Water treatment معالجة المياه

Drinking water
& Wastewater
Treatment

Environmental Pollution
Lec.5

Prepared

By

Dr. Wisam Thamer AL-Mayah

PhD. In Medical Microbial Ecology & Chemistry

نوعية المياه
Water quality

- **نوعية المياه (Water quality).** هي الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه، يستخدم هذا المصطلح بكثرة للدلالة على معايير لتقييم المياه، والمعايير الأكثر شيوعاً هي المستخدمة لتقييم نوعية مياه الشرب، وصلاحية المياه الاستخدام البشري ولصحة النظم البيئية.
- إنُ الهدف الرئيس لمراقبة نوعية المياه هو الحاجة للتأكد فيما إذا كانت المياه المراقبة مناسبة للاستعمالات المطلوبة، وأن المراقبة تتضمن تحديد نوعية البيئة المائية، وكيف أن البيئة تكون متأثرة بإطلاق الملوثات عن طريق أنشطة الإنسان أو منشآت معالجة الفضلات ومثل هذه المراقبة تسمى بمراقبة الأضرار Impact Monitoring Risk ومؤخراً شملت المراقبة تحديد تصريف جريان الملوثات والمغذيات عن طريق النهر أو المياه الجوفية إلى البحيرات والمحيطات او عبر الحدود الدولية وكذلك مراقبة نوعية البيئة المائية.

نوعية المياه
Water quality

- **العوامل التي تحدد نوعية المياه:** ١. طبيعة الشوائب الموجودة فيه وكميتها.

٢. الغرض المستخدم فيه الماء. ٣. درجة التجاوز (الحدود) المسموح بها كل استخدام.

- **خصائص المياه:** تختلف خصائص الماء حسب الاستخدام.

١. ماء الشرب (Drinking water): يكون خاضعا للمواصفات الطبيعية والإحيائية القياسية ويجب ان يكون:

(ا) صافيا ونقيا

(ب) عديم اللون

(جـ) خاليا من الاملاح (الحديد والمغنيسيوم) والاملاح القاعدية غير المرغوبة

(د) غير محتوي على البكتريا وثاني اوكسيد الكاربون.

نوعية المياه
Water quality

٢. ماء التبريد (Cooling water):

(ا) خاليا من مركبات الحديد

(ب) له حد ادنى لعسرة الكاربونات لان كاربونات الكالسيوم تترسب في درجات الحرارة العالية.

(جـ) يجب ان لا يزيد حد الاذابة للأملاح خلال عملية التركيز.

٣. ماء الصناعة (Industry water):

(ا) صافيا ونقيا وعديم اللون.

(ب) خاليا من املاح الحديد والمغنيسيوم.

(جـ) قليل الكلور.

(د) له حد ادنى لعسرة الكاربونات للاقتصاد في استهلاك الصابون.

معالجة المياه
Water treatment

- **معالجة المياه (Water treatment).** هي مجمل العمليات التي تهدف الى الحصول على مياه آمنة للأستهلاك البشري مايكروبيا وكيميائيا فضلاً عن صفات مقبولة من قبل المستهلك مثل الرائحة ، والطعم ، والعكر. أوهي تلك العمليات التي تؤدي الى أزالة واحد أو أكثر من الملوثات للحصول على مياه نقية صالحة للاستهلاك.
- تضمن استخدامها كمياه للشرب، وكذلك في المجالات الصناعية، الطبية، والاستخدامات الأخرى. بشكل عام الغرض الرئيسي من معالجة المياه هو إزالة أو تقليل أي عوالق أو ملوثات حتى تصبح هذه المياه مناسبة للغرض المستخدمة فيه.
- تختلف عمليات المعالجة بحسب الغرض من استخدام المياه فمثلا مياه الشرب تركز كثير على تنقية المياه من الشوائب، المواد العالقة، وإعادة ضبط كمية الأملاح المعدنية، أو إجمالي المواد المذابة.

معالجة المياه
Water treatment

- تركز عملية تنقية المياه على التخلص من المواد الملوثة من المياه المراد معالجتها للحصول على مياه صالحة للشرب نقية بما يكفي لاستعمالها في الاستهلاك الشخصي.
- من المواد المزالة في هذه العملية Bacteria، Viruses، Algae، وبعض المعادن مثل Fe، Mn، و S بالإضافة إلى الملوثات البشرية بما في ذلك Fertilizer.
- تعتبر عملية معالجة مياه الشرب في غاية الأهمية وهذا ما جعل WHO تصدر مقاييس وإرشادات يتم التعامل معها عالميا.
- تفتقر الكثير من البلدان النامية ودول العالم الثالث بما فيها العربية لعمليات معالجة المياه وهذا ما ساعد على انتشار الأوبئة المزمنة مثل Typhoid، و Hepatitis و Cholera في كثير منها.

الطريقة القياسية لمعالجة مياه الشرب
Standard method of drinking water treatment

- المياه السطحية (Surface water) نادراً جداً ما تكون نقية لدرجة يمكن استعمالها مباشرةً ، لهذا تتم تصفيتها للحصول على ماء مأمون للشرب والاستعمال ومقبول الطعم والرائحة، لذلك تخضع المياه الخام (Raw water) الى سلسلة من المعاملات المتعاقبة التي من شأنها أزالة أو التقليل من خطر الملوثات وجعل المياه صالحة للاستهلاك البشري. وفي أدناه: توضيح للخطوات الرئيسة في عملية معالجة المياه التقليدية التي تمثل تبسيطاً لعمليات معالجة مياه الشرب المتبعة عالمياً:

١. عملية الغربلة Screening.
٢. عملية الترسيب Sedimentation.
٣. الترشيح Filtration.
٤. التطهير Disinfection.

المرحلة الأولى
الغربلة Screening

- تستعمل حواجز بها ثقوب لفصل المواد العالقة Suspended solid ذات حجم كبير مثل الحجارة Stones والحصى Gravel والأغصان Twigs عن الخليط.

المرحلة الثانية

الترسيب Sedimentation

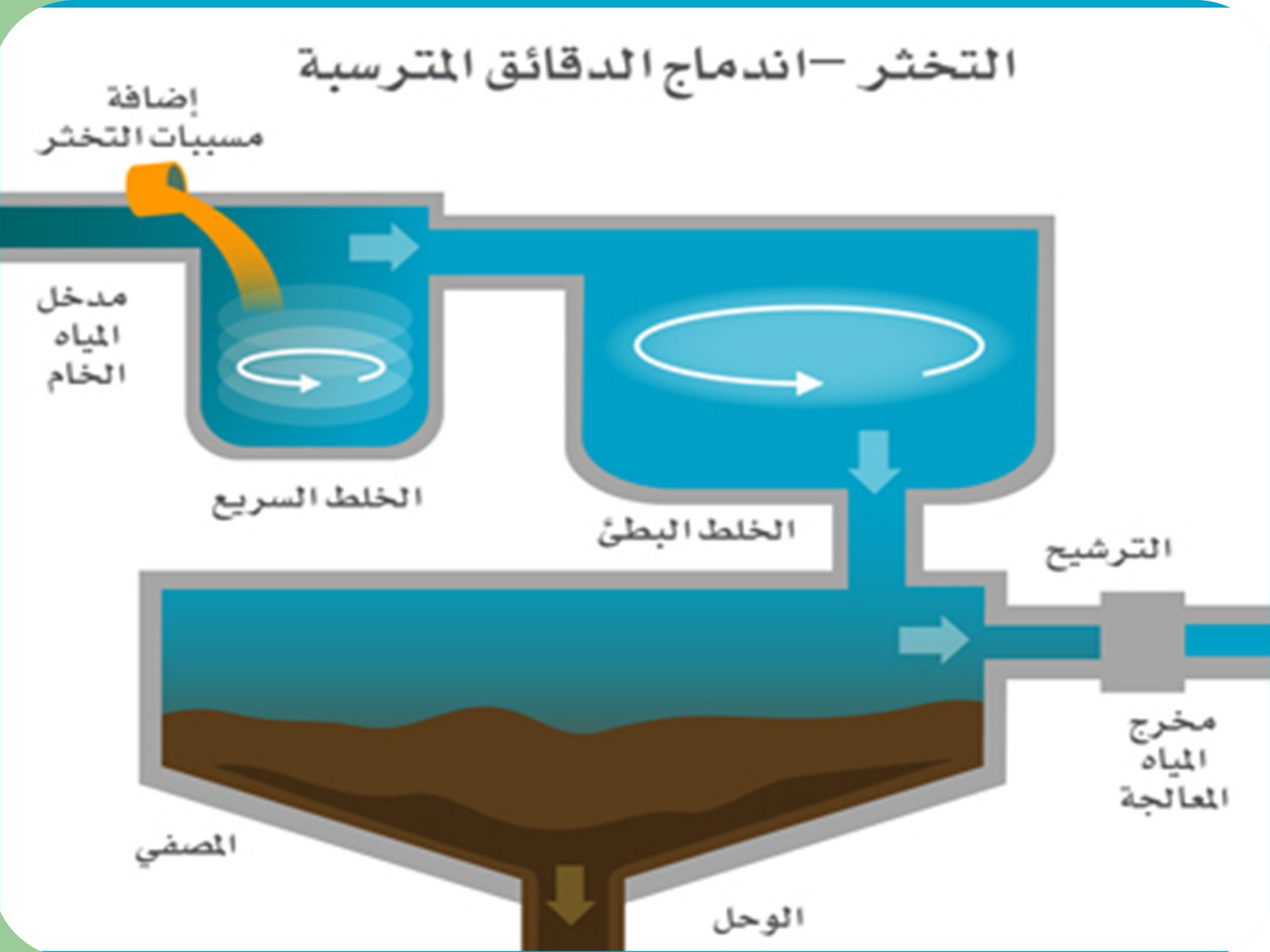
- وهو تفاعل كيميائي فيزيائي يستخدم لأزالة المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية ونسبة عالية من الحمولة المايكروبية من الماء بالترسب بتأثير قوة جذب الأرض بعد تحويلها الى كتل بعمليتي التخثير Coagulation والتلبيد Flocculation وتقوم عمليتي التخثير والتلبيد على أساس قوى الجذب الحاصلة بين دقائق المواد الصلبة العالقة في المياه الخام ذات الشحنة السالبة وجزيئات مواد مخثرة Coagulants مضافة للمياه ذات شحنة موجبة لينتج من ذلك كتلا كبيرة متعادلة الشحنة يمكن أزالتها بالترسيب

المرحلة الثانية

الترسيب Sedimentation

- ويستخدم العديد من المخثرات لهذا الغرض مثل كلوريد الحديديك FeCl3، الجير الحي CaO، كبريتات الألمنيوم Al2(SO4)3 (الشب) ، كبريتات الحديدوز FeSO4 علاوة على بعض المخثرات المساعدة مثل البوليمرات (Polymers).
- ميكانيكية عمل الشب (Al2(SO4)3) في التخثير للمواد الغروية العالقة في الماء المستخدمة في وحدة الإسالة هو أن الشب ملح مزدوج من كبريتات الألمنيوم والبوتاسيوم المائية يتحلل مائيا مكونا هيدروكسيد الألمنيوم الذي يترسب على هيئة اوكسيد الألمنيوم المائي مكونا مادة جيلاتينية تساعد على إزالة المواد الغروية العالقة بتخثيرها بالميكانيكية الآتية :
- اقتناص الدقائق الغروية بحصرها بين التكوين الجيلاتيني.
- امتزاز المواد الغروية على السطح الخارجي لدقائق المادة الجيلاتينية.
- تعادل الشحنة الموجبة لدقائق المادة الغروية العالقة بواسطة الشحنات السالبة لهيدروكسيد الألمنيوم ومن ثم تخثرها إلى دقائق اكبر و تركيدها.

$$K_2SO_4.Al_2(SO_4) + 6H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 + K_2SO_4$$


التخثر – اندماج الدقائق المترسبة
إضافة مسببات التخثر
مدخل المياه الخام
الخلط السريع
الخلط البطئ
الترشيح
مخرج المياه المعالجة
المصفي
الوحل

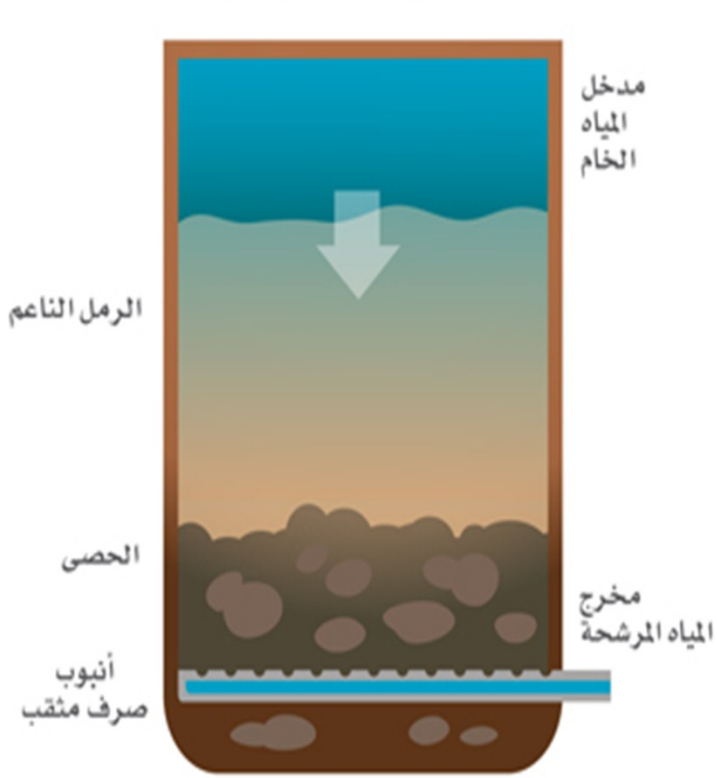
المرحلة الثالثة

الترشيح Filtration

- **عملية الترشيح (Filtration processes):** وهي عملية امرار المياه الناتجة من مرحلة الترسيب خلال وسط ترشيح مسامي للتخلص من الدقائق التي بقيت عالقة في الماء ولم تترسب في المرحلة السابقة لضعف قوة الجذب الأرضي المؤثرة فيها بسبب صغر الحجم .
- **وتعد عملية أزالة المواد العالقة (Suspended solid)** من مياه الشرب ضرورية لحماية الصحة العامة ولمنع حدوث مشاكل تشغيلية في شبكة التوزيع والناتجة من ترسيب المواد العالقة في أجزاء الشبكة مما يشجع نمو البكتيريا نتيجة لتوفيرها بيئة ملاءمة للنمو من جهة وتقليل كفاءة المادة المطهرة من جهة أخرى.
- **وتعد مرشحات الرمل (Sand filters)** من أكثر أنواع المرشحات فعالية في هذا المجال ، فضلاً عن الفعالية في أزالة المواد العالقة فهي تستطيع أزاله ما يقدر بـ ٩٩.٩٩ % من الممرضات المعوية (Enteric pathogens).
- **وتعتمد جودة عملية الترشيح** على **١.** نوعية المياه الخام و**٢.** جودة العمليات الكيميائية التي أستخدمت قبل عملية الترشيح و**٣.** المواد التي يتكون منه المرشح مثل نقاوة الرمال وحجم دقائقها.

المرحلة الثالثة

الترشيح Filtration



- تعمل مرشحات الرمل (Sand filters) على إزالة الندف وكل الأجسام الدقيقة والمتخثرة وهي نوعين:.

١. **مرشحات رملية بطيئة Slow sand filters:**
سرعة الترشيح بجدود ١٠٠ لتر/ثانية/م٢

٢. **مرشحات رملية سريعة Quick sand filters:**
سرعة الترشيح بجدود ٥٠٠لتر/ثانية/م٢

المرحلة الرابعة

التطهير Disinfection

- **عملية التطهير (Disinfection processes)** هي عملية القضاء على الأحياء الممرضة Pathogens المحتمل وجودها في تجهيزات المياه ومنعها من معاودة النمو في أنظمة التوزيع ، وهي مهمة لضمان سلامة تجهيزات مياه الشرب ومرتبطة بمساهمة العوامل الكيميائية المثبطة.
- وتتم هذه العملية باستخدام الحرارة (Heating) أو الأشعة فوق البنفسجية (UV) أو المواد الكيميائية مثل البروم (Br) أو اليود (I) أو الأوزون (O3) أو الكلور(CL) بتركيز لا يضر بالإنسان أو الحيوان.
- تبقى الكلورة (Chlorination) هي الطريقة الأكثر أنتشارا حول العالم نتيجة للفعالية العالية والتكاليف المناسبة قياسا مع غيرها من تقنيات المعالجة ، فضلا عن توفيرها تأثيراً تطهيرياً متبقياً يستخدم لضمان الحماية الجزئية ضد المستويات القليلة من التلوث أو النمو داخل شبكات الوزيع.

التطهير الكلور

Disinfection by Chlorine

- **تقوم عملية التطهير الكلور(Chlorine)** على أساس التأثيرات الناتجة من تفاعلات الأكسدة (Oxidation) ، والتحلل المائي (Hydrolysis)، ونزع مجموعة الأمين (Deamination)، مؤدية الى أضرار وظيفية.
- **وتعتمد جودة عملية التطهير بالكلور** على عوامل عدة تشمل متطلب الكلورين (Chlorine demand)، رقم الهيدروجين (pH) و زمن التماس (Retention time).
- **ولعملية التطهير بالكلور بعض المحدوديات** ضد **١.** بعض الحَمات وبيوض الديدان الطفيلية التي تكون مقاومة بشكل كبير للكلور ، فضلاً عن**٢.** تكوين المركبات الثانوية لعملية التطهير Disinfection Byproducts (DBPs)، ومثالها مركبات الميثان الحلقية الثلاثية Trihalomethans (THMs)، والناتجة من تفاعل الكلور الحر مع المركبات العضوية الموجودة في المياه والمسؤولة عن مشاكل الطعم والرائحة غير المستساغة في المياه والعديد من التأثيرات الصحية المسرطنة وغير المسرطنة في المجتمعات التي تستهلك مياها مكلورة ، متمثلة بسرطانات المثانة والقولون وزيادة حالات الأجهاض.

التطهير الأوزون

Disinfection by Ozone

- يعد الأوزون من أقوى العوامل المؤكسدة المعروفة، ونتيجة لذلك يمتلك الأوزون قوة تطهير مؤثرة وذات سرعة عالية تقدر بـ ٣٠٠٠ مرة أسرع من عملية التطهير بالكلور، فهو فعال ضد مدى واسع من البكتيريا ، والحمات و الأبتدائيات مثل الجياردیا والأدوار الكيسية (Cysts) للـ Cryptosporidium التي لايمكن القضاء عليها بالكلورة.
- تقوم عملية التطهير بالأوزون على أساس تفاعل أكسدة بوساطة جذر الهيدروكسيل OH^- الناتج من تفكك الأوزون في الماء ، وكما في المعادلة:

$$O3 + H2O \longrightarrow O2 + OH^- + OH^-$$

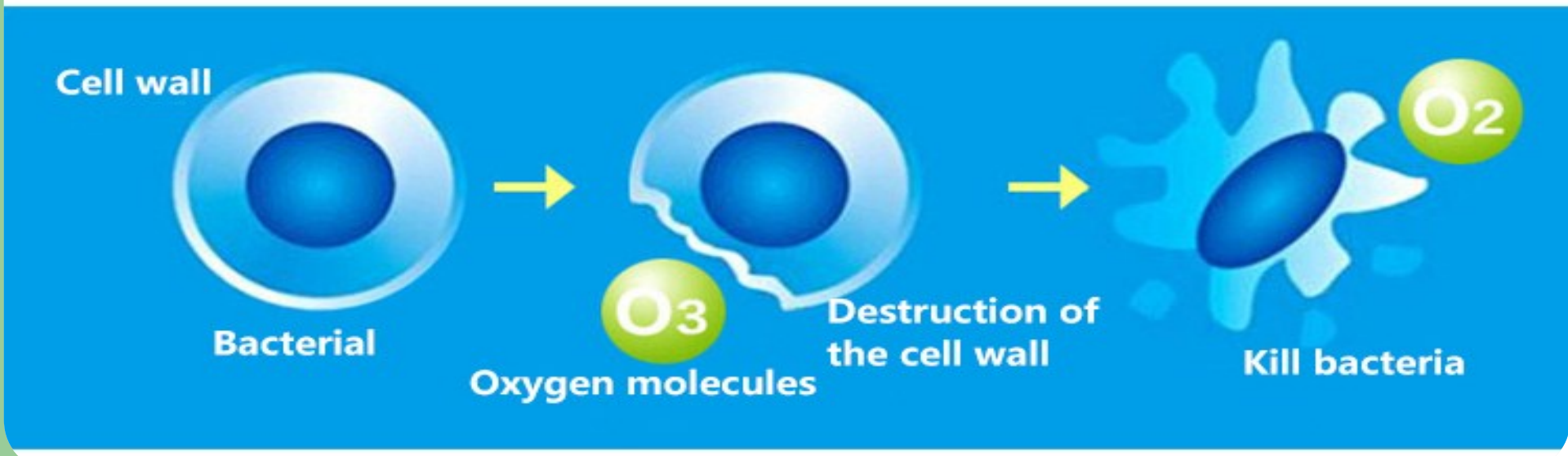
- مؤديا الى تعطيل الأنشطة الأنزيمية ومهاجمة سلسلة الأحماض الأمينية المكونة للـ (Purins & Pyrimidins) الداخلة في تركيب الأحماض النووية ،كما يعمل على تقليل تراكيز الحديد والمنغنيز والكبريت وذلك بأنتاج أكاسيد معدنية غير ذائبة في الماء التي يمكن أزالتها بالترشيح.

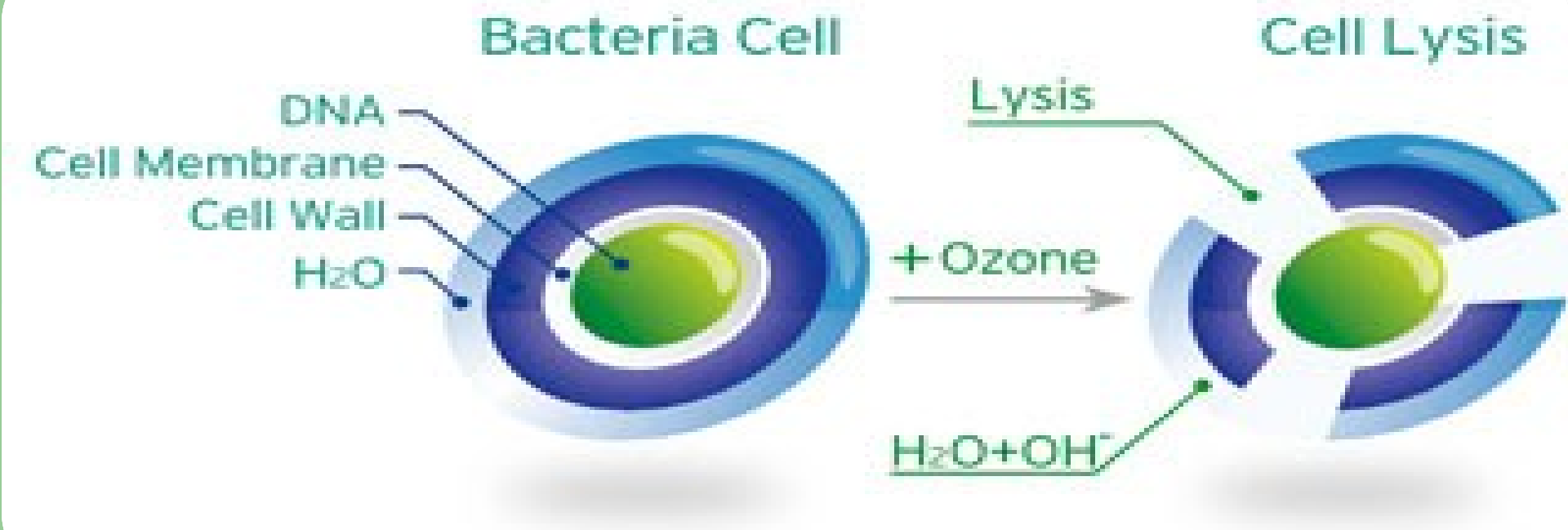
التطهير الأوزون

Disinfection by Ozone

- **ويقضي على مشاكل** الطعم (Taste) والرائحة (Odor) في الماء عن طريق تحطيم المركبات الأساسية المسؤولة عن الرائحة العفنة في الماء التي لايمكن أزالتها بعمليات المعالجة الأخرى ومعالجة المشاكل المصاحبة لعملية التعقيم بالكلور وذلك بتحطيم مركبات الهالوجينات الحلقية (Cyclohalogens).
- **وتعتمد جودة عملية التطهير** بالأوزون على نوعية المياه المعالجة من حيث تركيز الملوثات (Pollutants concentration)، جرعة الأوزون (Dose concentration) المستعملة للمعالجة، وزمن التماس(Contact time).
- **ولعملية التطهير بالأوزون بعض المحدوديات** تتمثل **١.** بعدم القدرة على تجهيز تأثير تطهيري متبقي في المياه ، فضلاً عن **٢.** بعض النواتج الثانوية لعملية التطهير بالأوزون التي لازالت تختبر حتى الآن والتي من الممكن ان يكون بعضها مسرطنا ، فضلاً عن **٣.** التكاليف العالية بالمقارنة مع غيرها من تقنيات المعالجة ، **٤.** ومخاطر الحريق المحتملة **٥.** والسمية النسبية المرتبطة بالتركيز العالي، ومدة التعرض.

Sterilization principle





التطهير بالأشعة فوق البنفسجية

Disinfection by Ultraviolet Radiation (UV)

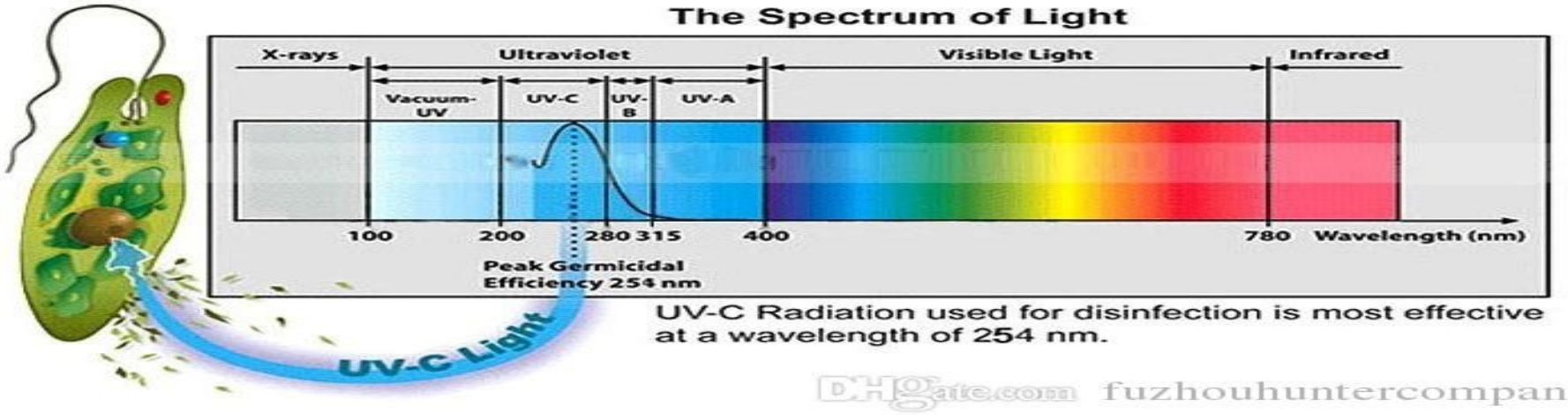
- **تعد الأشعة فوق البنفسجية (UV)** وسيلة فعالة في مجال معالجة المياه ، عرفت كمطهر فعال بسبب القدرة العالية على تثبيط العديد من الملوثات المايكروبية مثل البكتيريا ، والحمات وتعالج بشكل فعال الجياردیا والأدوار الكيسية للـ Cryptosporidium.
- **تقوم عملية التطهير** بأشعة الـ **UV** على أساس الأضرار بالمادة الوراثية للكائن بشكل يؤدي الى فقدانه القدرة على التكاثر.
- جعلت الطاقة العالية، والفعالية ، وسرعة التعامل بالمقارنة مع تقنيات المعالجة الأخرى من أستخدام أشعة الـ **UV** الطريقة المفضلة في مجال معالجة المياه، فطاقة الأشعة المستعملة لا تضيف أي مركبات كيميائية للماء والتي من الممكن أن تؤثر في طعم ، ورائحة ، ونكهة ، ولون أو **pH** المياه ، فضلاً عن انها لا تؤدي الى تكوين المركبات الثانوية الناتجة من عملية التطهير.

التطهير بالأشعة فوق البنفسجية

Disinfection by Ultraviolet Radiation (UV)

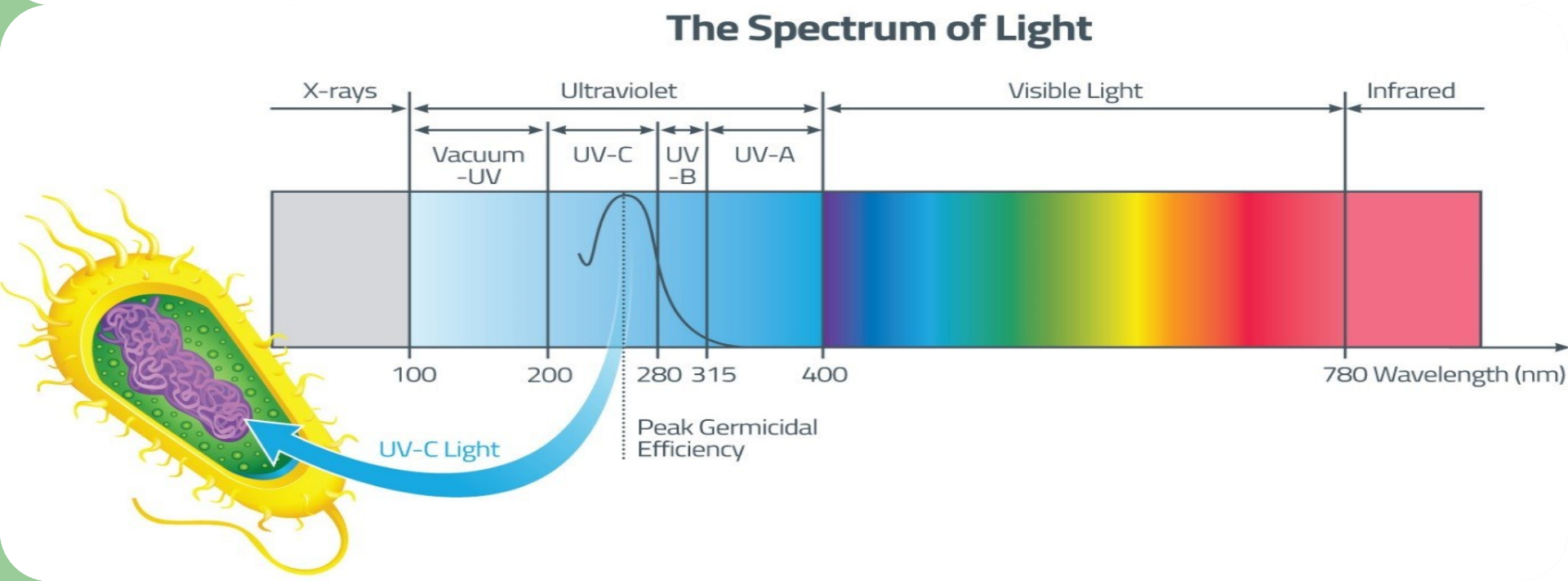
- **يعبرعن الفعالية التطهيرية للأشعة** (Disinfecting activity) بجرعة الطاقة (Energy dose) الممتصة من قبل الأحياء المجهرية ، وتعتمد على قوة انتاج المصباح (lamp intensity) ومعدل الجريان (flow rate)، وتقاس بـ (ملي جول دقيقة/سم٢).
- **ولضمان نجاح عملية** التطهير بأستخدام انظمة المعالجة بأشعة **UV** فأن هناك العديد من المتغيرات التي تتعلق بنوعية المياه ومعدل الجريان التي يجب أن تؤخذ بنظر الأعتبار لتجنب المشاكل التي من الممكن أن تثبط الفعالية الكاملة للأشعة.
- **ولعملية التطهير بأشعة UV** بعض المحدوديات تتمثل ١. بعدم القدرة على تجهيز تأثير تطهيري مستمر (متبقي) ، فضلاً عن٢. قدرة بعض أنواع البكتيريا تطوير أنظمة أصلاح مختلفة للتغلب على الضرر الذي لحق بالمادة الوراثية بفعل تأثير الأشعة فضلاً عن٣. الحاجة لتبديل مصباح الأشعة.

Sterilization Principle

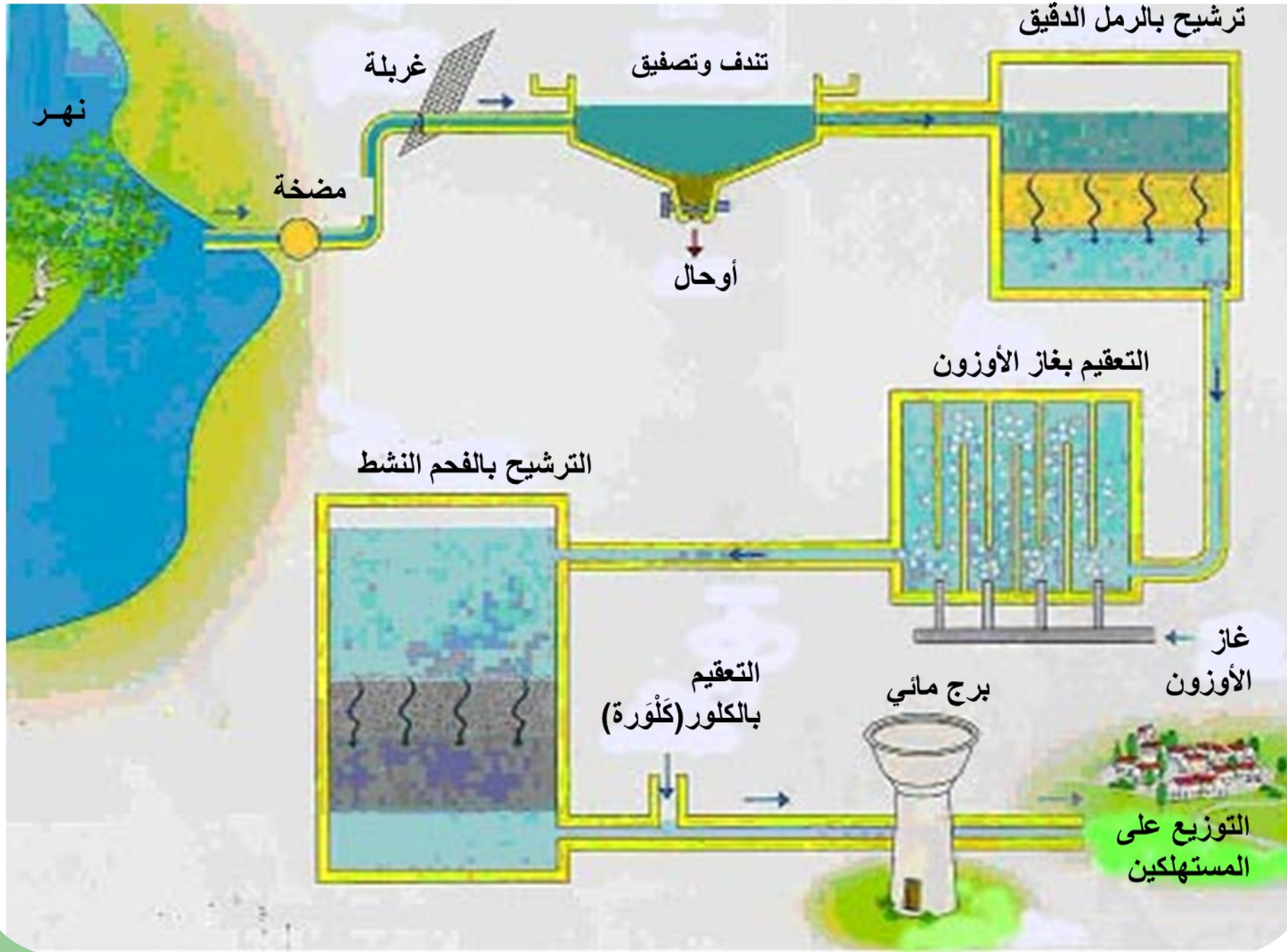


UV-C Radiation used for disinfection is most effective at a wavelength of 254 nm.

DHgate.com fuzhouhuntercompany



مراحل معالجة المياه الصالحة للشرب



الطرق الحديثة لتنقية المياه

Modern methods of water purification

- لجأت كثير من الدول إلى تحلية المياه السطحية وإلى تحلية بعض مصادر المياه الجوفية المالحة وفي سبيل ذلك يتم استخدام تقنيات حديثة باهظة التكاليف مثل:

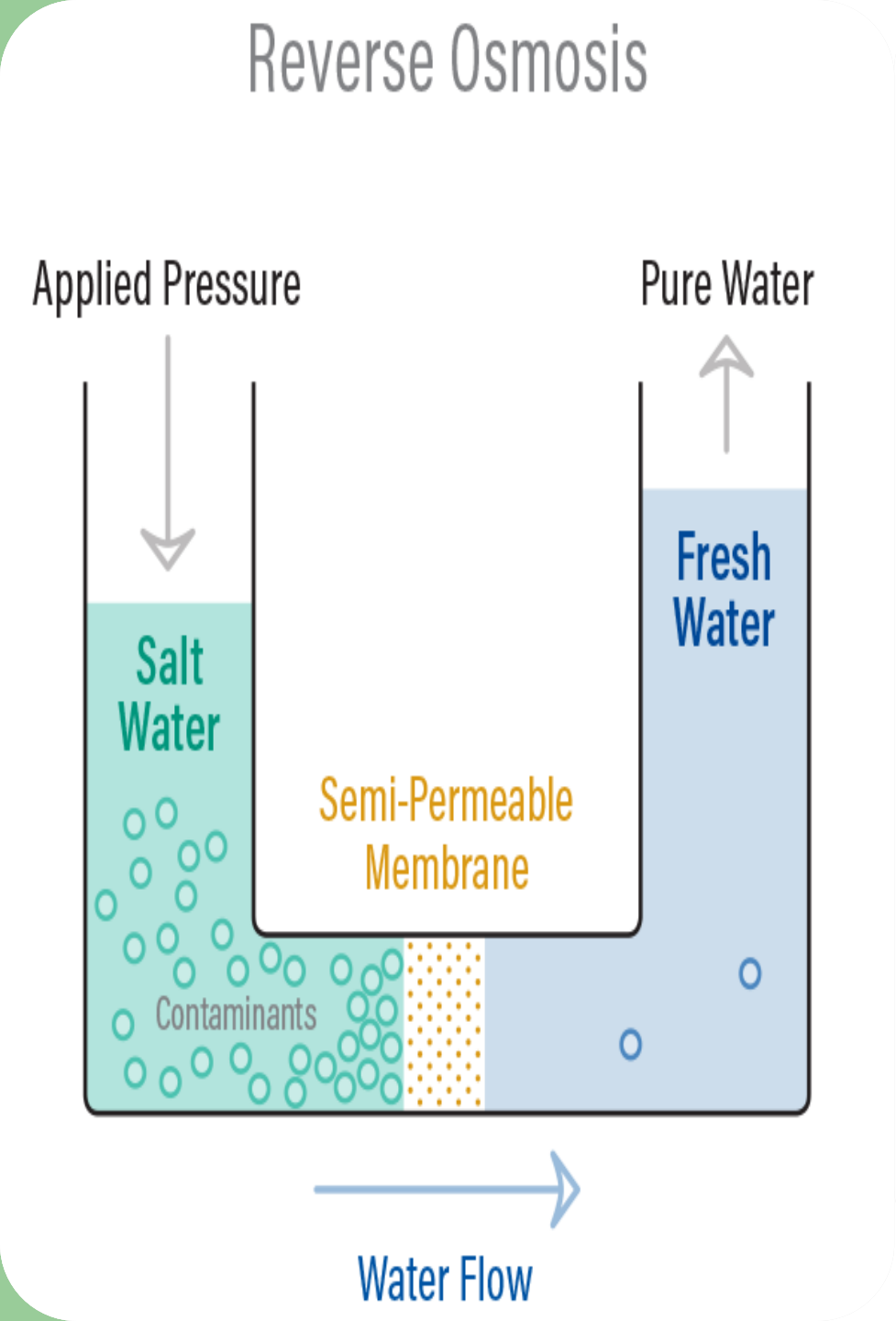
١. التناضح العكسي Reverse Osmosis.
٢. التحليل الكهربائي (الديلزة) Electrolysis.
٣. الكربون المنشط Activated Carbon.
٤. التبادل الأيوني Ion exchange.
٥. المعالجة الشمسية Solar treatment.

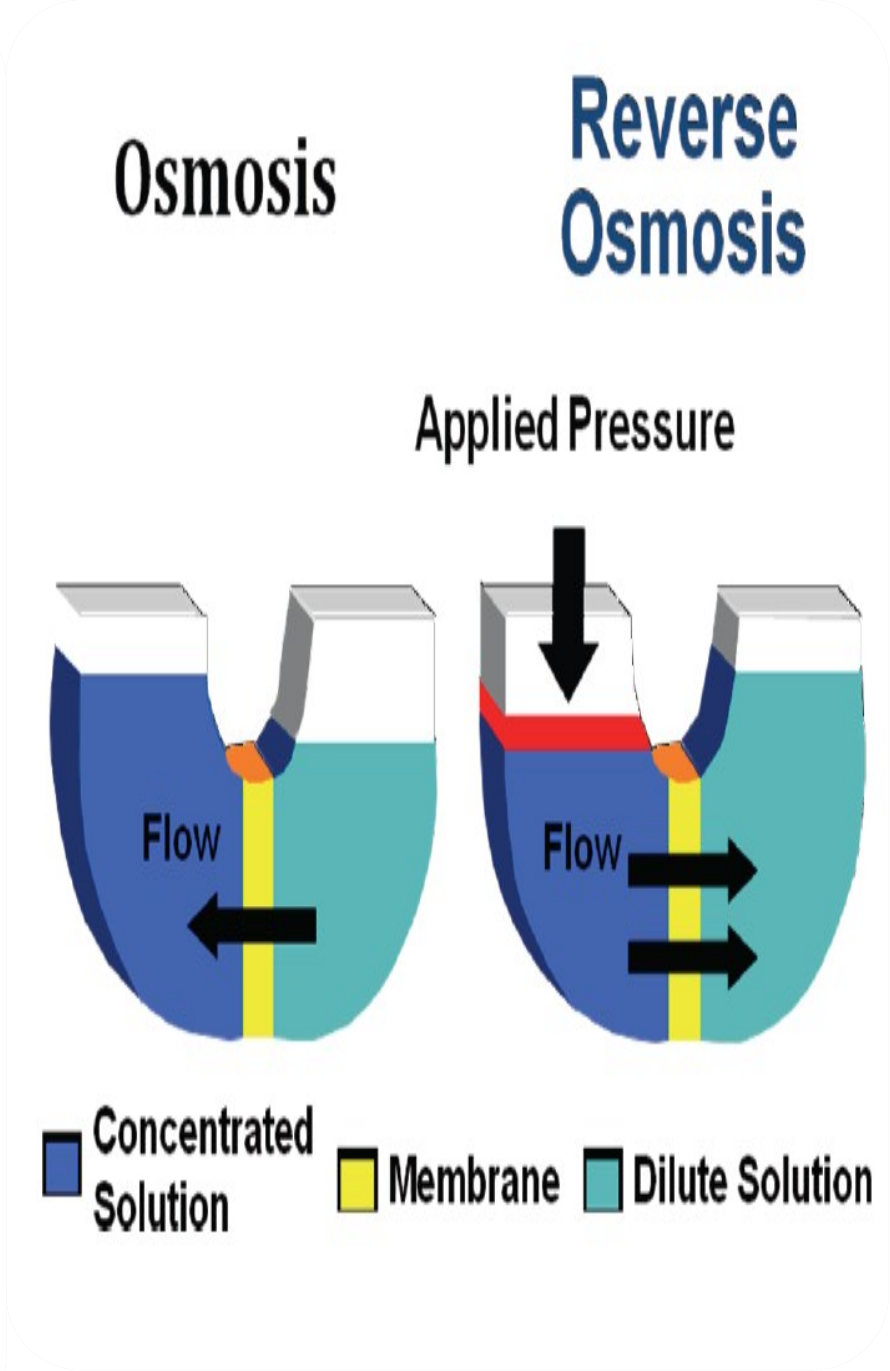
التناضح العكسي
Reverse Osmosis (RO)

- **تستخدم أنظمة التناضح العكسي (RO)** Reverse Osmosis بشكل واسع لتقليل مستويات المواد الصلبة الذائبة الكلية والدقائق العالقة في الماء عن طريق إزالة تنوعاً من الأيونات و المعادن والعديد من المواد العضوية وغير العضوية والملوثات المايكروبية.
- وتعرف عملية التناضح العكسي (**RO**): أنها حركة الماء خلال غشاء اختياري النفاذية (Permissible membrane) من منطقة ذات جهد كيميائي عالٍ الى منطقة ذات جهد كيميائي واطئ مسير بأختلاف تركيز المذاب عبر غشاء يسمح بمرور الماء ويمنع مرور معظم المواد المذابة والأيونات بوجود ضغط مسلط على المحلول الأكثر تركيزاً يدعى الضغط الأوزموزي (Osmosis pressure) والذي يمنع مرور الماء بالأتجاه المعاكس.

التناضح العكسي
Reverse Osmosis (RO)

- **تتم عملية الترشيح** بإجبار الماء على المرور خلال أغشية التناضح العكسي بأتجاه المنطقة ذات التركيز الواطئ مانعة بذلك مرور نسبة عالية من الأملاح.
- **وتعتمد جودة المعالجة** بتقنية التناضح العكسي (**RO**) على عوامل عدة تشمل ١. نوع الغشاء ، ٢. وظروف التشغيل و٣. معدل الجريان ، ٤. ونوعية المياه المغذية.
- **وعلى الرغم من الكفاءة العالية في المعالجة** ، الا أن أنظمة التناضح العكسي غير ١. قادرة على تحقيق الأزالة الكاملة وبنسبة ١٠٠% ، لعدم كمال أغشية التناضح العكسي التي تسمح بمرور نسب قليلة من هذه المواد، ٢. فضلاً عن الحاجة المستمرة لتبديل وحدات الأغشية، ٣. والانسدادات المحتملة بوساطة البكتيريا الميتة أو الحية التي قد تنجح في تكوين مستعمراتها على الأغشية ومن ثم تكون سببا في تلفها.


Reverse Osmosis
Applied Pressure
Pure Water
Salt Water
Fresh Water
Semi-Permeable Membrane
Contaminants
Water Flow

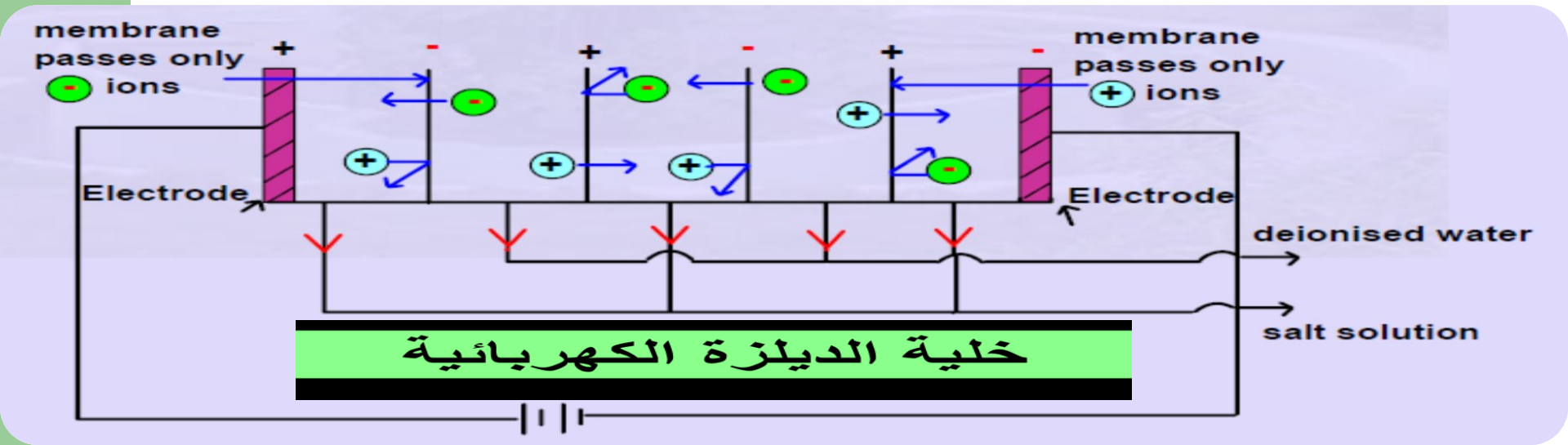

Osmosis
Reverse Osmosis
Applied Pressure
Flow
Flow
Concentrated Solution
Membrane
Dilute Solution

التحليل الكهربائي باستخدام الأغشية
Electrolysis

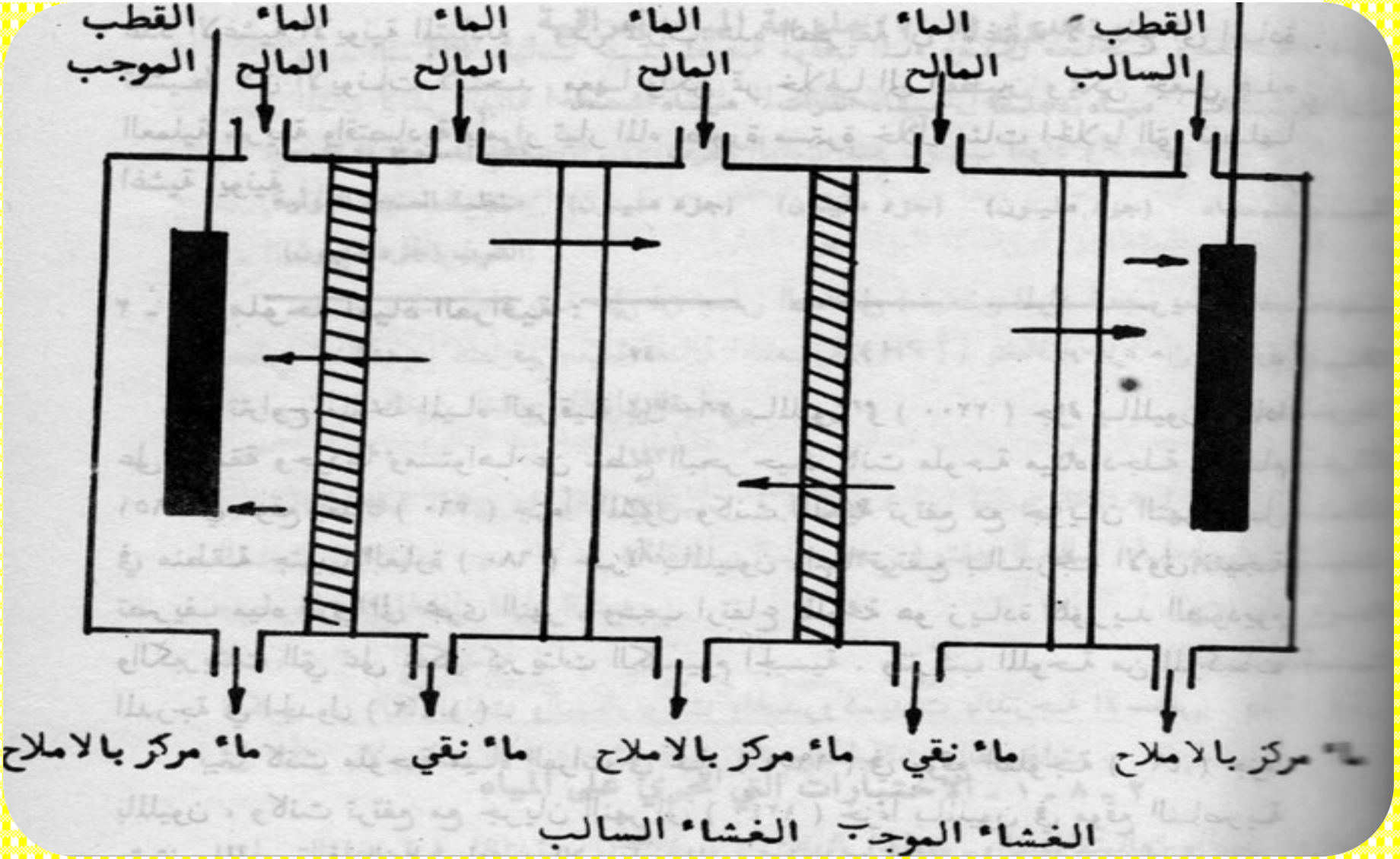
- **استخدمت أنظمة المعالجة الغشائية (Membrane treatment systems)** للمياه في الأصل في مشاريع تحلية المياه فقط، غير أن التحسينات التي أدخلت على تكنولوجيا الأغشية جعلتها خيارا مطلوبا لإزالة الكائنات الدقيقة، و الجسيمات العالقة ، والمواد العضوية الطبيعية التي تعطي الماء مذاقا عفنا وتعكر صفاءه.
- **وأغشية معالجة المياه (Membrane treatment)**عبارة عن رقائق من مادة قادرة على فصل الملوثات المبنية على خصائص مثل الحجم أو الشحنة.
- **وتمر المياه عبر الغشاء؛** ولكن حسب حجمها، فالجسيمات الأكبر، والكائنات الدقيقة، وغيرها من الملوثات تفصل بعيدا. وبعض هذه الأنظمة تدفع بالضغط، ويتوقف ذلك على ضغط المياه لفصل الجسيمات حسب حجمها.
- **ويستخدم الترشيح الدقيق** أكبر حجم من المسام، ويمكن أن يزيل الرمل، والغرين، والطمي، والطحالب، و البكتيريا، ويمكن أن يزيل الترشيح الفائق أيضا الفيروسات.

التحليل الكهربائي باستخدام الأغشية
Electrolysis

- وتوفر **أنظمة الترشيح** البالغ الدقة حماية كاملة تقريبا ضد الفيروسات، وتزيل معظم الملوثات العضوية، ويمكن أن تقلل من عسر الماء.
- وتمزج **الديلزة الكهربائية** التكنولوجيا الغشائية باستخدام التيار الكهربائي، لفصل الملوثات على أساس شحنتها، وبخلاف العمليات الغشائية الأخرى، لا تمر مياه المصدر مطلقا من خلال الأغشية أثناء عملية الديلزة الكهربائية.



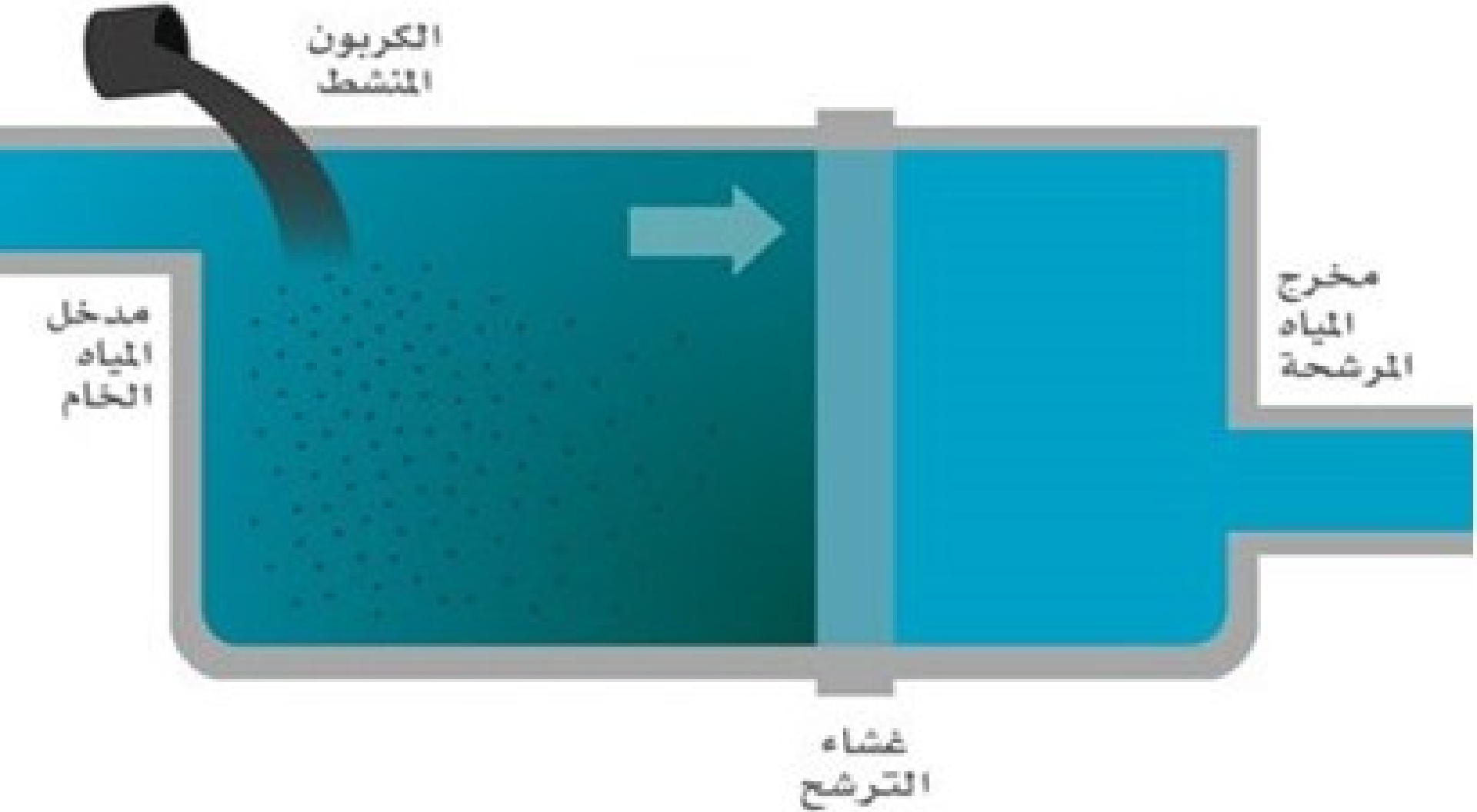
التحليل الكهربائي للماء باستخدام الاغشية



الكاربون المنشط
Activated Carbon (AC)

- **يعد الترشيح بالكاربون المنشط (AC)**: هو الطريقة الأكثر جودة في ازالة المشوبات العضوية (Organic Contaminants) من المياه والمسؤولة عن مشاكل الطعم ، والرائحة واللون ، كذلك تعمل هذه التقنية على ازالة الكلور المستخدم في معالجة مياه الشرب والضرورية لضمان حماية أغشية التناضح العكسي من التلف في المراحل اللاحقة من عملية المعالجة عن طريق جذب وحجز الملوثات الكيميائية ، ويساعده في ذلك خاصيتي المسامية والمساحة السطحية العالية الكفيلتين لأمتزاز (Adsorption)الملوثات.
- **وتعتمد جودة عملية الأمتزاز بالكاربون المنشط (AC)**على عوامل عدة تشمل١. الصفات الفيزيائية للكاربون المنشط، ٢. والطبيعة الكيميائية لسطح الكاربون المنشط ، ٣. طبيعة الملوثات، ٤. درجة حرارة الماء ورقمه pH ٥. وزمن التعرض.
- **ولتقنية المعالجة بالكاربون المنشط** بعض المحدوديات تتمثل ١. بتوفيره بيئة ملاءمة لنمو الأحياء المجهرية على سطحه ، ٢. وعدم فعاليته في أزالة الصوديوم ، والنترات، والفلورايد ، وأملاح العسرة ، والمعادن الثقيلة ، ٣. فضلاً عن الحاجة الدورية للتنظيف والتبديل لتلافي حدوث الانسدادات التي تعيق عملية الامتزاز .

مسحوق كربون المنشط



الترويق (التبادل الأيوني)
Softening (Ion exchange)

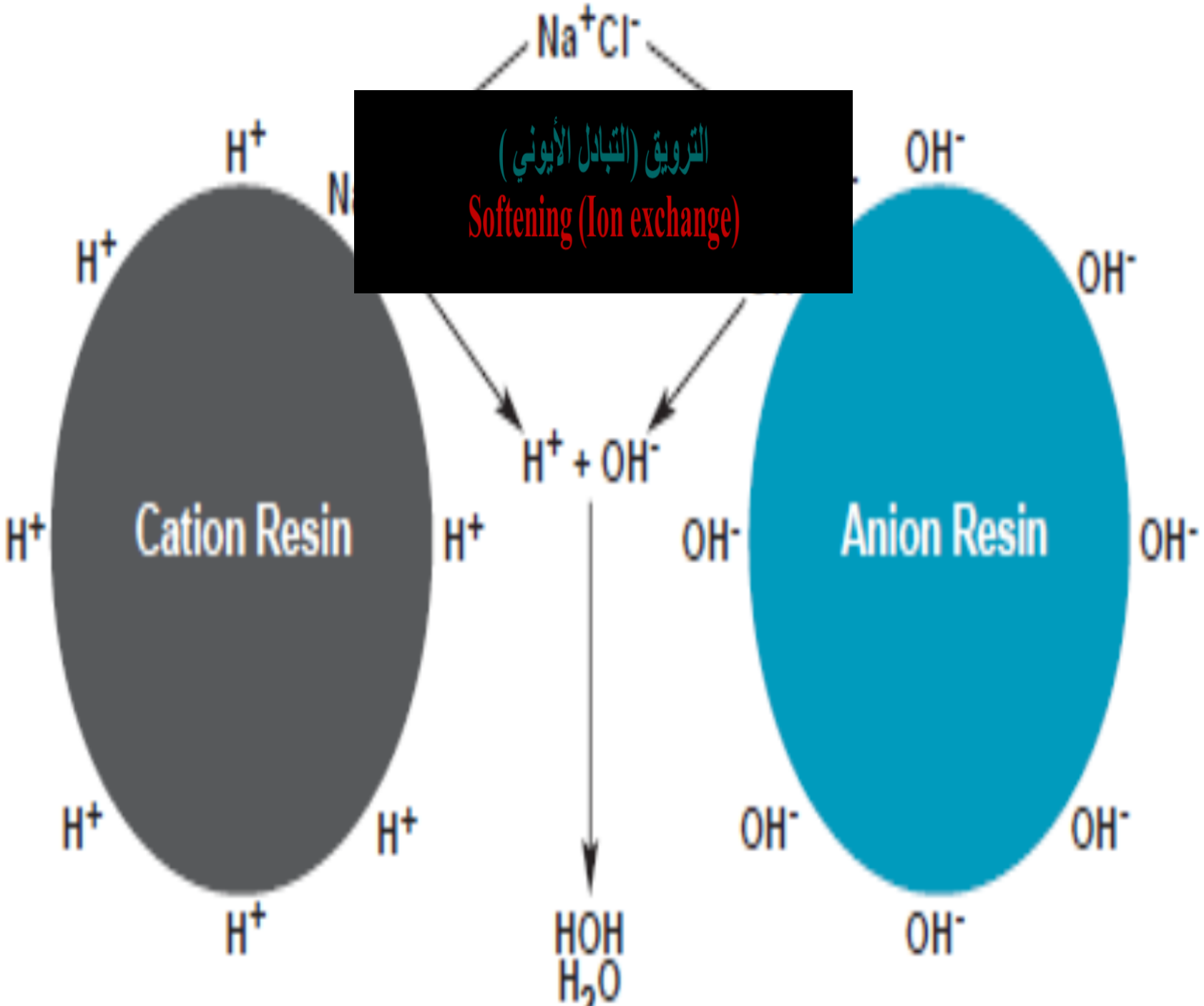
- **يتم خلال هذه العملية** إزالة المواد الصلبة الذائبة (**TDS**) والمسببة لعسرة المياه باستخدام تقنية التبادل الأيوني (**Ion exchange**) ،**ويعرف التبادل الأيوني** أنه عملية مبادلة الأيونات في محيط سائل باستخدام راتنجات التبادل الأيوني.
- **تتم عملية الترويق (Softening)** بأمرار الماء في المبادل لتبدأ عند ذلك عملية التبادل الأيوني وذلك بمغادرة أيونات الصوديوم **Na+** سطح الراتنج وانتشارها في الوسط مقابل هجرة معاكسة لأيونات الكالسيوم **Ca+** والمغنيسيوم **Mg+2** من الماء الى سطح الراتنج وكما في المعادلات الآتية :

$$Na\text{-}Resin + Ca^{+} \longrightarrow Ca\text{-}Resin + Na^{+}$$

$$Na\text{-}Resin + Mg^{+2} \longrightarrow Mg\text{-}Resin + Na^{+}$$

الترويق (التبادل الأيوني)
Softening (Ion exchange)

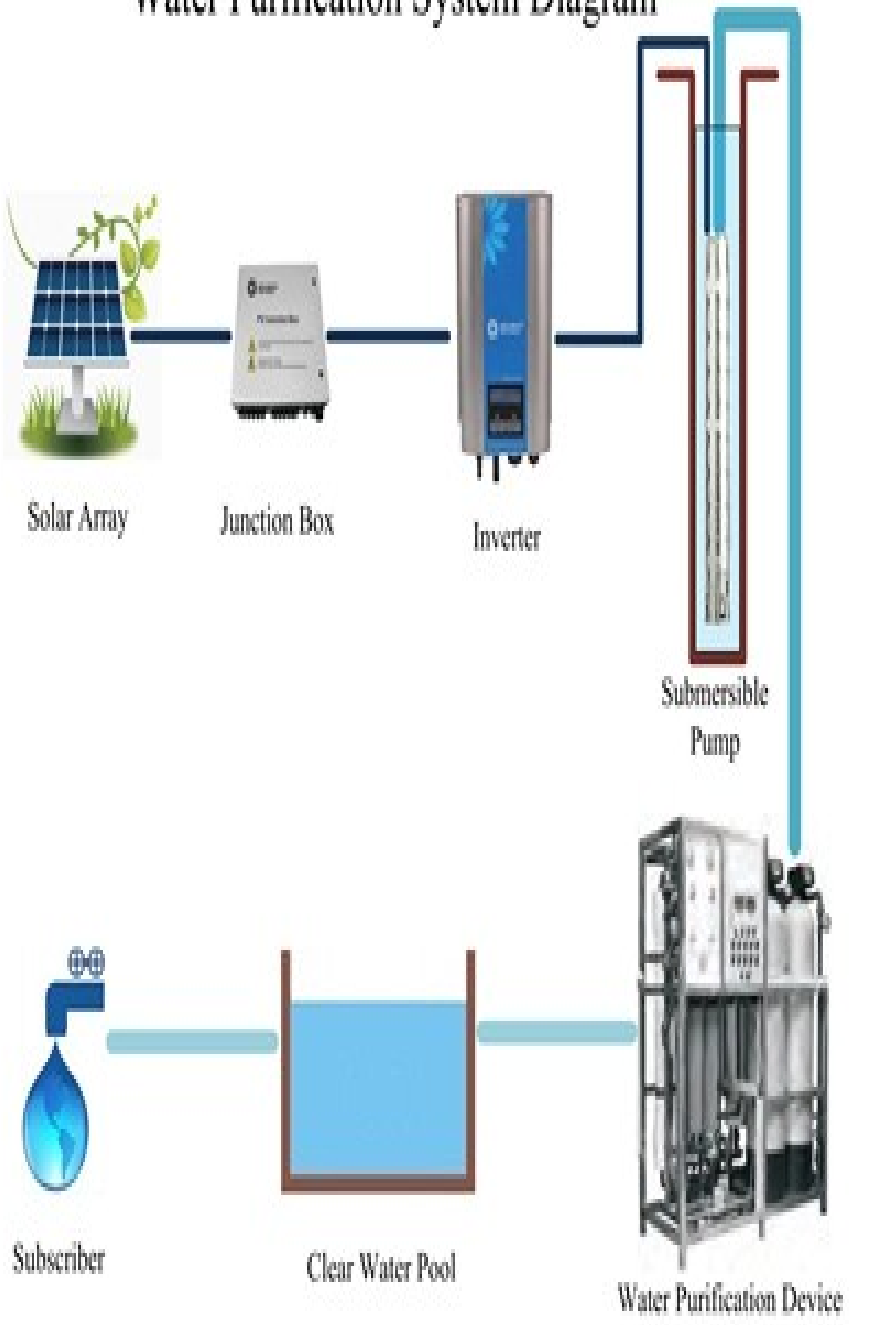
- **وعند استهلاك الصوديوم** **Na+** الموجود على سطح الراتنج بالكامل تتوقف عنئذ عملية التبادل الأيوني لتبدأ عملية تنشيط المبادل ، بضخ محلول ملحي عالي التركيز نحو فرشة الترويق ، لتبدأ عملية معاكسة تتحرر خلالها أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم الى المحلول الملحي ، بينما يعمل الراتنج على امتزاز أيونات الصوديوم مرة اخرى، وبانتهاء العملية يتم ضخ الماء العسر المتجمع نحو قناة تصريف تقع اسفل وحدة التبادل الأيوني ، ليصبح المبادل مهيأ لمعالجة المياه مرة اخرى.

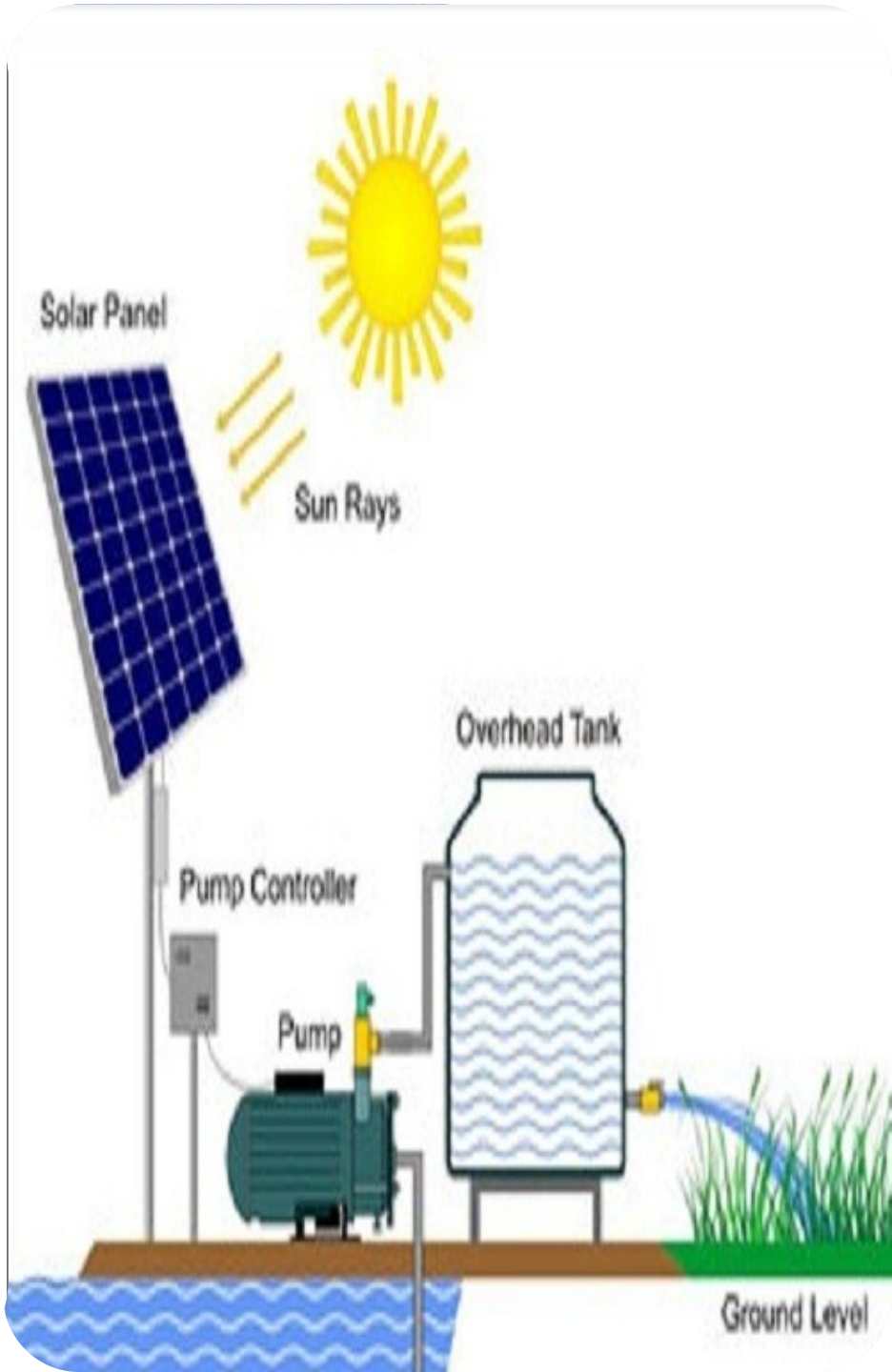

Na+Cl-
الترويق (التبادل الأيوني)
Softening (Ion exchange)
H+
OH-
Cation Resin
Anion Resin
H+ + OH-
HOH
H2O

المعالجة الشمسية للمياه
Solar water treatment

- **تستغل المعالجات الشمسية** للمياه عمليات تطهير طبيعية توجد في الطبيعة وتسفر الطبيعة وتعزز تلك المعالجات لتسفر عن نتائج أكثر كفاءة. وتحظى الوحدات الشمسية الصغيرة بل والمحمولة بالشعبية على مستوى البيوت. فهي قد تمثل خيارا جيدا لمعالجة المياه في الدول النامية التي تتمتع بعدد كبير من الأيام المشمسة لأنها رخيصة ولا تحتاج تقريبا لأي استثمار في البنية التحتية.
- **وينطوي التقطير الشمسي** على وضع المياه غير النقية في حاوية، وتبخيرها باستخدام أشعة الشمس، وتكثيفها في حاوية منفصلة.
- **وتتخلف معظم الملوثات** مثل الأملاح، والمعادن الثقيلة، والميكروبات في حاوية المياه غير النقية، التي يمكن التخلص منها دوريا.
- **وبعد تعريضها لأشعة الشمس** فترة كافية، يقوم الضوء فوق البنفسجي بالتضافر مع درجة الحرارة العالية بقتل معظم الفيروسات، والبكتيريا، والكائنات وأحادية الخلايا.

Water Purification System Diagram





التقنيات المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي
Techniques used in the treatment of wastewater

- **تعتبر مياه الصرف الصحي (المجاري)** من أكثر المواد الملوثة للمياه انتشارا في النظم البيئية، لاسيما وان جميع مواد هذه المجموعة سريعة التحلل بفعل الاحياء المجهرية (**Biodegradable**)، وهي مخلفات الانسان والحيوان وفضلاتهما وبقايا النبات وغيرها من الكائنات الحية الاخرى مسببة تلوث المياه.
- **يسبب الصرف غير المعامل** (**Untreated wastewater**) مشاكل حادة في تلوث المياه وبالتالي قلة جاهزية هذه المياه، وان تطور مجتمعات الانسان تعتمد على جاهزية وملائمة كميات من المياه المناسبة لأغراض مختلفة.
- **كما أن استخدام الخزانات الارضية** (**Septic tank**) في الأماكن التي لا يتوفر فيها شبكة صرف صحي له أضراره علي الصحة العامة خاصة إذا تركت مكشوفة أو ألقيت مخلفاتها في الأماكن القريبة من المساكن حيث يتوالد البعوض والذباب مما يسبب الكثير من الأمراض.

التقنيات المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي
Techniques used in the treatment of wastewater

- **وملوثات المجاري (Sewage)** عديدة منها الزيادة في العناصر الثقيلة كالزئبق، أن طرح الصرف الخام نفسه يحتوي زئبق على ما يزيد ١٠ميكروغرام لكل مل وكذلك الملوثات العضوية مثل **DDT** وكذلك الزيادة في المغذيات التي تنتج عن موت الطحالب وتحللها. فالأسماك والرخويات تقتل لأن السموم تنتقل عبر السلسلة الغذائية (**Food chain**) بعد أن تبتلع الاسماك الكبيرة الاسماك الصغيرة ويحدث التراكم الحياتي **Bioaccumulation** لهذه السموم في أنسجة الاحياء المائية كالعوالق الحيوانية (**Zooplankton**).
- **الخطوة الأهم في حل مشكلة التلوث** هي القضاء على التلوث من مصدره، إذا لم يكن ممكناً منع التلوث كاملا فمن الضروري اقتصادياً وبيئياً تقليص حجمه وشدته إلى الحدود الدنيا داخل المنشأة بإجراء تعديلات على العمليات التصنيعية وتحسين إدارة المواد الأولية وتجميع النفايات ومعالجتها قبل تصريفها الى المسطحات المائية.

التقنيات المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي
Techniques used in the treatment of wastewater

- **تتنوع تقنيات معالجة التلوث تنوعاً كبيراً**، و تتضمن كل العمليات المتبعة في معالجة الصرف الصحي بالإضافة إلى التقنيات الخاصة بكل صناعة، ويعتمد اختيار تقنية أو أسلوب المعالجة على نوع التلوث المراد إزالته وعلى درجة الإزالة.
- **تتعرض مياه الفضلات (Wastewater)** في محطات المعالجة إلى أربعة مراحل على الأكثر من المعالجة وهي:

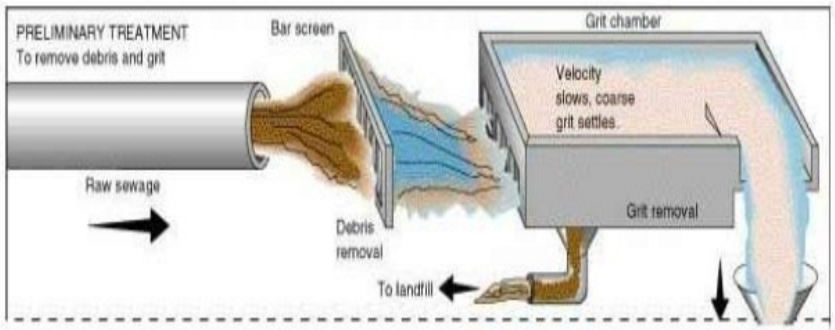
١. **المعالجة التحضيرية (Preliminary Treatment).**
٢. **المعالجة الأولية (Primary Treatment).**
٣. **المعالجة الثانوية (Secondary Treatment).**
٤. **المعالجة الثالثية (Tertiary Treatment).**

المعالجة التحضيرية
Preliminary Treatment

تستخدم المعالجة التحضيرية لعزل الملوثات كبيرة الحجم من الدفيق الداخل إلى المحطة ومن مرافقها:

Preliminary treatment process consists of following process-

- Screening
- Grit chamber
- Floatation units
- Skimming tanks



Preliminary Treatment

Grit Chamber

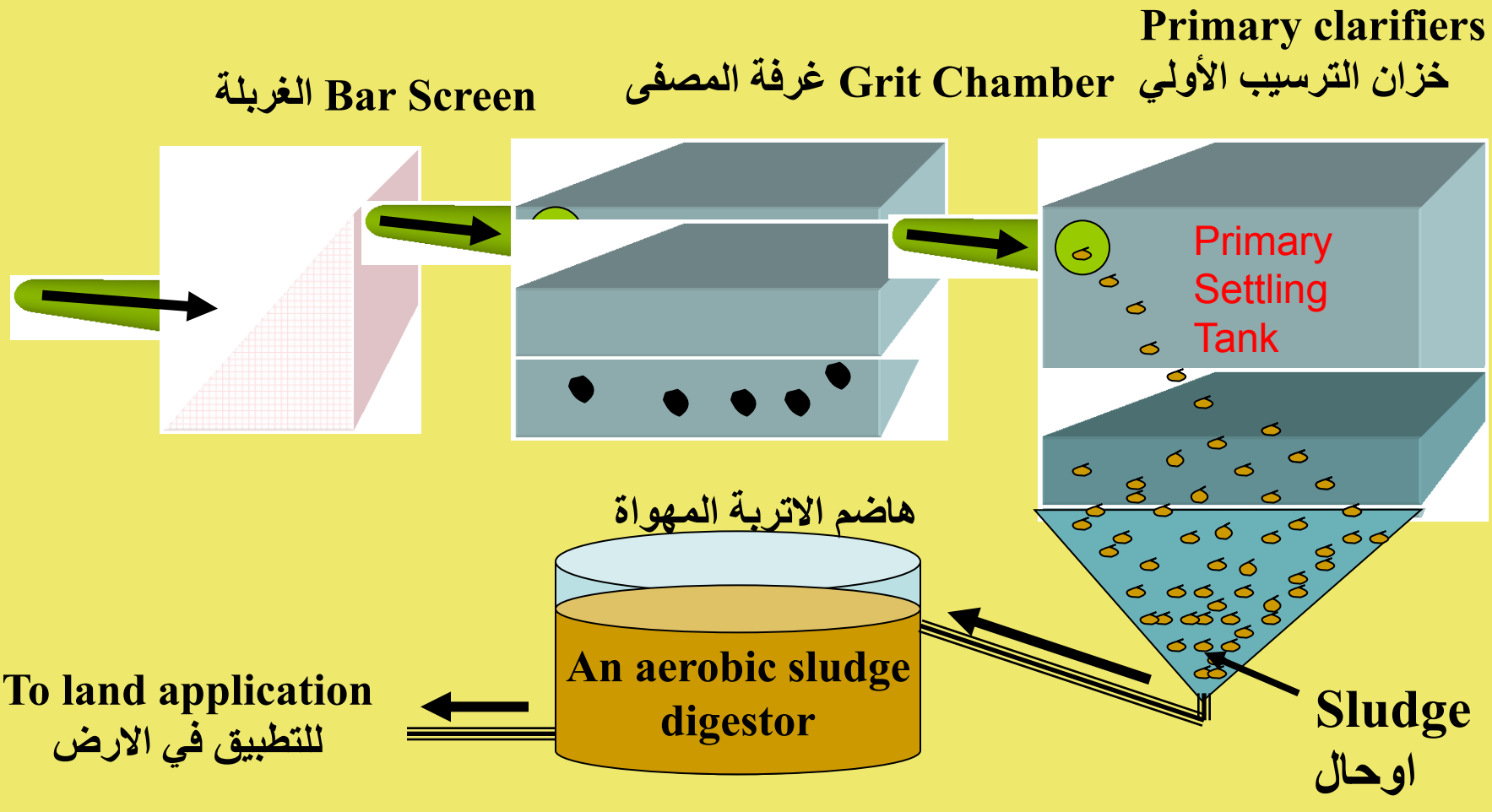
- removes rocks, gravel, broken glass, etc.

Mesh Screen

- removes diapers, combs, towels, plastic bags, syringes, etc.

المعالجة الاولية
Primary treatment

تعمل المعالجة الأولية على إزالة المواد الطافية والمواد القابلة للترسب (الحصى، الرمل وأغصان الأوراق) بوقت معقول ومن مرافقها: المعالجة الفيزيائية للأطوار.



المعالجة الفيزيائية للأطوار
Physical Treatment

- **الفصل الفيزيائي للأطوار**(**Physical Treatment**) وهي أبسط تقنيات المعالجة وأكثرها فائدة وخصوصاً في فصل الطور الصلب عن السائل، وكذلك فصل الأطوار غير المائية مثل الزيت عن الطور المائي، بينما فصل الغاز عن السائل ليس له أهمية في بعض أنواع التلوث.
- **ويعتبر فصل المواد الصلبة** (**Total solids**) هي الخطوة الرئيسية في كل أنظمة معالجة التلوث، ويخضع نظام المعالجة فيها إلى عمل قوى ذات خواص فيزيائية **وكما في الطرق التالية:**

١. **الفصل بالترسيب والترقيد للمواد الصلبة** (**Sedimentation**).
٢. **الفصل بالطفو أو التعويم** (**Flotation**).
٣. **الغربلة** (**Screening**).
٤. **الترشيح** (**Filtration**).

المعالجة الفيزيائية للأطوار
Physical Treatment

١. الفصل بالترسيب والترقيد للمواد الصلبة (Sedimentation).

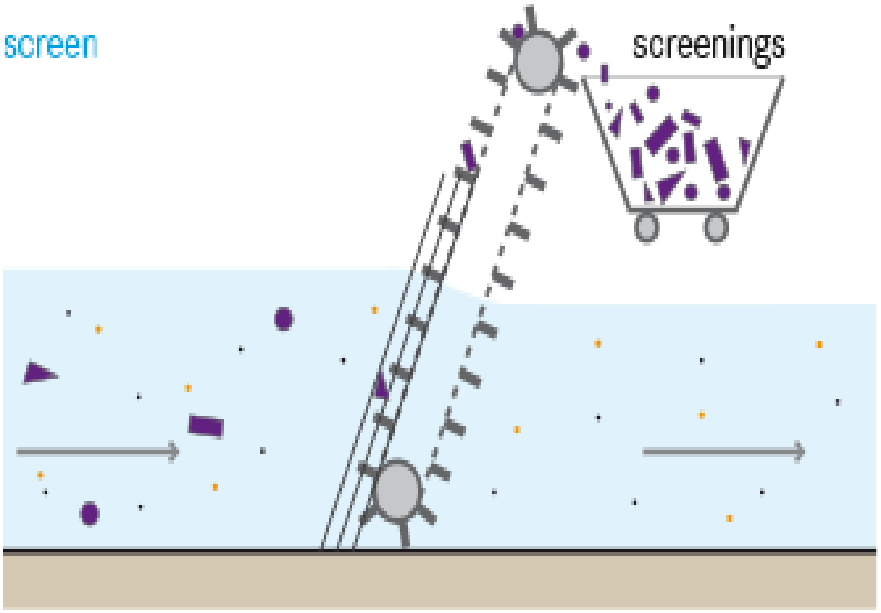
يمكن لهذه العملية أن تتم على مرحلتين:

ا. الحوض (reservoir) الأول: ذو زمن احتفاظ قصير لإزالة المخلفات الثقيلة سريعة الترسب.

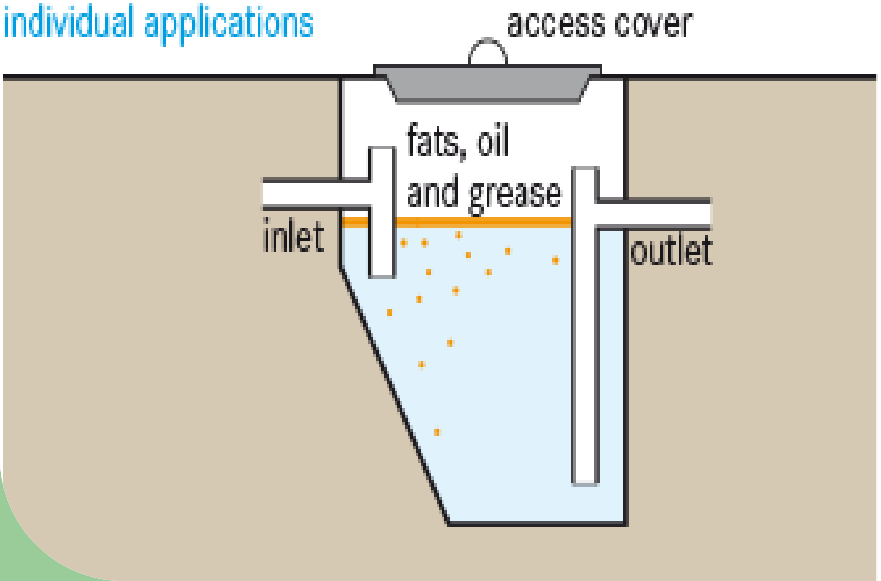
ب. الحوض الثاني (major unit): تزال فيه المواد الصلبة بطيئة الترقيد إذ يبلغ زمن الاحتفاظ هنا أكثر من ساعتين. تطفو القطرات الزيتية على السطح و تترسب المواد الصلبة الأثقل في القاع. كلا الطبقتين يجب إزالتها بآلية مناسبة تعمل إما بشكل مستمر أو متقطع.

- **لتحسين فعالية الترقيد** تضاف عوامل تخثير كيميائية أو بزيادة زمن الترقيد، ولكن الخيار الأخير يتطلب أحواضاً كبيرة بالإضافة إلى أنه قد ينشأ عنه مشكلة تحول الحمأة إلى لا هوائية.
- **يهدف الترسيب (Sedimentation)** في المراحل النهائية إلى إزالة المواد الصلبة المتبقية التي استطاعت العبور من أحواض الترقيد الأولية، والأهم من ذلك أنها تزيل المواد الصلبة الجديدة المتشكلة بالتفاعلات الكيميائية والبيولوجية.

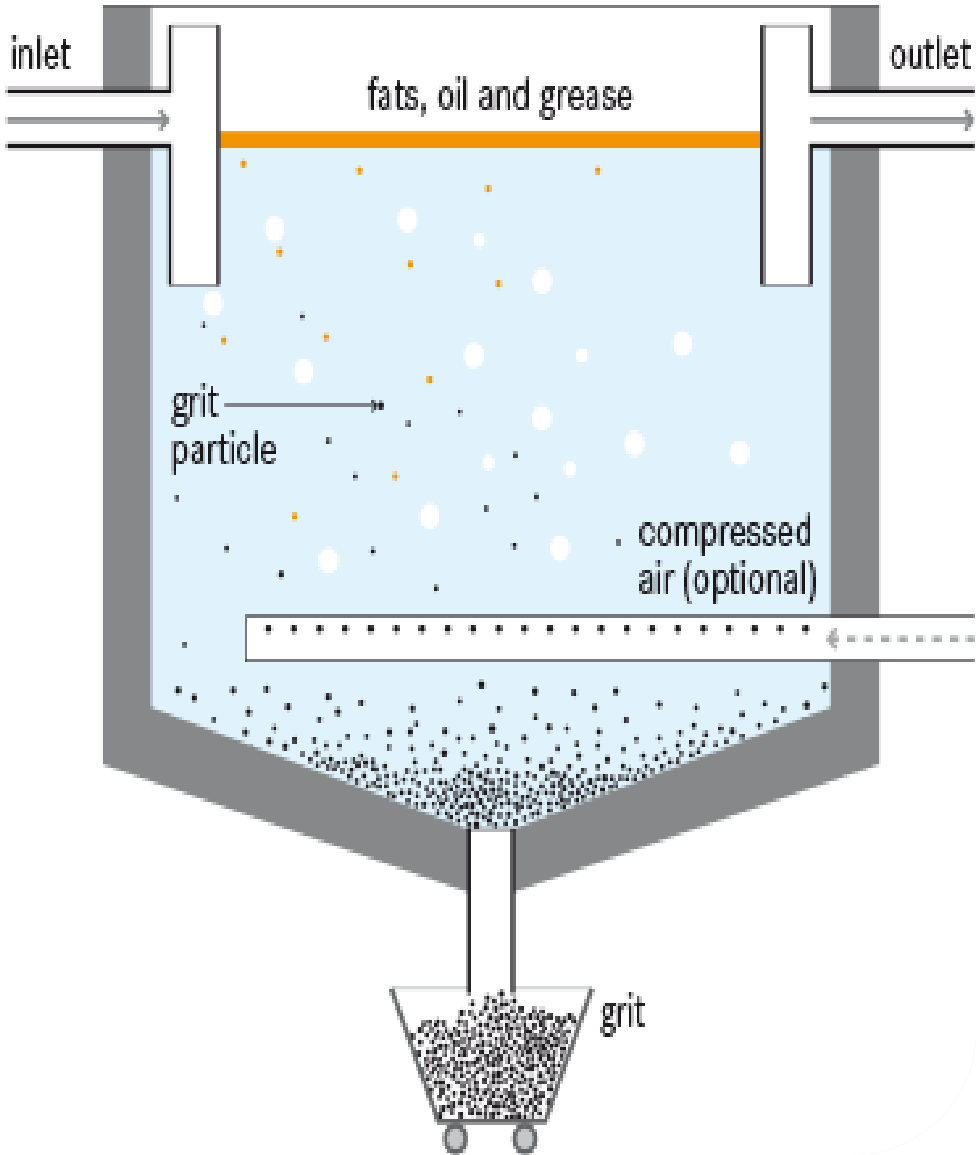
screen



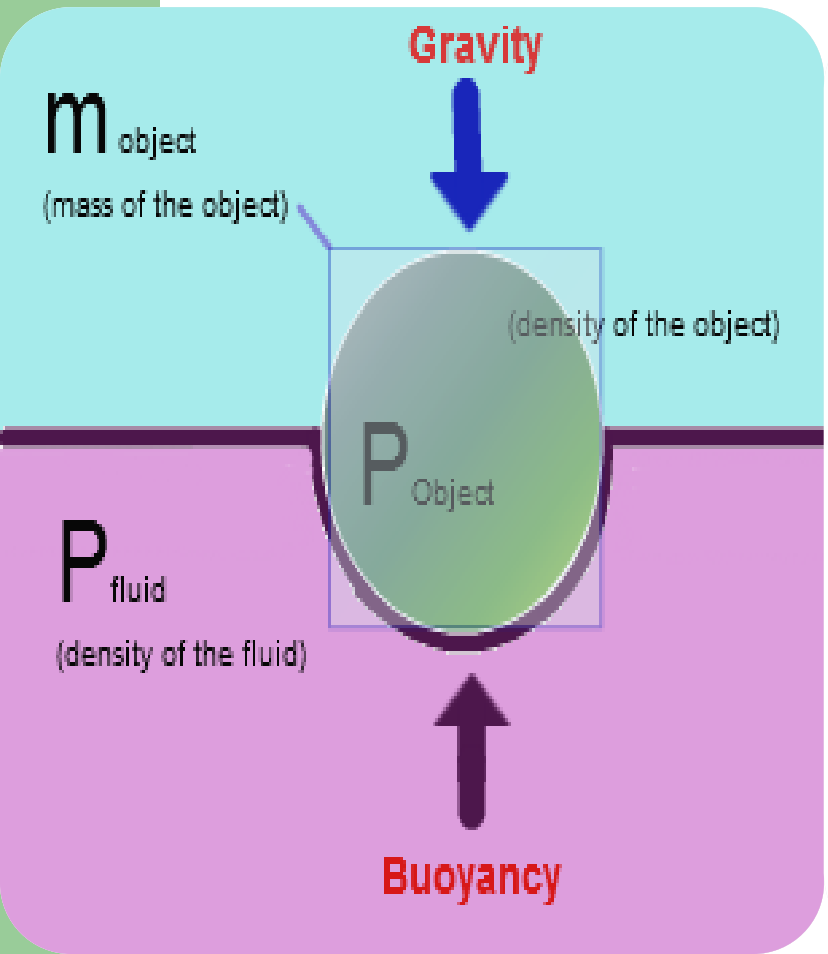
grease trap for individual applications



aerated grit and grease removal tank



المعالجة الفيزيائية للأطوار
Physical Treatment



٢. الفصل بالطفو أو التعويم (Flotation).

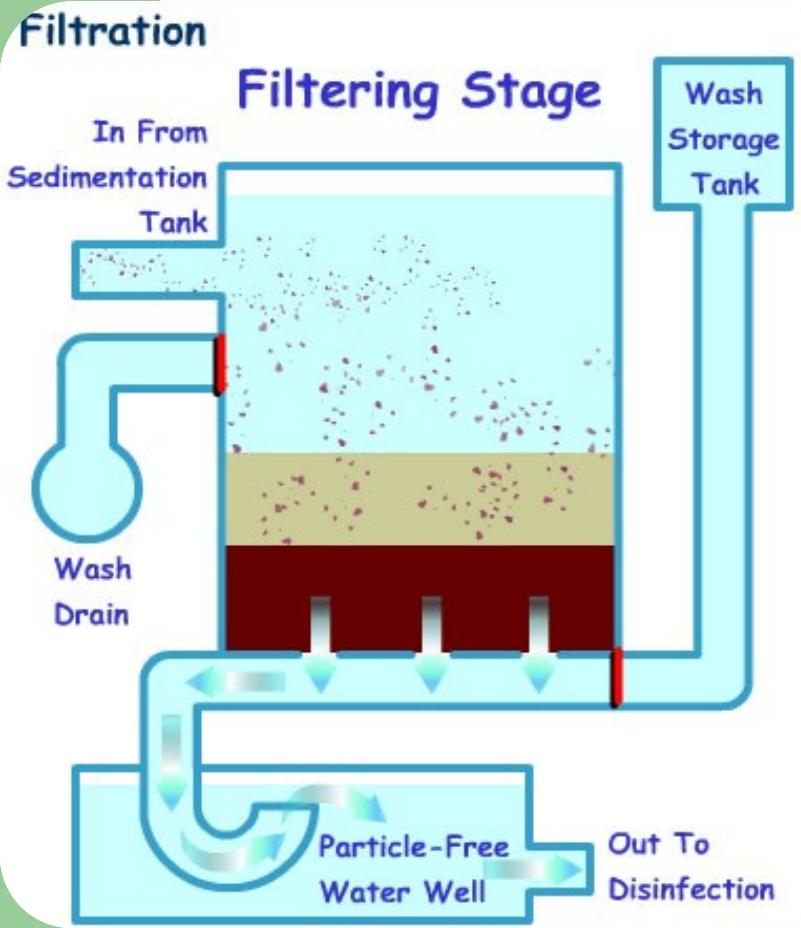
- تعتمد تقنيات الترسيب على الفرق في الوزن النوعي بين المواد الصلبة (أو الزيتية) والماء لذلك كلما كان هذا الفرق صغيراً تنخفض كفاءة الترسيب وتتطلب زمناً أطول.
- يمكن حل هذه المشكلة باستخدام تقنية التعويم حيث يعمد إلى ضخ هواء مضغوط في الماء وعند إزالة الضغط عن الماء يتحرر الهواء من المحلول بتشكيله فقاعات على السطوح حاملا معه جزيئات المواد الصلبة.
- أكثر الصناعات استخداماً لتقنية التعويم المصافي البترولية والمعامل الكيميائية حيث يعمد إلى معالجة الماء الملوث بالزيوت بهذه الطريقة

المعالجة الفيزيائية للأطوار
Physical Treatment

٣. الغربلة (Screening).

- وهي تقنية أبسط من الترقيد لكنها معدة لفصل الدقائق ذات الحجوم الكبيرة فقط. تستخدم المصافي الخشنة كالحواجز ذات القضبان عند مداخل وحدات المعالجة، وهي ذات فتحات كبيرة من مرتبة ١٢ انش تقريباً ويمكن الاستغناء عنها عندما لا توجد مواد صلبة بهذا الحجم.
- تستخدم المصافي الناعمة لإزالة الجزئيات الأكبر من MESH 40 مما يخفف العبء عن أحواض الترقيد ،ذلك أن وجود الجزئيات الخشنة يعيق إزالة المواد الصلبة الناعمة في وحدات الترسيب.

المعالجة الفيزيائية للأطوار
Physical Treatment

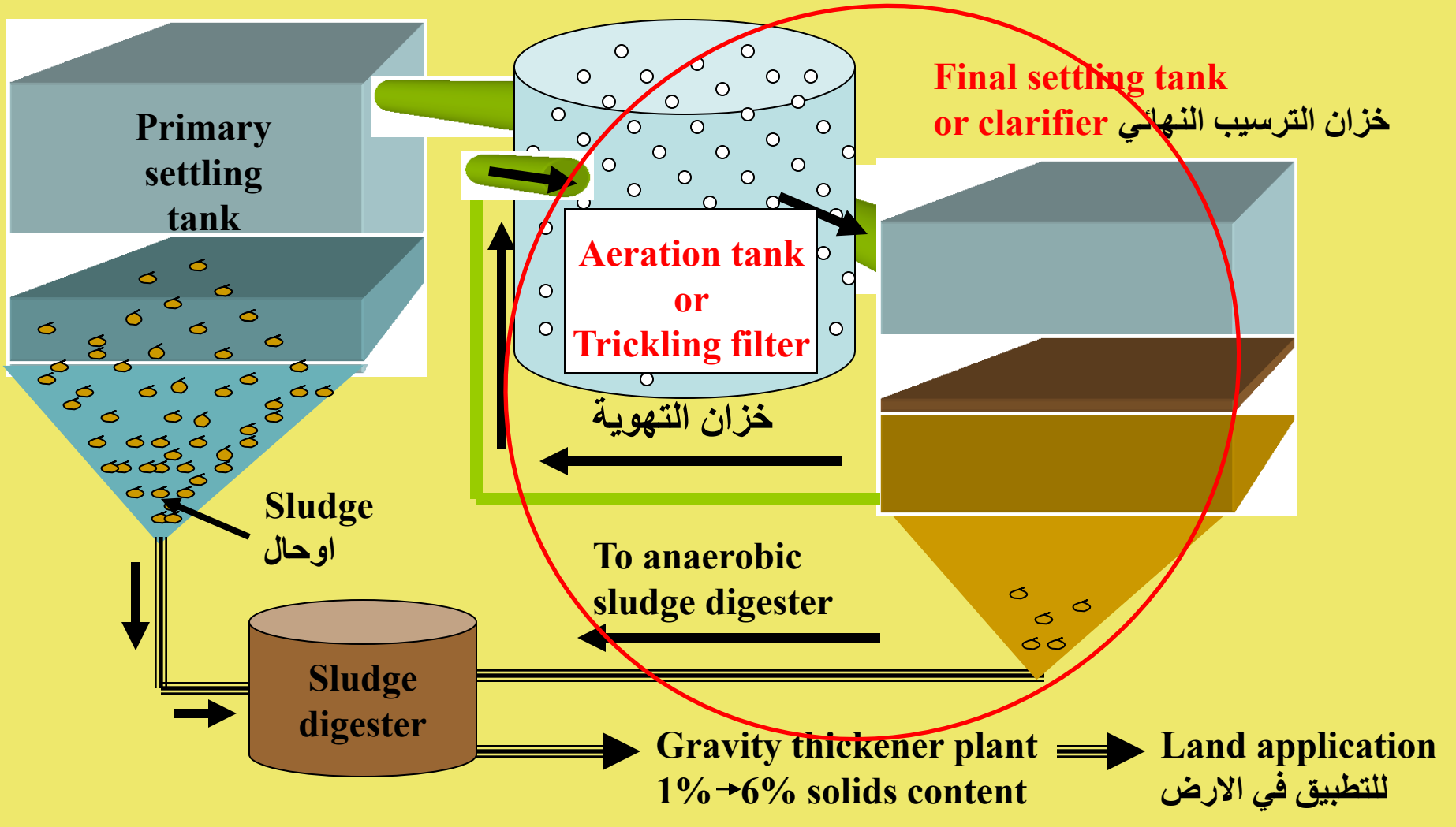


٤. الترشيح (Filtration).

- إن الجزئيات الصلبة الناعمة التي لا يمكن إزالتها بالمصافي يمكن فصلها بالفلترة، وأساس وسط الفلترة يكافئ المصافي الناعمة ،وهو يتألف من القماش أو الورق أو طبقة من المواد الصلبة نفسها متوضعة على وسط الفلترة.
- نادرا ما تستخدم الفلترة مع الماء الملوث الخام لأنها تحتاج في هذه الحالة إلى عمليات تنظيف متكررة، وإنما تستخدم في عمليات التصفية النهائية خصوصاً عندما لا يسمح ضيق المكان بذلك.

المعالجة الثانوية
Secondary treatment

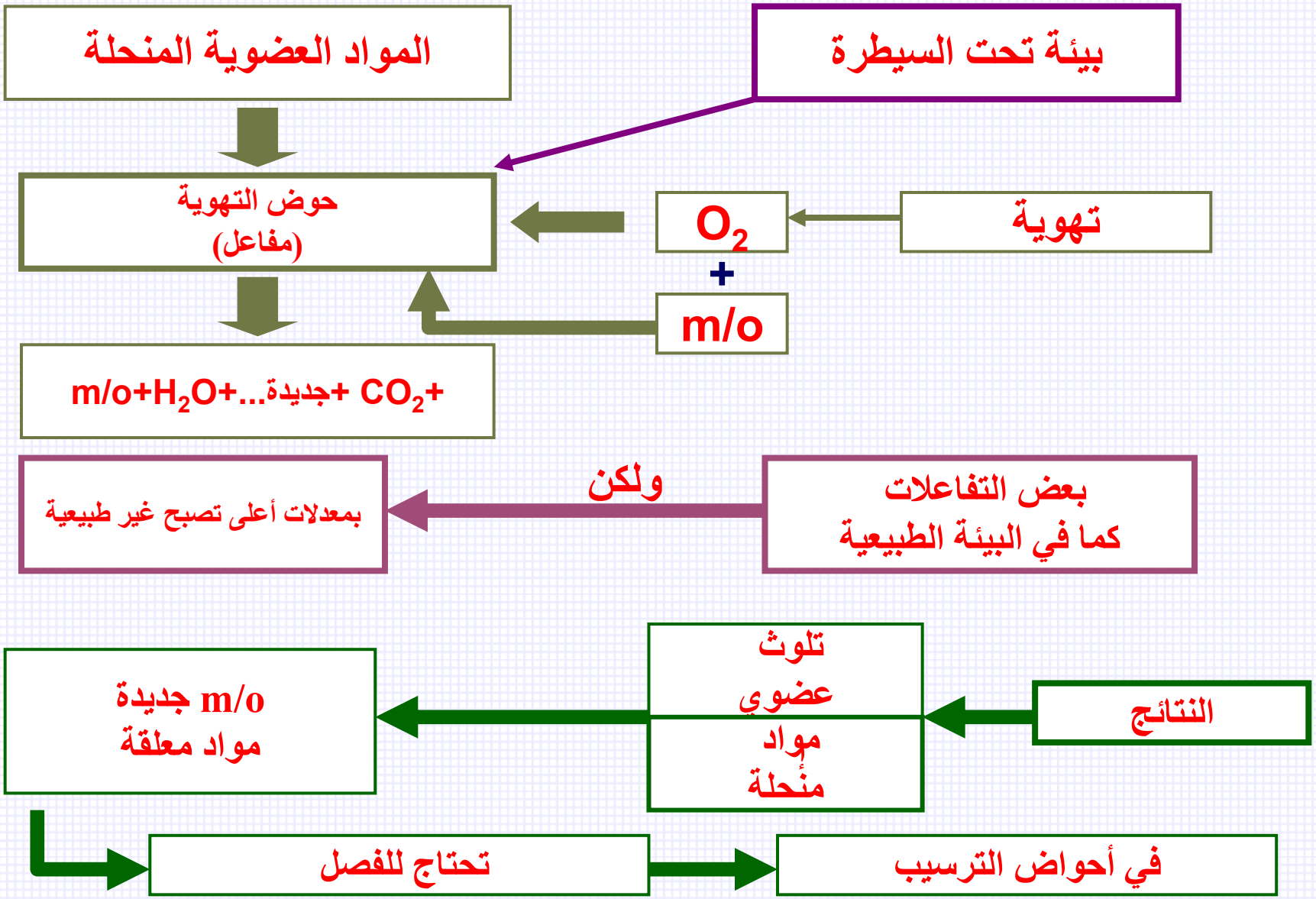
تقوم المعالجة الثانوية على التخلص من معظم المواد العضوية بواسطة تحطيمها (اكسدتها) من قبل الجراثيم ومن مرافقها: المعالجة البيولوجية والحيوية.



المعالجة البيولوجية
Biological Treatment

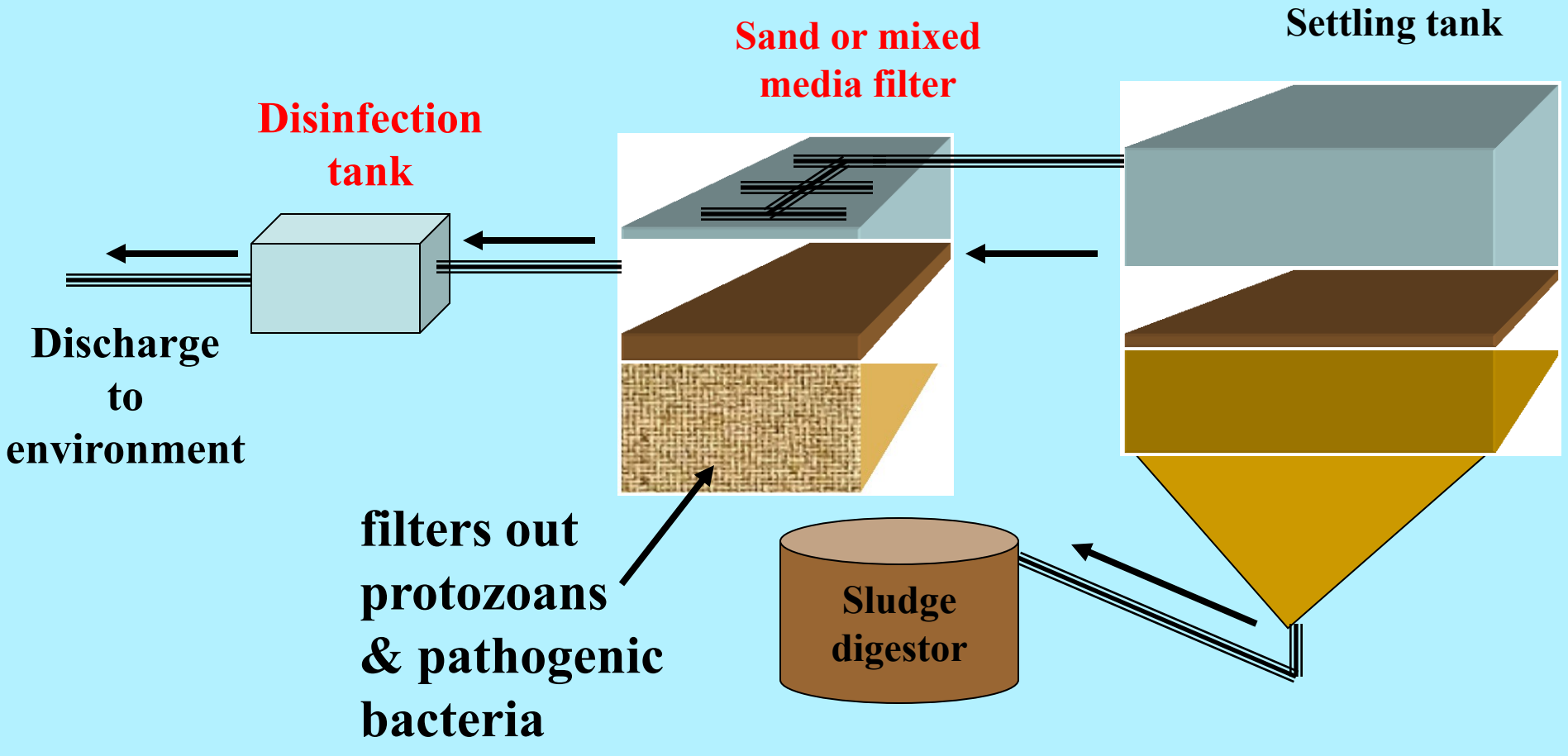
- **يتم فيها إزالة الملوثات العضوية الغروية والذائبة** القابلة للتفسخ بالتفكك والتحلل الحيوي والأنشطة البيولوجية، وتحويلها إلى مواد أخرى ثابتة وهي إما **١.** غازات (تجد مسارها إلى الغلاف الجوي) أو **٢.** خلايا حية (يمكن إزالتها بالترسيب) أو **٣.** مواد صلبة عالقة من جراء عمليات التخثر(ويمكن إزالتها بالترسيب). وأمثلة هذه الطرق الحمأة النشطة (**Active sludge**) والأقراص البيولوجية (**Biological disks**) وبرك الحمأة (**Sludge pools**).
- **لقد طورت المعالجة البيولوجية** أصلاً من أجل الصرف الصحي (**Wastewater**) ولكنها تصلح في كثير من الأحيان لمعالجة المياه الملوثة الناتجة عن الصناعات العضوية مثل الصناعات الغذائية وصناعة الورق، والدباغة والصناعات النسيجية وغيرها.
- **يمكن للمعالجة البيولوجية (Biological Treatment)** أن تكون هوائيةً أو لا هوائية بحسب البكتريا الحيوية، وكل نوع له سلالاته الخاصة من العضيات الدقيقة و ذو مواصفات تختلف عن النوع الآخر بالرغم من أن الهدف في كلتا الحالتين هو تحويل المكونات العضوية في الماء الملوث إلى غازات ومواد صلبة سهلة الفصل وماء.

مفهوم المعالجة البيولوجية



المعالجة الثالثية
Tertiary treatment

تتضمن سلسلة من الخطوات للتخلص من التركيز المتبقي من المواد العضوية والعكارة والنتروجين والفسفور والمسببات المرضية ومن مرافقها: المعالجة الكيميائية.



المعالجة الكيميائية
Chemical Treatment

- **لعبت المعالجة الكيميائية** (**Chemical Treatment**) دوراً ثانوياً في الصرف الصحي في إضافة بعض مساعدات التخثير. في عام ١٩٧٠ ظهرت المعالجة الفيزيائية ـ كيميائية المستقلة كمنافس للمعالجة البيولوجية ، على الرغم من أن كثيراً من الهيئات لا تزال تصنفها كمعالجات تجريبية.
- **أما في الصناعة** (**Industry**) فعلى العكس تعتمد كثير منها على الطرق الكيميائية لمعالجة مياهها الملوثة، خاصة الصناعات العضوية ، على الرغم من أن معظم الصناعات تطبق المعالجة الكيميائية إلى حد ما. ويتم في هذه المعالجة تهيئة الملوثات ومن ثم إزالتها بإضافة بعض المواد والمركبات الكيميائية، ويترتب على ذلك تفاعلات لها نواتج ثانوية ثابتة وغازات،
- **ومثال هذه الطرق:** انتشار الغازات (**Spread of gases**) والامتصاص (**Absorption**) والتعقيم (**Sterilization**) و الترسيب (**Precipitation**) والأكسدة الكيميائيين (**Oxidation**).

المعالجة الكيميائية
Chemical Treatment

- **إن اختيار نظام المعالجة الكيميائية يعتمد على:**

١. كمية ونوعية الماء الملوث.

٢. كلفة وتوفر الكيماويات اللازمة.

٣. سلامة وأمان العملية وكمية ونوعية أوحال التلوث الناتجة.

- **الحاجة إلى ضبط العمليات هنا أكبر منها في حالة أنظمة المعالجة البيولوجية:**
- إذا استخدمت المواد الكيميائية بكميات زائدة أو إذا لم يتح زمن تلامس مناسب فإن التفاعلات الكيميائية لن تتم بالشكل الأمثل وينتج عن ذلك تشكل ملوثات أخرى جديدة صعبة المعالجة.
- **إن نظام المعالجة العام** واختيار العمليات يجب أن يتم على ضوء دراسة الماء الملوث وأن يكون مسبوقاً بدراسة مختبرية مستفيضة.

المعالجة الكيميائية
Chemical Treatment

١. ضبط pHالوسط.

- **وهي المعالجة الكيميائية الأكثر انتشاراً** ، لأن الماء الملوث غير مسموح طرحه إلى مصادر المياه الطبيعية أو إلى محطات المعالجة إن كان حمضياً أو قلوياً. يجب تعديل قيمة **pH** إلى قيم قريبة من المعتدلة، وفي بعض الأحيان يمكن القبول بالمجال ٥-١٠ ولكن المجال يكون أضيق بكثير عند طرح الماء في المصادر الطبيعية (٦-٨.٥).
- **لتعديل المياه القلوية** غالباً ما يستخدم حامض الكبريت **H2SO4**، ولتعديل المياه الحامضية تضاف كربونات الصوديوم **Na2CO3** او الكلس الذي يمثل الخيار الأرخص، لا يمكن استخدام الكلس بالنسبة للمياه المحتوية على الكبريتات بسبب تشكل طبقة واقية من كبريتات الكالسيوم توقف التفاعل.
- **وينصح بالتحكم الأتوماتيكي** بقيمة **pH** في أي خطوة تعديل أو ضبط لدرجة الحموضة.

المعالجة الكيميائية
Chemical Treatment

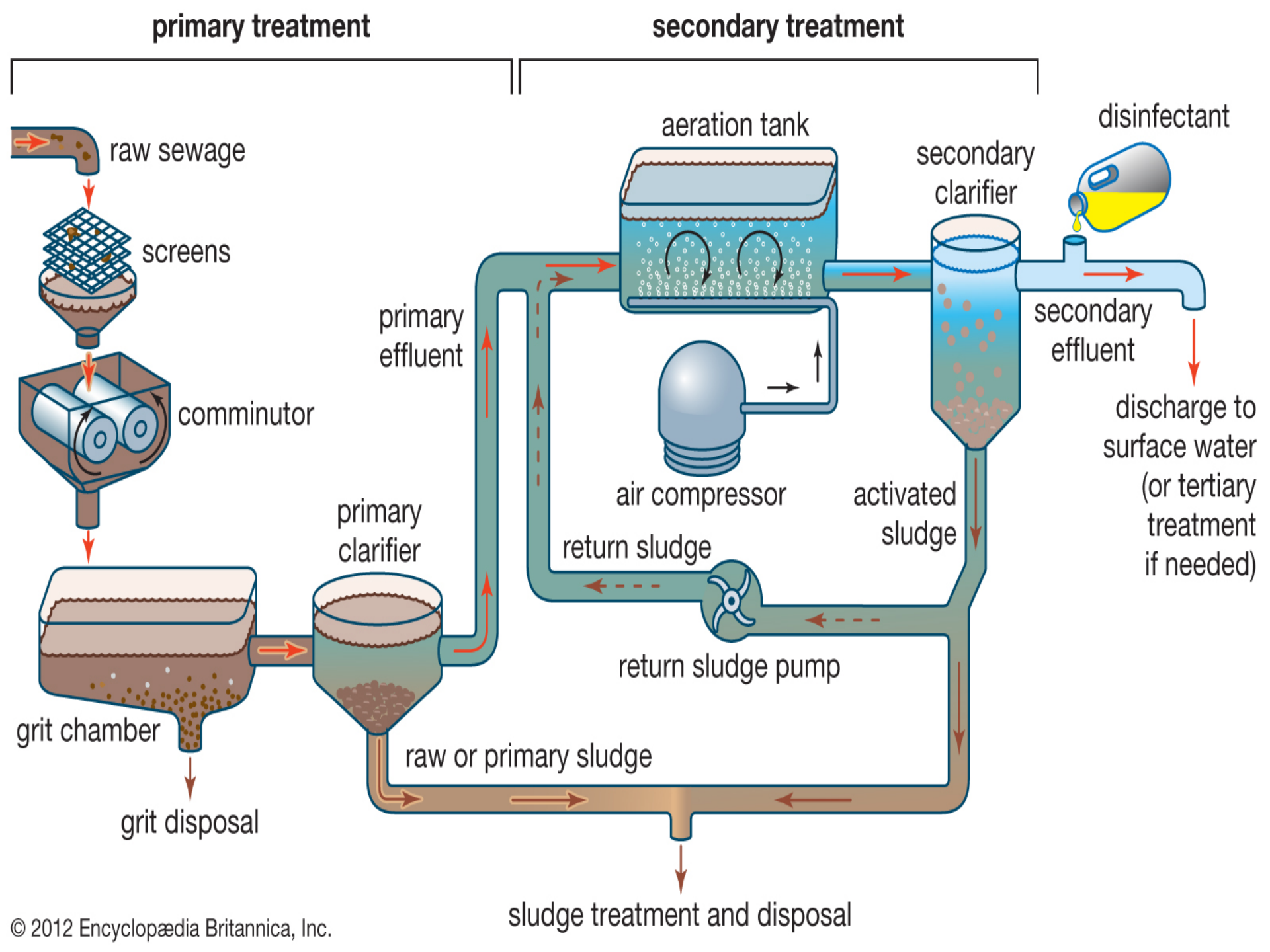
٢. التخثير الكيميائي (Chemical coagulation).

هو شكل غير مباشر للترسيب حيث لا يتفاعل العامل الملوث مباشرة مع المادة الكيميائية المضافة ولكنه يزال مع الراسب الحاصل.

٣. الإرجاع والأكسدة الكيميائية (Return & Oxidation).

الأكسدة الكيميائية عملية منافسة للأكسدة البيولوجية كتقنية معالجة، وبالرغم من كونها أكثر كلفة إلا أنها أكثر فعالية لبعض الملوثات الصناعية المقاومة.

- **الهواء (Air) والأكسجين (O2)**عوامل أكسدة ضعيفة ولكنها مفيدة مع الاحياء الدقيقة.
- **الكلور (CL) والأوزون (O3)** لهما تطبيق أوسع بالنسبة للملوثات صعبة الأكسدة مثل الأمونيا (NH3) والسيانيدات (Cyanide) والأصبغة (Dyes) وغيرها.
- **الإرجاع الكيميائي (Chemical return)** ذو تطبيق في إرجاع الكروم سداسي التكافؤ (Cr+6) إلى الكروم ثلاثي التكافؤ (Cr+3) الأسهل معالجة،باستخدام ثاني أكسيد الكبريت (SO2)



© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

Thank you
For Listening