستهلكة في محطة المياه.

فى حالة وجود تسرب لغاز الكلور فى الجو فإن 3 جزء بالمليون هى اقل نسبة يمكن حسها بالشم وعند 5 جزء في المليون يصبح تأثيرها مهيج للعين والرئة ويصبح خطرا إذا ما استشق لفترة من 30 - 60 دقيقه عند تركيز من0 4 - 60 جزء فى المليون, وإذا زاد التركيز فى الجو ليصل إلى 1000 جزء في المليون فإنه يصبح مميت. أما الكمية المسموح بها لغاز الكلور في الجو وتكون آمنة لفترة الوردية الواحدة (ثماني ساعات) لا تتجاوز تركيز 1 جزء في المليون.

الكلور السائل

- عبارة عن محلول نقى كهرماني اللون وهو أثقل من الماء مرة ونصف تقريبا. وللكلور السائل معامل تمدد عالي، إذ يزداد حجمه بسرعة كبيرة بازدياد درجة الحرارة, حيث يزداد تمدد السائل ليملاء الأسطوانة بالكامل عندما ترتفع درجة الحرارة إلى 67.5 مْ ولذلك يلتزم دائما بعدم ملء اسطوانات الكلور بأكثر من 85 % من حجمها. وحيث أن الكلور السائل يتبخر بسرعة شديدة إذا ما تعرض للهواء الجوى, لذلك فهو نادرا ما يرى في صورته السائلة.
- عند تبخر الكلور السائل فإن وحدة الحجوم الواحدة منه (تنتج حوالي 460 وحدة من الكلور الغاز و بالتالى عند حدوث تسرب فى اسطوانة الكلور يتحتم تعديل وضع الاسطوانة بحيث تكون منطقة التسرب فى اعلاها لكى يتسرب غاز الكلور و ليس السائل

الكلور الصلب

- نظرا لان الكلور السائل يتجمد عند درجة حرارة منخفضة جدا -102 م ْ فهو نادرا ما يوجد في صورته الصلبة , غير انه يتواجد متحدا مع بعض العناصر الأخرى فى صورة مركبات على هيئة بودرة أو حبيبات ومركبات الكلور .
- بخلاف الكلور النقى يتواجد الكلور علي هيئة مركبات سائلة أو صلبة

- **محلول الكلور**

ويسمي كيماويا (هيبوكلوريت الصوديوم وهو محلول يحتوي علي حوالي 15%من الكلور الحر ويباع في المحلات العامة كمنظف تحت أسماء مختلفة, ويمكن استعماله كمطهر للمياه بشرط أن لا يضاف إليه أي أنواع من المنظفات ويضاف مباشرة على الماء سواء بالصب المباشر من وعاء أو باستعمال مضخة مناسبة. (لا يستعمل بكثرة بالإضافة إلى أن محلوله يسبب تآكل في المواسير

مسحوق أو أقراص الكلور :

ويسمي كيماوياً (هيبوكلوريت الكالسيوم) و هذه المادة تحتوى علي حوالي 60 – 70 % من الكلور الحر.
ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبان نسبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين لفترات ليست بالطويلة. وعند الاستعمال يحضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء بالجرعات اللازمه بواسطة أجهزة خاصة. _

المسحوق المبيض :

ويسمي أحيانا (كلوريد الجير أو الجير المكلور وهو مسحوق ابيض مائل للاصفرار, له رائحة قوية نفاذة، الجيد منه يحتوي علي 32 % من وزنة كلور فعال. إلا أن هذه النسبة تأخذ فى النقصان بمضي الوقت خصوصا إذا تعرض للجو أو للضوء، ولذلك يجب حفظة في عبوات خاصة محكمة القفل , كما يجب اختباره لمعرفة نسبة الكلور الفعال قبل الاستخدام حتى يمكن تقدير الكمية التي تعطي جرعة الكلور المطلوبة.
وعموما فإن استعمال مركبات الكلور اصبح غير شائع فى عمليات التطهير للمياه نظرا لمتاعب التشغيل إلا انه يستعمل فى الحالات الآتية:-

1 تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد إنشائها او إصلاحها.
2 . تطهير مرشحات وخزانات المياه
3. في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات.

استخدامات الكلور فى محطات المياه

يستخدم الكلور فى محطات المياه لغرض التطهير و للقضاء على مشاكل الطعم و الرائحة و لاكسدة الشوائب الكيميائية

1. التطهير:

يستخدم الكلور فى محطات مياه الشرب كمادة مطهرة. إذ أن إضافة الكلور تتسبب فى قتل البكتريا الضارة والمسببة للامراض. ولذلك تحدد اشتراطات جهات الصحة المختلفة ضرورة إضافة جرعات وافية من الكلور للماء تكفل توافر الكلور المتبقى حتى نهايات شبكة التوزيع (فى حدود 2 . 0 ملجم/لتر)

2. القضاء على مشاكل الطعم والرائحة:

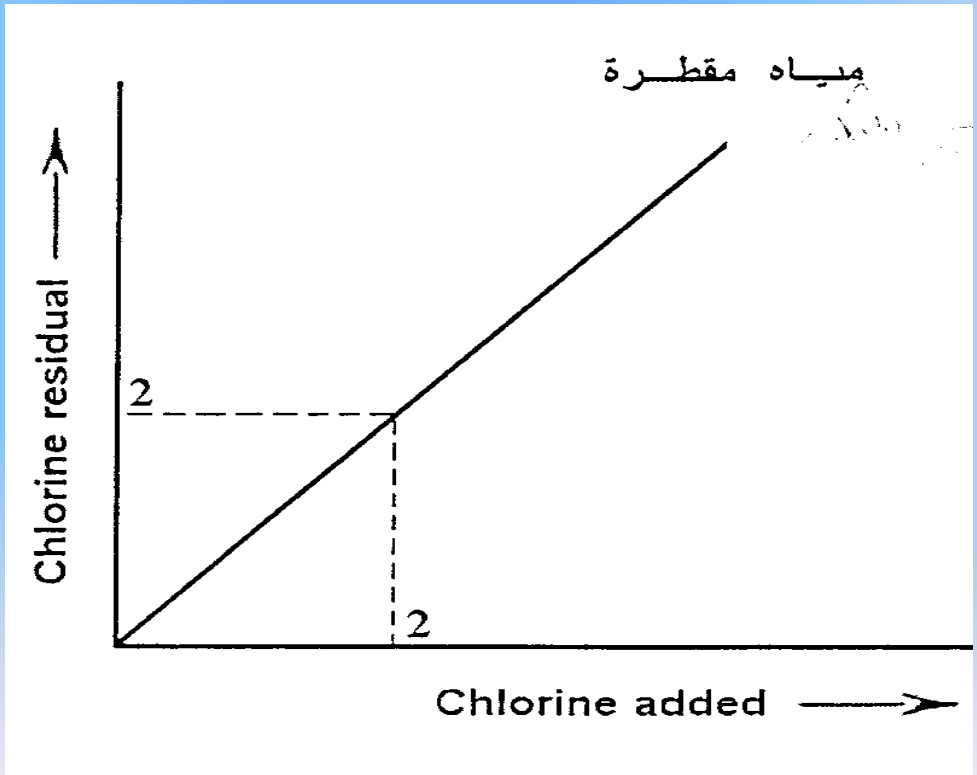
قد يستخدم الكلور للقضاء على بعض مشكلات الطعم والرائحة فى مياه الشرب. إذ أن معظم مشاكل الطعم والرائحة تتسبب عن بعض النباتات المجهرية الدقيقة التى تتواجد فى مصادر المياه السطحية. فيتفاعل الكلور كمادة مبيده للطحالب ويقضى على تلك النباتات المسببة للطعم والرائحة. إلا أن هناك أنواع قليلة من الطحالب لا تتفاعل مع الكلور بالشكل المرغوب ويترتب على ذلك زيادة حدة الروائح الطعم غير المقبول للماء.

3. الأكسدة:

يقوم الكلور بأكسدة عدد من الشوائب الكيميائية الموجودة فى الماء كالحديد.
المنجنيز , النيترات , الأمونيا وكبريتيد الهدروجين . وبالتالى ازالتها من الماء. وتتواجد تلك الشوائب عادة فى مصادر المياه الجوفية.

نظرية عمل الكلور

لفهم تفاعلات الكلور في المياه الطبيعية . نفرض مبدئياً أن التفاعل سيحدث في مياه مقطرة . فإن كمية الكلور الحر المتبقية تتعلق مباشرة بكمية الكلور المضافة(الجرعة).



وعلى سبيل المثال: إذا اضيف جرعة كلور بمقدار 2 مجم/لتر لتلك المياه ستعطى نفس القيمة (2 مجم/لتر) ككلور متبقى حر بعد انتهاء فترة المكث

وسيتم التفاعل كالتالى:

كلور + ماء ← حامض الهيبوكلورز + حامض الهيدروكلوريك

$$CL_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

نواتج التفاعل مركبات ضعيفة لا تلبث ان تتفكك إلى نواتج أخرى كالتالي:

حامض الهيبوكلورز ← أيون الهيبوكلوريت + ايون هيدروجين

(حامض ضعيف يتفكك)

$$HOCl \rightarrow OCl^- + H^+ \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

وحامض الهيدروكلوريك ← ايون كلور + ايون هيدروجين

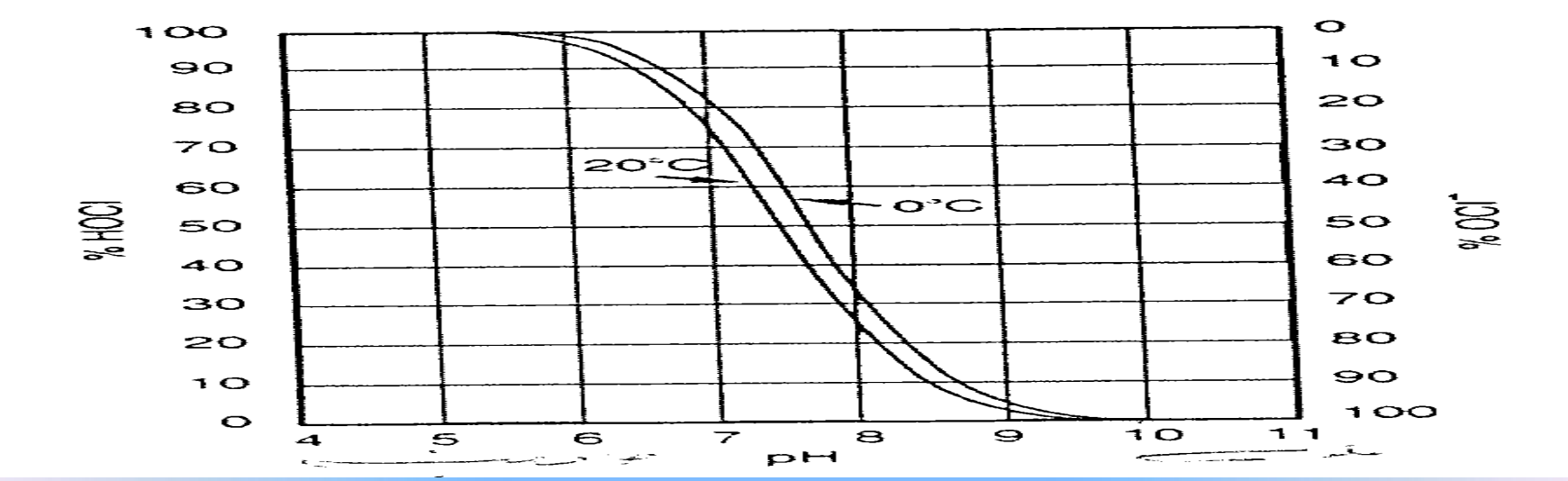
$$HCl \rightarrow Cl^- + H^+ \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

أحد شكلين من أشكال الكلور الحر المتبقى وهو HOClويمثل حمض الهيبوكلورز الأكثر فاعلية في عملية التطهر وعند تحلله كما في المعادله (2) السابقه ينتج ايون OCl^- وهو الشكل الثانى من أشكال الكلور الحر المتبقي وتأثيره في عمله الهيبوكلوريت التطهير تعادل 1% فقط من تأثير حمض الهيبوكلورز.

الشكل	فاعلية الكلور مقارنة بحمض الهيبوكلورز
HOCl	1
OCl –	1/100
NCl3	-
NHCl2	1/80
NH2CL	1/150

تأثير pH على التفاعل

يتأثر التفاعل بالأس الهيدروجيني تأثيرا كبيرا فكلما كان الوسط اقرب للحامضية زاد حامض الهيبوكلوروز وكلما كان الوسط اقرب للقاعدية زادت أيونات الهيبوكلوريت.



فمثلا :-

عند الاس الهيدروجينى 6.7 تكون النسبة

20 % ملح هيبوكلوريت +0 8 % حمض هيبوكلوروز

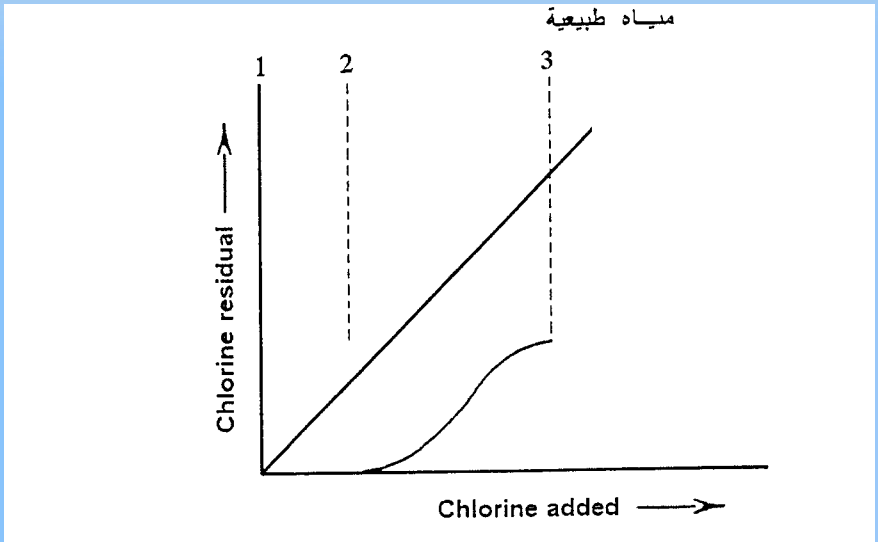
عند الاس الهيدروجينى 7.3 تكون النسبة

40 % ملح هيبوكلوريت +0 6 % حمض هيبوكلوروز

عند الاس الهيدروجينى 8.3 تكون النسبة

80 % ملح هيبوكلوريت + 20 % حمض هيبوكلوروز

يتبين مما سبق انه قد يوجد كلور بالعينة. ولكن فاعليته تختلف بالزيادة او النقصان تبعا لاختلاف درجة تركيز الأس الهيدروجينى



أما بالنسبة للمياه الطبيعية فكما نعلم أن بها مواد ذائبة وشوائب عالقة وبالتالى فان تفاعل الكلور مع تلك المواد والشوائب سيتداخل ويؤثر على كمية الكلور المتبقى الحر كنتيجة لذلك.

وعلى سبيل المثال: إذا احتوى الماء على حديد، منجنيز, أمونيا, نيتريت , أو أي مادة عضوية فسوف يتفاعل الكلور المضاف معها ليعطى انحراف في المنحنى يناسب تلك المتفاعلات ودرجة تركيزها بالمياه

من الشكل:- المسافة بين النقطتين 2 و1 الكلور المضاف يتحد مباشرة مع الحديد و المنجنيز و النيتريت كمواد مختزلة ولا يظهر تبعا لذلك أي كلور متبقى حتى الانتهاء من أكسدة كل تلك المواد بواسطه الكلور.

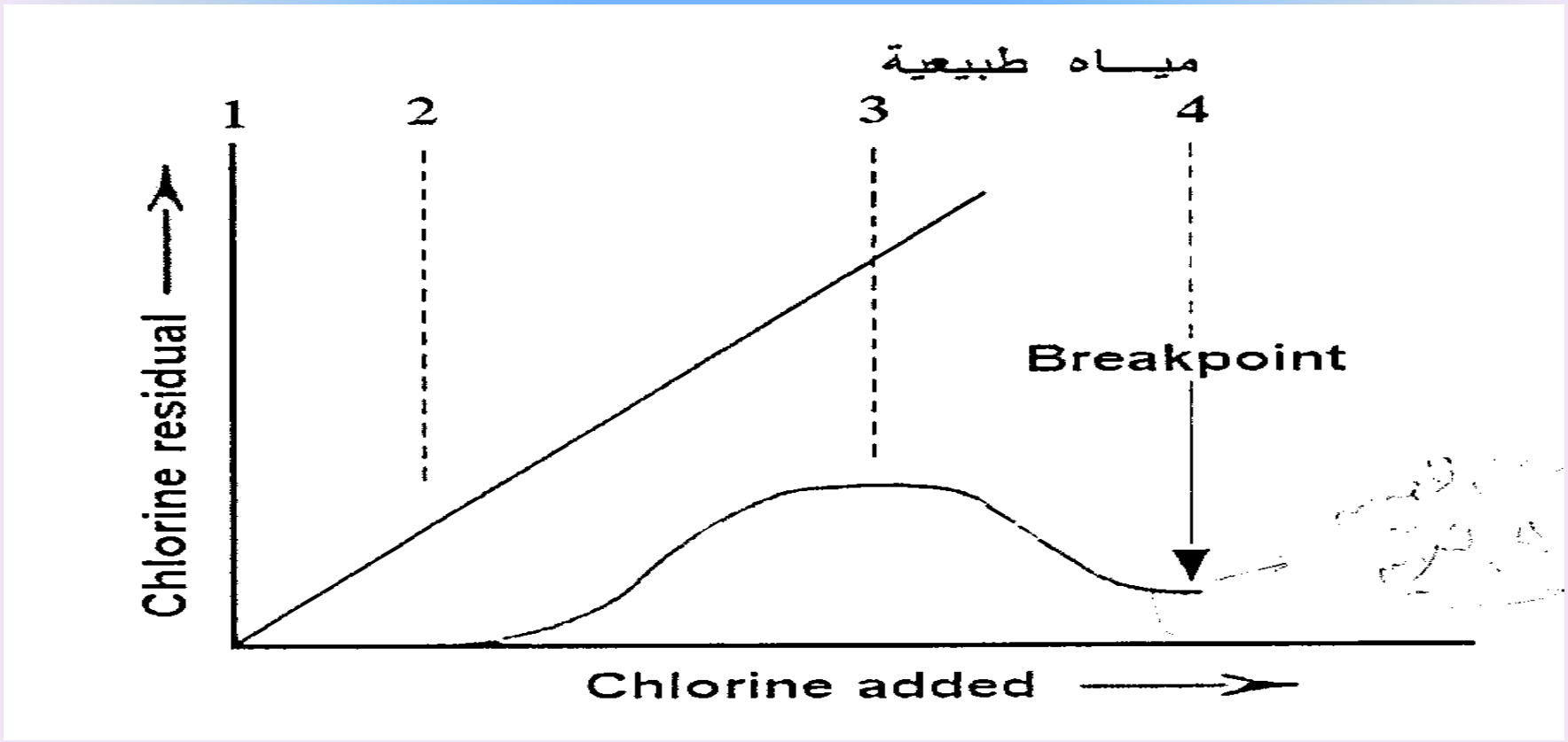
باستمرار إضافة الكلور نلاحظ انه على امتداد المسافة بين النقطتين 3 ، 2 يبدأ الكلور في التفاعل مع الأمونيا والمادة العضويه ليشكل مركب الكلورامين والمركبات الكلوروعضوية وهذه النواتج من أشكال الكلور تعرف بالكلور المتبقى المتحد ولكن فاعلية هذه الأ شكال كعامل مطهر تكون اضعف من الكلور الحر.

وفيما بين النقطتين 3 و 2 غالبا يكون أحادى الكلورامين هو شكل الكلور المتبقى كناتج التفاعل:

أمونيا + حمض الهيبوكلورز ← أحادى الكلورامين + ماء

$$NH_3 + HOCl \rightarrow NH_2Cl + H_2O \quad (pH > 7) \ldots\ldots (4)$$

يوضح الشكل التالى انه بمتابعة إضافة كلور للمياه , يبدأ الكلور المتبقى من النقطة 3 حتى النقطة 4 في الانخفاض وذلك كنتيجة لبدأ أكسدة مركبات أحادى الكلورامين الى مركبات ثاني وثالث الكلورامين و حتى تمام الأكسدة وتكون غاز النيتروجين .



ويوضح ذلك التفاعلات التالية:

في حالة إذا ما كان NH_3 بكمية وفيرة:

$$NH_2Cl + HOCl \rightarrow NHCl_2 + H_2O \quad (4 < pH < 6)..... (5)$$

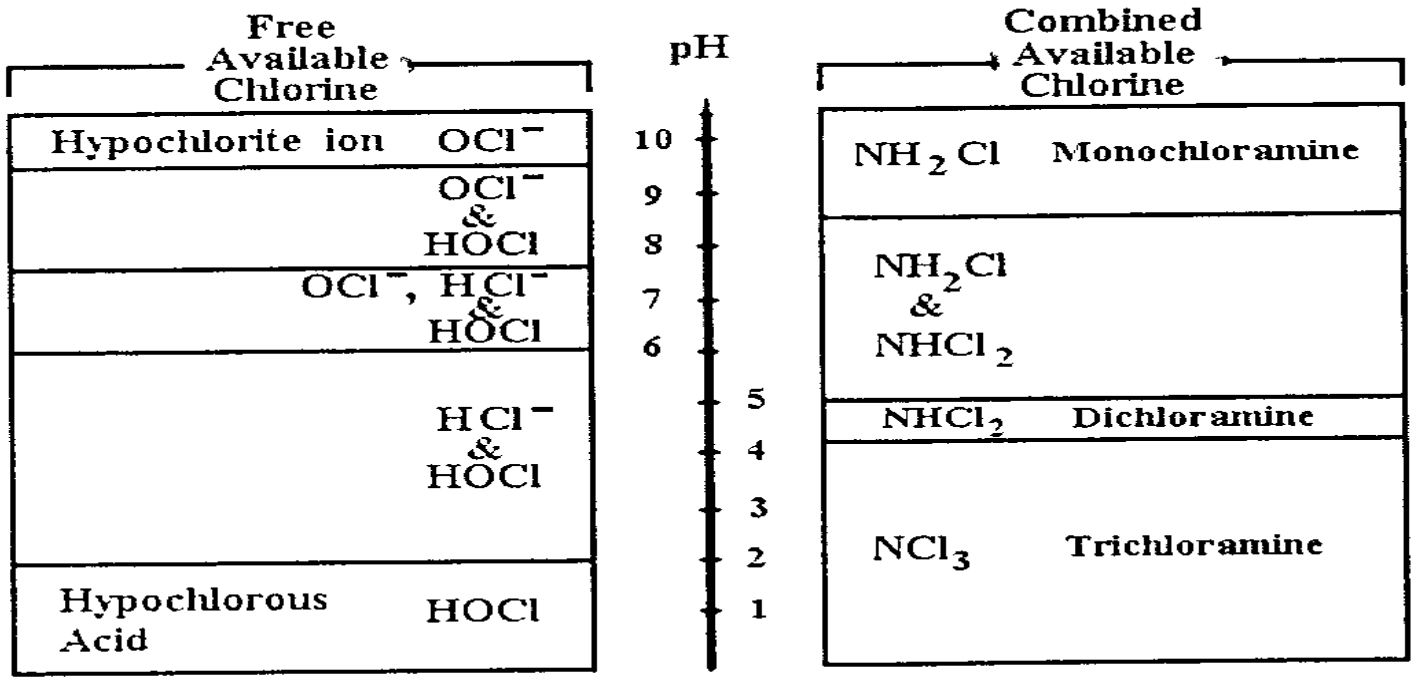
$$NHCl_2 + HOCl \rightarrow NCl_3 + H_2O \quad (pH < 3)..... \quad (6)$$

ونلاحظ من التفاعلات السابقة انه.

إذا كان كمية الكلور في الماء كافية فإن التفاعل سيكون ثابت مع زيادة الامونيا, كما في المعادلة التالية

$$2NH_2Cl + HOCl \rightarrow N_2 + 3\,HCl + H_2O \quad \ldots\ldots (7)$$

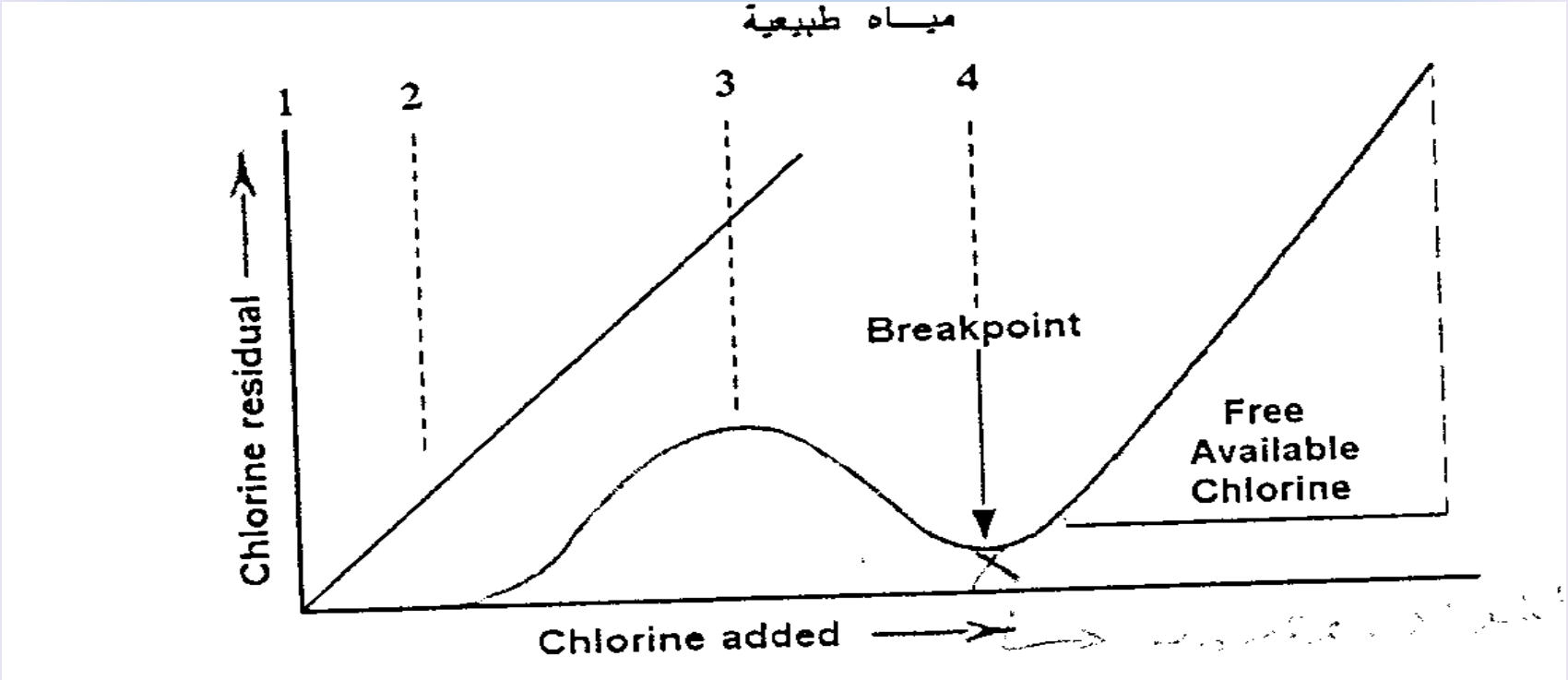
٦) يوضح علاقة pH بأشكال الكلـــور المحتمـــل تواجـــدها بالميـــاه



ويختلف مفعول كل نوع من مركبات الكلور السابقة عن الآخر في عمليات التطهير حيث يلاحظ أن الكلور الحر اقوي بكثير في قتل البكتريا عن الكلور المتحد. ويلا حظ أيضا أنه يلزم استخدام مقدار من الكلور المتحد اكبر 25 مرة من الكلور الحر لتحقيق نفس القدرة علي القتل في نفس المدة الزمنية

علاوة علي ذلك فان التطهير بالكلورامين عملية بطيئة وتحتاج إلى فترة تلامس اطول.

النقطة 4 هى أدنى قيمة يصل لها الكلور وتعرف باسم نقطة الانكسار. ثم يبدأ بعدها ظهور كلور حر متبقي ويزيد بزيادة جرعة الكلور المضافة . بمعنى انه بعد نقطة الانكسار أي إضافة للكلور تظهر في صورة كلور حر متبقي, وقيمة الكلور الحر المتبقى يجب أن تمثل 85 -90 % من مجموع الكلور المتبقى (حر + متحد) بالمياه المعالجة.



يجب أن نتذكر أن الكلور المتبقى المتحد يمثل مركات ثنائى و ثلاثى الكلورامين والمركبات الكلورو- عضوية (As THMs

تتوقف فاعلية الكلور فى قتل البكتريا على العوامل الآتية:-

1. جرعة الكلور:

بديهي إن فاعلية الكلور فى القضاء علي البكتريا تزيد بازدياد جرعة الكلور المضافة الى المياه.

2. مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس)

تزيد فاعلية الكلور كلما طال من التلامس . و نظرا لان مقاومة البكتريا للكلور باختلاف أنواعها . فوجد انه وجد ان قتل , يجب أن تمر ثلاثين دقيقة على الأقل من إضافة الكلور وحتى استعمال الماء كفترة تلامس. وقد البكتيريابالماء تتأثر تأثراً كبيراً بالعاملين السابقين (الجرعة، ووقت التلامس) ويؤثر كل منهما على الآخر فبزيادة تركيز الكلور يقل الوقت اللازم للقتل والعكس بالعكس.مع الأخذ في الاعتبار أن الكلور المتحد تأثيره اقل من الحر في عملية التطهير ولذلك يلزمه فترة تلامس أطول لإتمام عملية قتل البكتريا الموجودة بالماء.

من المهم معرفة فترة التلامس الملائمة لنوع الكلور المتبقى الموجود بالماء , فمثلا نعتمد على الكلور الحر المتبقى في التطهير عندما يكون الوقت المقطوع من نقطة إضافة الكلور حتى نقطة استهلاكه قصير. الشكل (بنسبة 99 % عند درجة حرارة 2 - 6 م0 ونوع الكلور E Coli يبين العلاقة بين الوقت اللازم لقتل بكتريا المتبقى بالماء.

3. درجة الحراره:

بالرغم من أن درجة حرارة المياه المنخفضة تحتفظ أكثر بالكلور إلا أن الحرارة العالية أكثر فاعلية، ولذلك يجب تغيير جرعة الكلور مع تغير الفصول للحفاظ على نسبة الكلور المتبقى بالمياه, بمعنى إن جرعة الكلور تزيد بانخفاض درجة الحرارة للحصول علي نفس كفاءة التطهير.

4. درجة تركيز أيون الهيدروجين:

لقد تبين أن المياه ذات التركيز الهيدروجيني المنخفض تلزمها جرعات كلور اصغر من المياه ذات التركيزالهيدروجين المرتفع للحصول علي نفس كفاءة التطهير. وتفسير ذلك ان الأس - الهيدروجيني هو الذي يحدد النسبة بين تركيزي كل من OCL,HOCl. لاحظ من الشكل أيضاً أن درجة الحرارة تأثيرها ضعيف على نسبة التحلل بالمقارنة بتأثير الأس الهيدروجيني.

أما اذا استخدم الكلور غاز فإنه يخفض الاس الهيدروجينى ويحافظ على فاعلية الكلور الحر المتبقى ... واستخدام مركبات الهيبوكلوريت في عمليات التطهير ترفع من قيمة pH ودرجة قلوية وحامضية الماء تؤثر على التطهير بالكلور

فتقل فاعلية الكلور بزيادة قلوية الماء ولذلك يلزم استخدام جرعات كلور عالية كلما ارتفعت قلوية الماء والعكس بالعكس.

5. عكارة الماء:

كلما زادت عكارة الماء زادت جرعة الكلور اللازمة إذ أن الميكروبات قد تحتمي بالمواد المسببة للعكارة من تأثير الكلور.

6. وجود المركبات الآزوتية في الماء,

عند تواجد مركبات الأمونيا في المياه تقل فاعلية الكلور في قتل الكائنات الحية في الماء ولذا يلزم إضافة جرعات اكبر أو إطالة وقت التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس)

7. وجود مركبات الحديد والمنجنيز:

وهذه أيضا تحد من فاعلية الكلور في قتل البكتريا

اضافة الكلور

يتم إضافة الكلور للمياه بإحدى طريقتين:

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

أولاً: إضاقة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائد :-

والمقصود بذلك إضافة الكلور بجرعات زائدة عن حد الطلب, وبهذا نضمن الحصول على كفاءة وفاعلية عالية لعملية التطهير وممكن أن نضطر إلى ذلك فى حاله الطوارئ أو إذا ما كان هناك شك في حدوث تلوث بكتيري لمصدر المياه.

و تتميز هذه الطريقة بالاتى :-

- 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.

وطرق إزالة الكلور الزائد :

1. إضافة ثاني أكسيد الكبريت إلى الماء بجرعات حوالي 1.5 جزء فى المليون لكل جزء في المليون من الكلور المراد إزالته وفي هذه الحالة يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة:

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

كميات حامض الكبريتيك وحامض الهيدروكلوريك الناتجة من التفاعل ضئيلة جدا ولا أهمية لها كما يجب أن تمر حوالي 15 دقيقة بعد إضافة ثانى اكسيد الكبريت قبل استعمال المياه.

2. إضافة ثيوسلفات الصوديوم إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة:

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

3. إضافة كبريتيت الصوديوم إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة:

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

4. تخزين الماء في أحواض مكشوفة لمدة ثلاث أو أربع ساعات قبل الاستعمال. وفي هذه الفترة يتصاعد الكلور الزائد فى الجو.

5. ترشيح الماء فى طبقة من الكربون المنشط الذى 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 المعملية

Break point تحديد احتياج الكلور باختبار

احتياج الكلور هو مقياس لمقدار الكلور الواجب إضافته لوحدة الحجوم من المياه تحت شروط محدودة للاس الهيدروجينى ودرجة الحرارة وفترة التلامس حتي يتم التفاعل الكامل بجميع مواد الكلور القابلة للتفاعل فى الماء ويحقق كلور حر متبقي، ويحسب احتياج الكلور بأنه الفرق بين كمية الكلور المستخدم والكلور المتبقى في المياه عند فترة التلامس

المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

جرعة الكلور

تعرف جرعة الكلور بأنها اقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفى للقضاء على اللكائنات الحية، وينتج عنها كلور متبقى في حدود معينة (0.2 مجم/لتر)

ووحدة الجرعة ملجم كلور/لترماء أو جم كلور/ م3ماء.

و يتم تحديد الجرعة المثلى للكلور عن طريق تجارب معملية حسب نوعية المياه المراد تنقيتها

كمية الكلور المطلوب اضافتها للماء

هى حاصل ضرب جرعة الكلور فى كميه المياه فى الساعة ووحدتها كجم/ساعة

$$\text{كمية الكلور المطلوبة} = \frac{٢٠٠٠٠ \text{م}^٣/\text{س} \times ٥ \text{جم}/\text{م}^٣}{١٠٠٠} = ١٠٠ \text{كجم}/\text{س}$$

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

كمية الهيبوكلوريت التى تعوض كمية الكلور =

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

مثـــال:

ما هى كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٦٥%) التى تضاف إلى المياه بدلاً من ١٠٠ كجم كلور.

$$\text{كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٦٥\%)} = \frac{١٠٠ \times ١٠٠}{٦٥} = ١٥٣,٨٥ \text{ كجم}$$

الكلور المستهلك

يعرف الكلور المستهلك بأنه الفرق بين كمية الكلور المضاف للماء وكمية الكلور الحر أو المتحد المتبقى في الماء فى فترة تلامس محددة

الكلور المستهلك = كمية الكلور المضاف – كمية الكلور المتبقى

مثال:

ما هى كمية الكلور المستهلك إذا كان الكلور المتبقى 2 . 0 جم/ $م^3$ بعد إضافة 100 كجم كلور لكمية مياه مقدارها 20000 $م^3$ ؟

الحل

الكلور المستهلك = كمية الكلور المضاف – كمية الكلور المتبقى

كمية الكلور المتبقى 2 . 0 جم/ م ^{3} X 20000 $م^3$=4000 جم = 4 كجم

اذا الكلور المستهلك = 100 – 4 = 96 كجم

هذه الكمية استهلكت بواسطة الكائنات الحية والمواد العضوية وغير العضوية والشوائب.. إلخ. ولابد من وجود كلور متبقى بعد كل هذه الاستهلاكات. وهذا دليل على أنه لم يعد هناك أى كائنات حية أو خلافه وأن الماء اصبح خاليا منها و معقم تماما

الكلور المتبقى

هناك نوعان من الكلور المتبقى

1. الكلور المتبقى المتحد:

ينتج عن إضافة قدر من الكلور يكفى فقط للاتحاد مع الامونيا الموجودة بالماء . وبرغم أن تلك البقايا المتحدة تحمل قدرات أكسده تفوق قدرة الكلور الحر إلا أن فعاليتها كمادة مطهرة تقل عن فاعلية الكلور الحر. وللحصول على الكلور المتبقى المتحد لا يضاف إلى الماء إلا قدر الكلور الذى يكفى للاتحاد مع الأمونيا الموجودة فى الماء , فإذا كان الماء يحتوى على قدر ضئيل من الأمونيا لا يكفى للاتحاد مع الكلور فإنه يتم إضافة الأمونيا أيضاً إلى الماء.

2. الكلورالمتبقى الحر:

ينتج عن إضافة الكلور إلى الماء بالقدر الذى يكفى لاستهلاك الأمونيا الموجودة فى الماء والقضاء عليها. والكلور المتبقى الحر كما ذكرنا قبل هذا أكثر فعالية من الكلور المتبقى المتحد كمادة مطهرة.

اماكن إضافة الكلور فى محطات التنقية

يمكن إضافة الكلور إلى الماء في أكثر من موقع في محطات التنقية تبعا لحالة كل محطة وكذلك تبعا لصفات الماء المعالج في كل حالة وتبعا لتجارب وخبرات المشرف علي التشغيل.

اضافة الكلور المبدئى

اى حقن الكلور بعد عملية الحصول على المياه من المصد ر مباشرة وقبل الدخول الى عملية التنقية (المروقات والمرشحات)

تتميز هذه الطريقة بالاتى :-

- خفض تعداد. البكتريا في الماء قبل وصولها إلى المرشح مما يخفف الحمل البكتيرى على المرشح.
- تطهير رمل المرشح نظرا لمرور المياه بما فيها من كلور فى مسام الرمل أثناء عمله الترشح.
- كفاءه عاليه في إزاله اللون من الماء.
- نقص في كميات الكيماويات المروبه إذا أضيف الكلور قبل أحواض الترسيب.
- كفاءة عاليه في إزاله الطعم والرائحه من الماء.
- الحد من نمو الكائنات الحيه الدقيقة داخل المرشح.

اضافة الكلور النهائى

أي إضافة الكلور إلى الماء بعد مرحلة الترشيح أي عند مدخل خزان المياه النقية , وهي طريقة سهلة في تشغيلها ويكون الكلور أكثر فاعلية علي البكتريا بسبب خلو الماء من أي عكارة أو شوائب.

يضاف جرعة زائدة من الكلور النهائي في الخزانات الملحقة بالمحطات وذلك لضمان خروج الكلور بنسبة معينة مطلوبة إذا كانت شبكات مواسير التوزيع تمتد الى مسافات بعيدة ويخشى من تواجد البكتريا فى الأطراف البعيدة منها وحتى يصل الكلور ولو بنسبة ضئيلة إلى آخر متر في الشبكة.

إضافة الكلور فى اكثر من موقع

وهذه الطريقة تتبع إذا كانت المياه رائقة والتلوث البكتيري عالي نسبيا إذ يحسن في هذه الحالة إضافة الكلور في أكثر من نقطة علي مسار الماء في محطة التنقية لضمان كفاءة عملية الكلوره كما تستعمل هذه الطريقة إذا خزنت المياه المرشحة في خزانات مكشوفة ففى مثل هذه الحالة يجب إضافة الكلور في مخارج المياه من الخزانات.

تذكر انه من نتائج أضافه المواد المؤكسدة (الكلور) للمياه:

1. تكسير أغلب المركبات المسببة للون .
2. أكسدة الحديد والمنجنيز ومعظم المركبات الكبريتية
3. تكسير بعض المركبات المسببه للرائحه .
4. تكسير بعض المر كبات الحلقية .
5. القضاء علي عدد كبير من البكتريا .

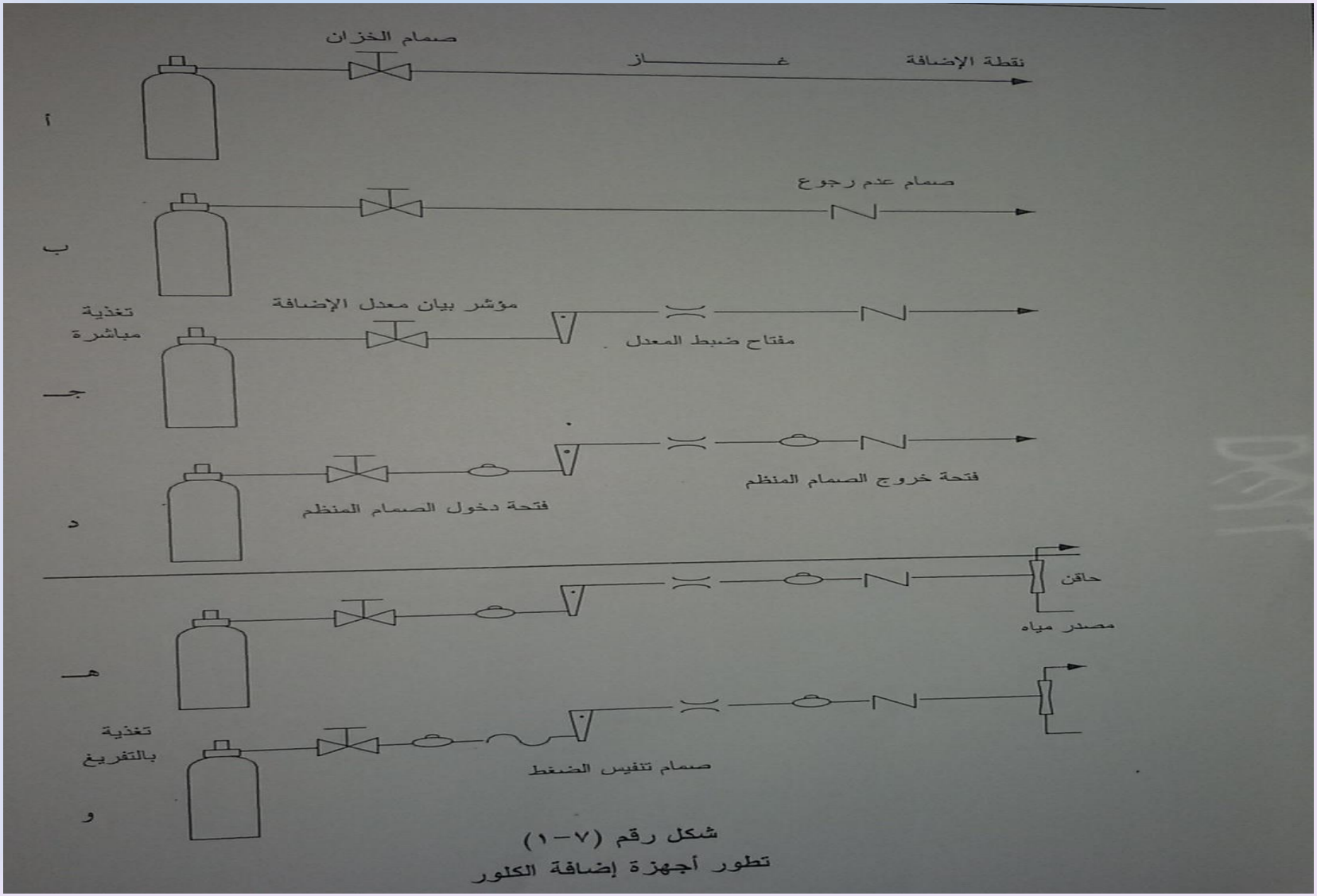
أجهزة الكلور

- هناك العديد من الأنواع الأساسية لأجهزة إضافة الكلور للمياه
- نتعرض لنوعان منها

- 1- أجهزة إضافة الكلور الجاف أو التغذية المباشرة

- 2- أجهزة إضافة الكلور التى تعمل بالتفريغ

أجهزة كلورالتغذية المباشرة



شكل رقم (٧-١)
تطور أجهزة إضافة الكلور

أجهزة الكلور بطريقة التفريغ

- الحاقن : حيث يوفر الكلور تلامسا وثيقا مع مصدر الماء وينتج محلول الكلور الذى يسير بأمان فى خط مواسير مغلق أو فى إتجاه خط السحب لطلمبة المياه كما يؤدى هذا الحاقن الى إحداث تفريغ للهواء فى شبكة مواسير جهاز الكلور ويتغلب هذا النظام على عيوب التغذية المباشرة لأنه لا يسمح بالتدفق العكسى للغاز اثناء التشغيل .
- توجد بعض أجهزة مزودة بصمام تنفيس الضغط الذى يبقى مغلق بواسطة التفريغ

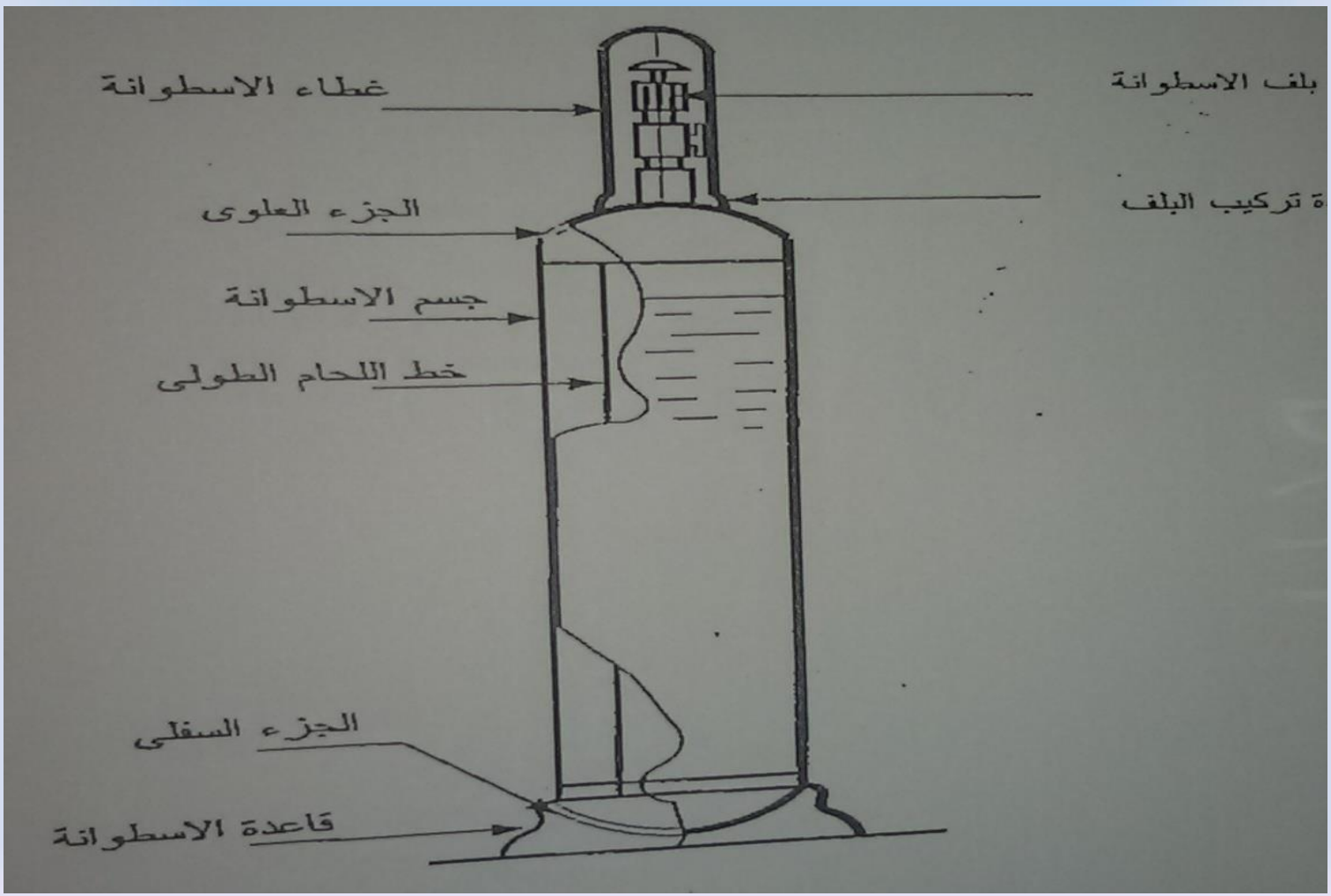
مميزات أجهزة الكلور بالتفريغ

- جهاز الكلور بالتفريغ يوفر الأتى:
- 1- وسائل إرساء نظام لإضافة غاز الكلور وتحقيق سبل التحكم المناسبة
- 2- يمنع تسرب الغازويوقف تدفق الغاز تلقائيا
- 3- إحداث التفريغ لتوفير محلول كلور مركز
- 4- وسائل التحكم فى معدل الإضافة وجهاز قياس الاشارة فى معدل الاضافة
- 5- صمام عدم رجوع لمنع التدفق العكسى
- 6- صمام امان لتحرير الضغط الزائد

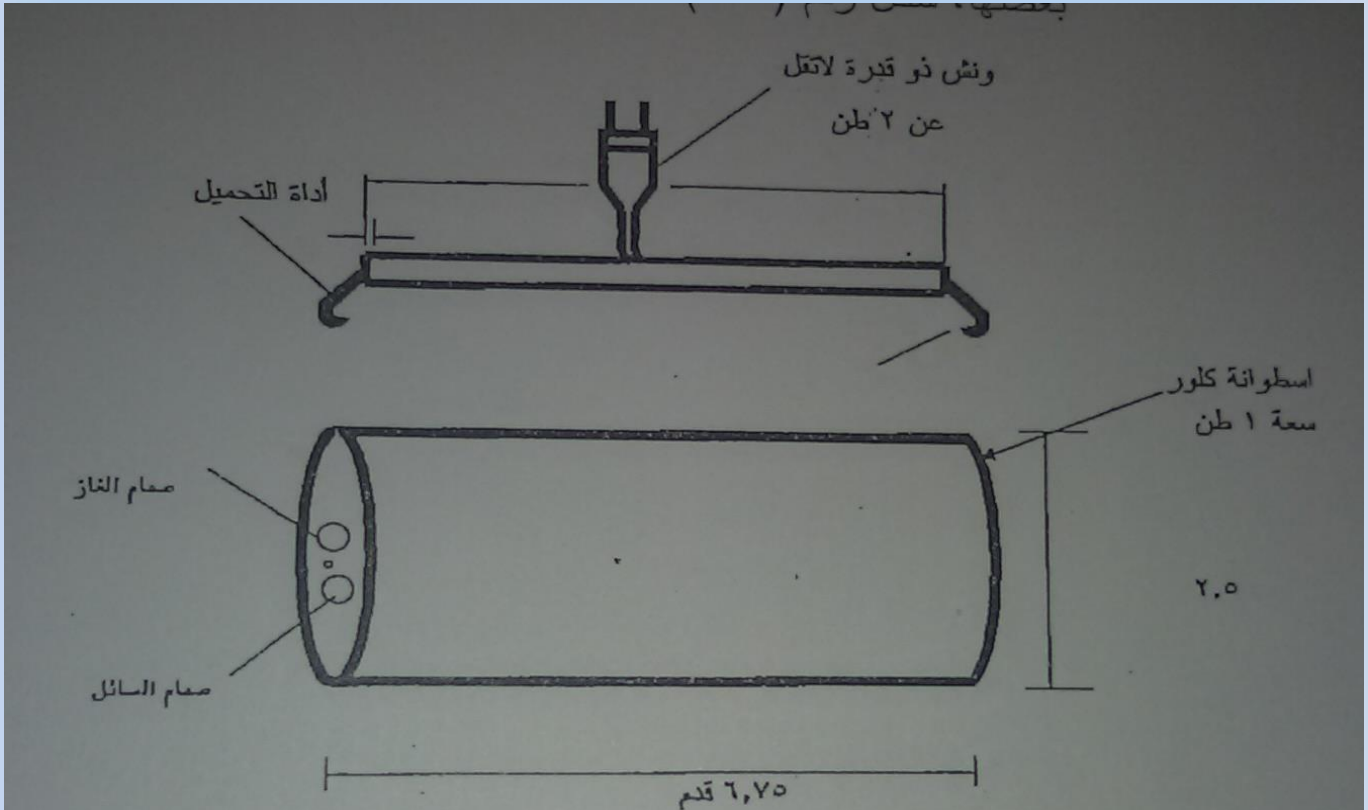
إسطوانات الكلور

- يتم شحن إسطوانات الكلور سعة واحد طن أو 500 كجم أو 50 كجم وتحتوى اى منها على كلور سائل مضغوط

أولا الاسطوانة سعة 50 كجم



الإسطوانات سعة واحد طن



اسطوانة سعة واحد طن ورافعة التحميل

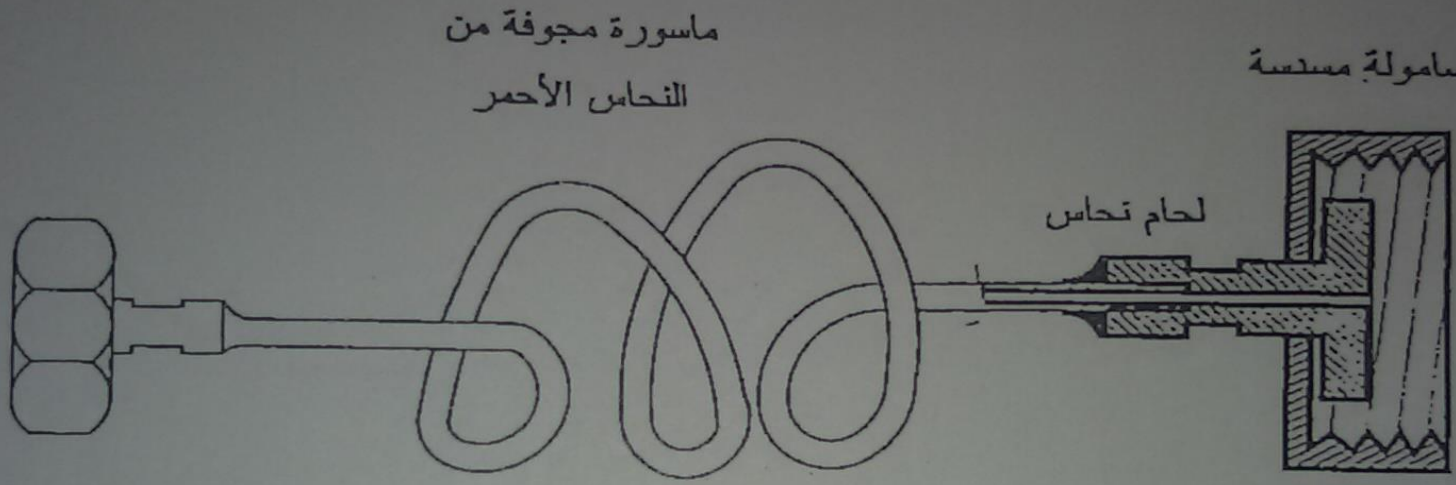
شكل رقم (٨-٦)

اسطوانة سعة واحد طن ورافعة التحميل

تخزين وتداول الاسطوانات

- يتم تحريك ونقل هذه الاسطوانات بواسطة قضيب متين ورافعة وترص افقيا على قواعد خاصة تمنع تدحرجها ويحظر رصها فوق بعضها وتنطبق تلك الشروط على الحاويات

توصيل الإسطوانة واحد طن



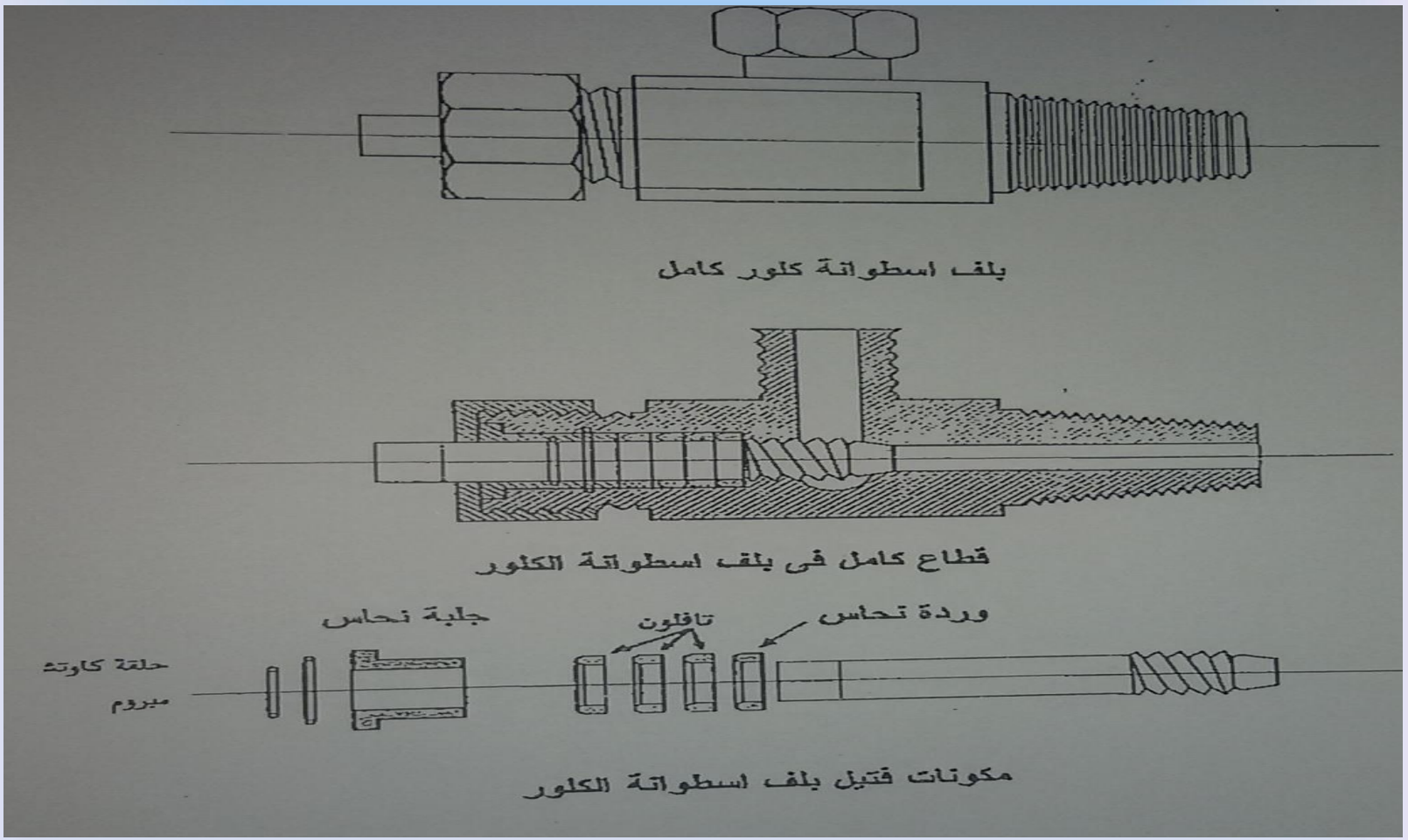
شكل رقم (٨-٨)

الوصلة المرنة "السربنتينة"

صمام الإسطوانة

- يتركب صمام الإسطوانة من
- 1- جسم الصمام
- 2- الفتيل والعامود
- 3- مجموعة الحشو (مانعات التسرب)

صمام إسطوانة الكلور



إحتياطات الأمان ونظم معالجة الكلور المتسرب

إحتياطات الوقاية الصحية

- الكلور مادة سامة ولابد ان يكون العمال مدربين وعلى دراية كاملة بكيفية تداوله كما يراعى إخضاعهم للكشف الطبى الدورى متضمنا عمل أشعة على الصدر
- يستخدم الأكسجين عادة فى حالة التعرض للكلور وينقل المصاب من المنطقة الملوثة فورا وطلب المساعدة الطبيه أمر هام جدا حرصا على حياته

الاشرف والتدريب

- لتحقيق الأمان لابد من عقد فصول تدريبية بشكل دورى يحضرها جميع العاملين للتدريب على كيفية منع التسربات والإجراءات الواجب إتخاذها فى حالة حدوث تسرب وكيفية التصرف فى حالات الطوارئ والتعرف على الاسعافات الاولية

أجهزة الوقاية الشخصية

1- كمامة الوجه •

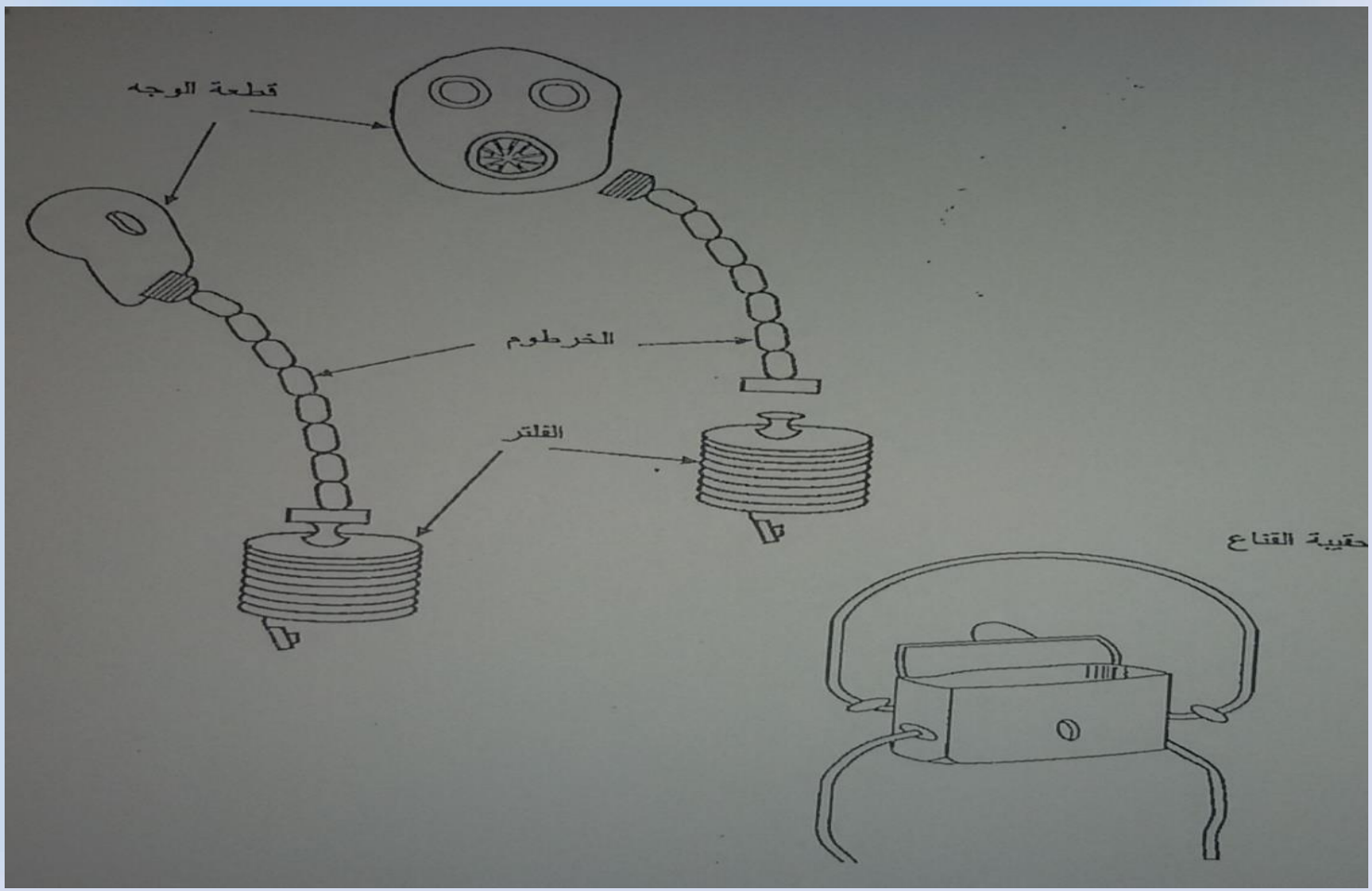
2- القفازات الكاوتشوك •

3- أحذيةالكاوتشوك •

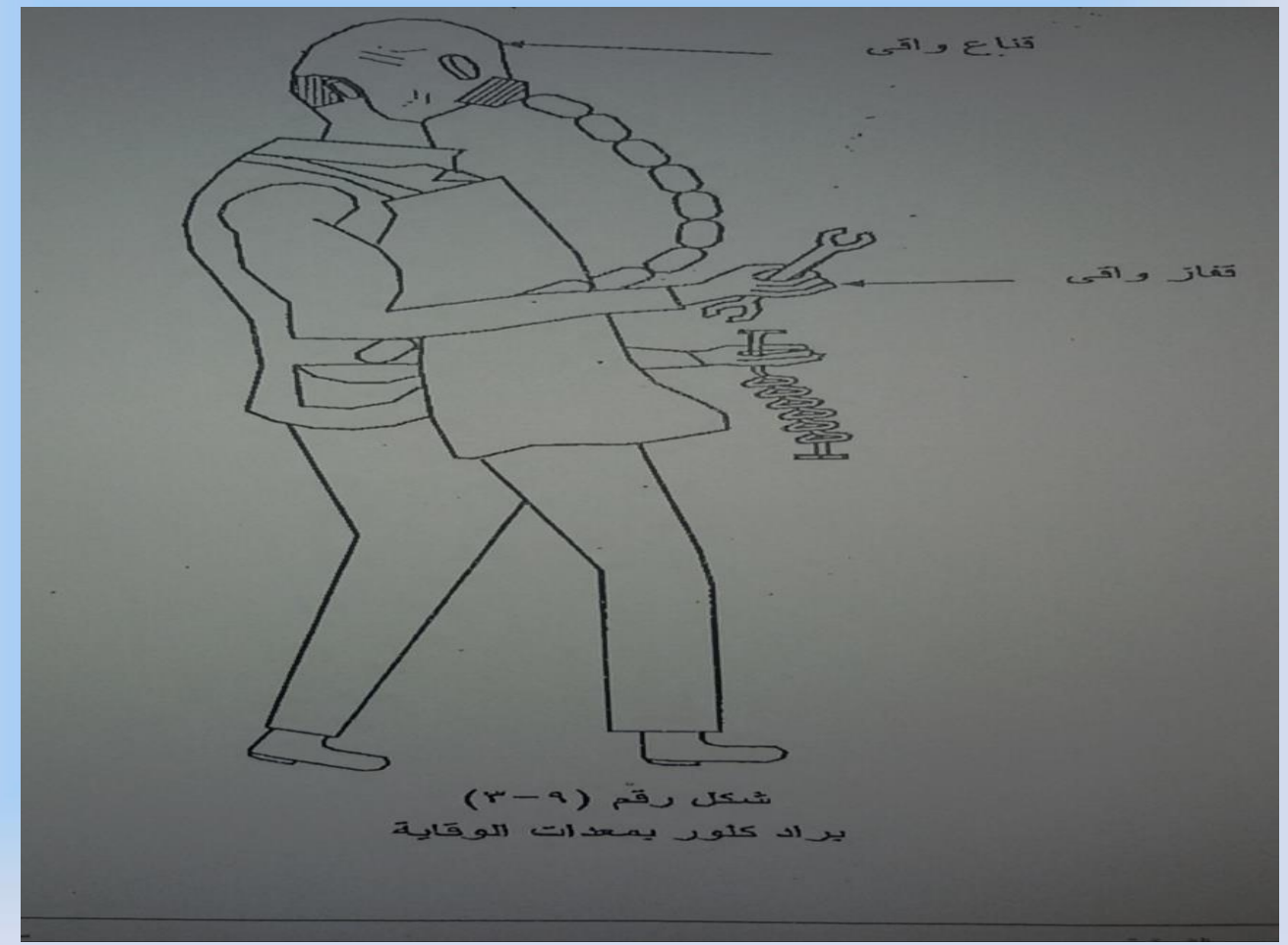
4- الأفرول أو المريلة أو البالطو البلاستيك

5- فى حالة زيادة تركيز الكلور المتسرب عن 2%
يجب إستعمال جهاز تنفس المزود بإسطوانة أكسجين

الاجزاء الرئيسة للقناع الواقى

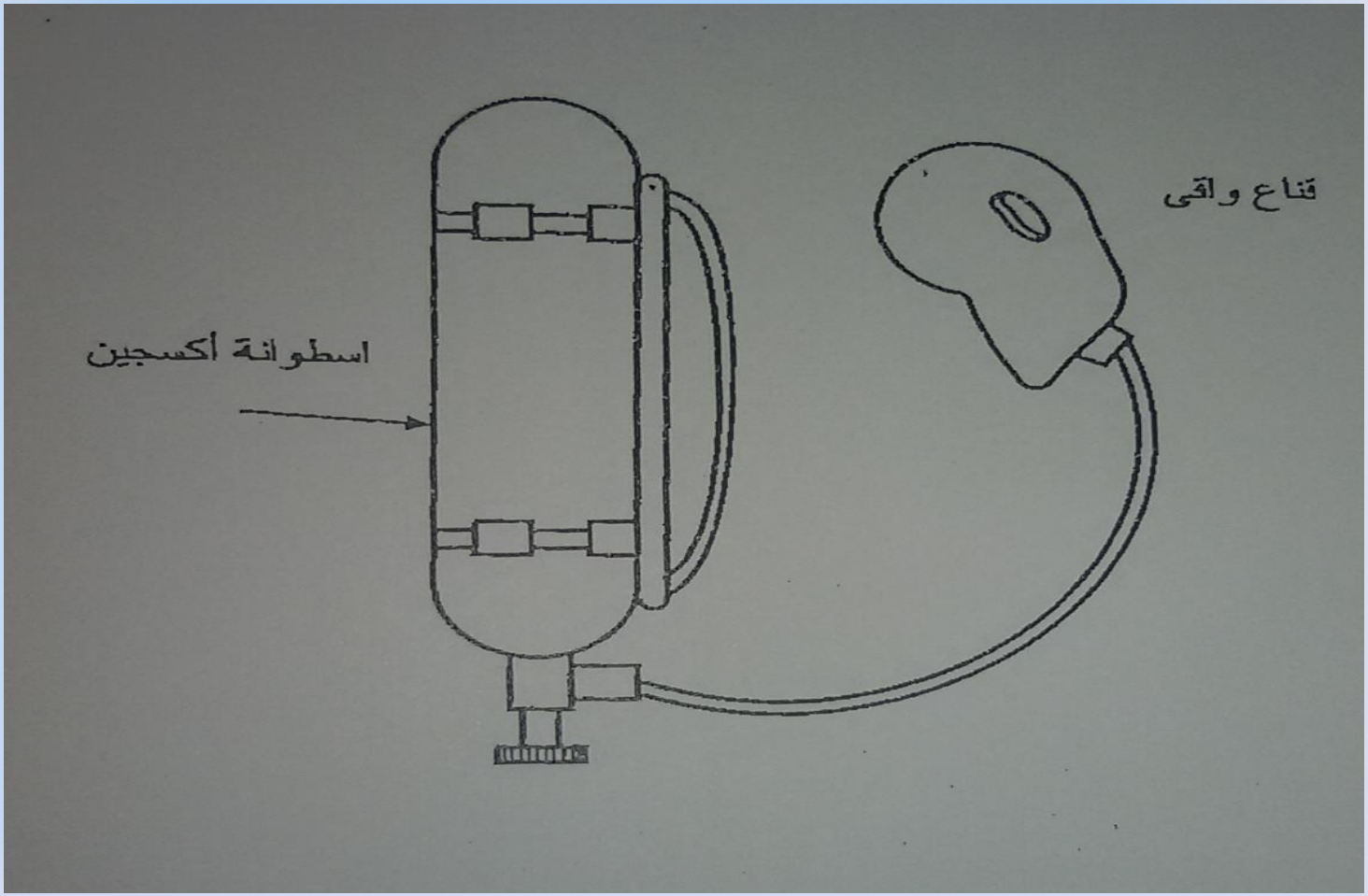


القفاز الكاوتشوك والمريلة



شكل رقم (٩-٣)
براد كلور بمعدات الوقاية

جهاز التنفس



إحتياطات مواجهة التسرب

- 1-كن دائما خلف التسرب وفى عكس إتجاع الريح
- 2-تذكر ان الكلور أثقل من الهواء
- 3-لا تستخدم المياه ابدا فى التسرب
- 4-إبعاد االاشخاص عن مكان التسرب أولا
- 5-يحدد مكان التسرب بقطعة قماش مبللة بالامونيا وتصاعد الابخرة البيضاء
- 6- أى تسرب من البلف يمكن ايقافه بإحكام غلق الصامولة

تابع احتياطات مواجهة التسرب

- 7- يجب لف الاسطوانة حتى يكون مكان التسرب لأعلى حتى لا يتسرب الكلور السائل
- 8-- التخلص من الاسطوانة المتسربة بنقلها الى مناطق معزولة باسرع ما يمكن
- 9-عند حدوث التسرب فى سيارة نقل الاسطوانات يجب ابعادها عن المناطق السكنية
- 10- يمكن تقليل التسرب بمعادلة الكلور بمحلول الصودا الكاوية

الإسعافات الأولية لمصاب غاز الكلور

1- إرفع المصاب بعيدا عن منطقة التلوث بالغاز

2-انقله فى حجرة دافئة واجعله فى وضع مريح واستدعى الطبيب

3-عند توقف التنفس اجعل المصاب يتنفس بالاكسجين من جهاز التنفس

4- احفظ مداخل التنفس مفتوحة وافحص الفم وقم بازالة الاسنان الصناعية

تابع الاسعافات الاولية

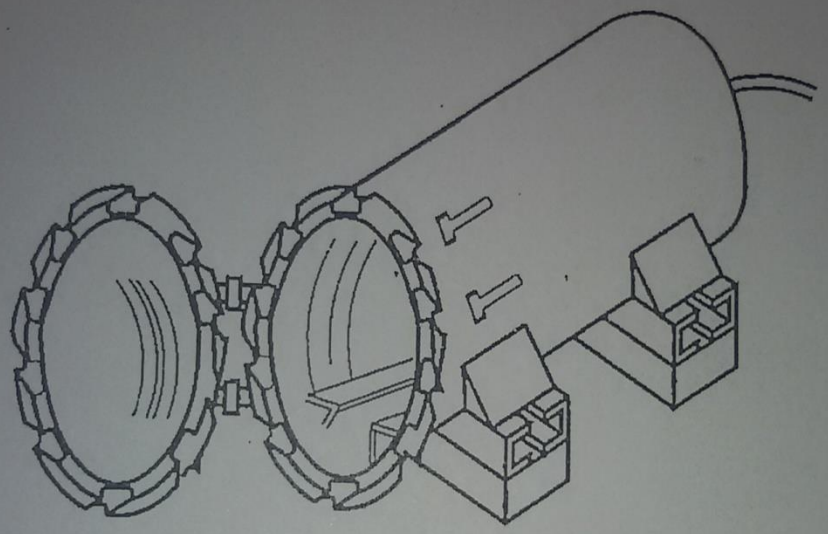
- 5- لا يعطى المصاب اى شيئ عن طريق الفم
- 6- يعطى المصاب اللبن بعد اسعافه أو اى مشروب ساخن
- 7-عند ملامسة الكلور الجلد أو الملابس تنزع الملابس فورا وتغسل الملابس أو الجلد بالماء والصابون بكمية كبيرة ولا تستعمل اى مواد كيماوية الا بمعرفة الطبيب
- 8- عند تعرض العيون للكلور تغسل العيون بكمية كبيرة من المياه لمدة 15 دقيقة تستخدم كمادات العيون ولا يستعمل اى مرهم الا بمعرفة الطبيب

نظم الحماية والامان من الغاز المتسرب

- 1- بيارات الامان
- وهى بيارات عميقة 3متر تقريبا على شكل مربع او دائرة من الخرسانة ولها غطاء محكم يتسع لنزول الاسطوانة بها
- يوضع فى البيارة محلول صودا كاوية مركز (40%) لاعدام الاسطوانة بالغاز

2- الحاوية

رقم (٩-٥).



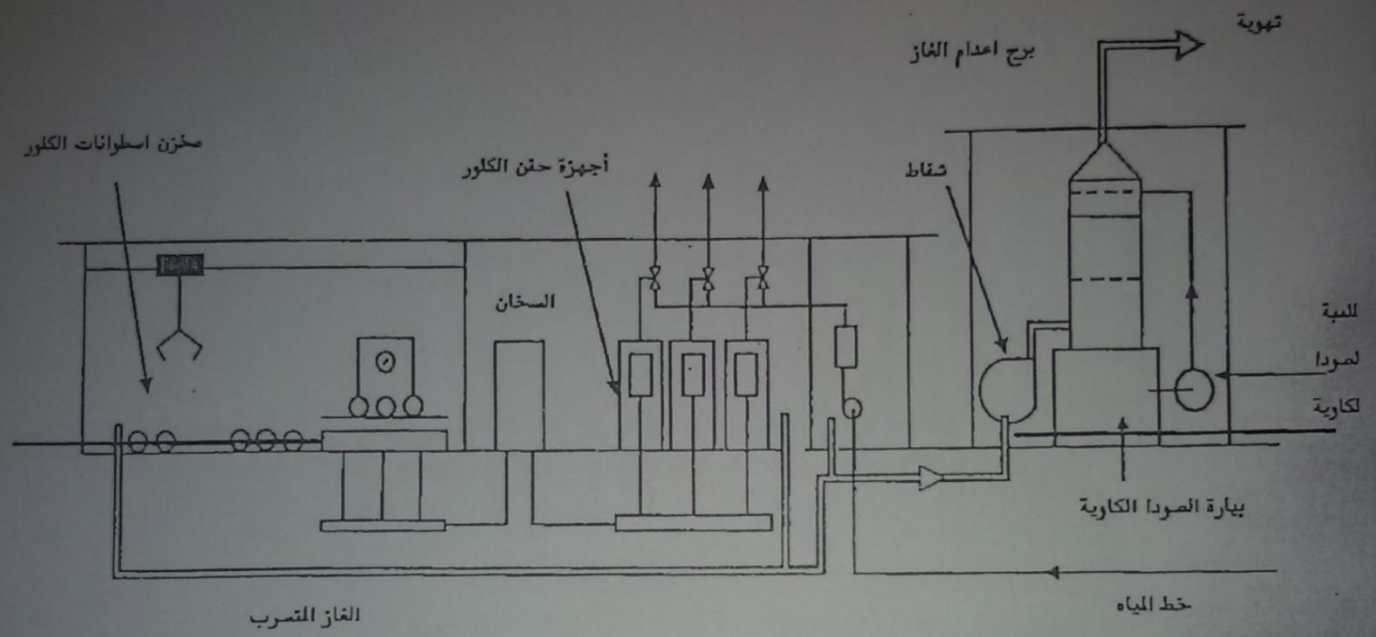
شكل رقم (٩-٥)

الحـــــاوية

3-غرف إعدام الغاز ونظام التعادل

- 1-الخلية الكاشفة وخزان الالكتروليت
- 2-شفاطات سحب الغاز من اماكن التسرب
- 3-خزان الصودا الكاوية وطلمبات ضخها الى غرفة اعدام الغاز
- 4-غرفة اعدام الغاز
- 5- لوحة تشغيل اوتوماتيكية لنظام التعادل

نظام التعادل



شكل رقم (٩-٦)

نظام حقن كلور متكامل متضمناً نظام امتصاص الغاز المتسرب

استخدامات الكلور

- يستخدم الكلور فى أعمال تطهير المروقات والمرشحات فى محطات المياه وفى تطهير خزانات المياه بالمحطات وأعلى المبانى
- طريقة تحضير محلول الكلور
- يوضع الماء بالبرميل الى منتصفه ثم توضع بودرة الكلور وتقلب جيدا
- يترك البرميل فترة بدون تقليب حتى تترسب المواد غير قابلة للذوبان ثم يسحب المحلول الرائق ويرش على جدران الخزان المراد تعقيمه

شكرا لحسن الإستماع