

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# الموسوعة العربية للتحلية وإعادة استخدام الماء

تأليف الدكتور محمد أمين منديل  
أستاذ الهندسة الكيميائية

المجلد الأول

وجعلنا من الماء كل شيء حي

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# الموسوعة العربية للتحلية وإعادة استخدام الماء

تأليف الدكتور محمد أمين منديل  
أستاذ الهندسة الكيميائية

المجلد الأول

وجعلنا من الماء كل شيء حي

رقم الإيداع بمكتب حماية حقوق المؤلف ٤٩٢/٢٠٠٠م

رقم الإيداع في إدارة المكتبات العامة ٢٨١٢ د . ع / ٢٠٠٠م

رقم الناشر الدولي ISBN 99901-14-00-5

حقوق الطبع والنشر محفوظة لدى الناشر (جمعية علوم وتقنية المياه)

لا يُسمح بإعادة نشر هذه الموسوعة أو أي جزء منها بأي شكل من الأشكال أو حفظه أو نسخه في أي نظام ميكانيكي أو إلكتروني يمكن من استرجاع النص أو أي جزء منه ولا يسمح باقتباس أي جزء منه أو ترجمته إلى أي لغة دون الحصول على إذن خطي مسبق من الناشر

المنامة - البحرين

١٨ محرم ١٤٢٢ هـ

الموافق ١١ أبريل ٢٠٠١

## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### شكر وتقدير

تود جمعية علوم وتقنية المياه أن تعبر عن جزيل شكرها وامتنانها للمؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة بالمملكة العربية السعودية على دعمها المادي والمعنوي الذي أدى بتوفيق من الله إلى إعداد وطباعة الموسوعة العربية للتحلية وإعادة استخدام الماء والتي نسأل الله أن تكون عوناً للباحثين والعاملين العرب وذلك بتعريف وشرح معاني المصطلحات العربية المستخدمة في علوم وتقنية تحلية المياه المالحة لتعزيز وتطوير القدرات العربية على الإبداع . كما لا يفوت الجمعية شكر كل من : مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة المدينة المنورة ودار التقنية والبنك السعودي الأمريكي وهيئة مياه وكهرباء أبو ظبي وشركة شبه الجزيرة وشركة عزيز وشركة إبراهيم الجفالي وإخوانه وشركة كنداسة لخدمات المياه وشركة اميانتييت العربية السعودية ومؤسسة ابوالجدائل على دعمهم المادي لإخراج الموسوعة العربية للتحلية وإعادة استخدام الماء بهذا الشكل .

وفق الله الجميع لما يحبه ويرضاه !!!

## نبذة عن المؤلف

- \* حصل الأستاذ الدكتور محمد أمين منديل على شهادة الدكتوراه في الهندسة الكيميائية من جامعة بيركلي بكاليفورنيا عام ١٩٥٣، حيث كانت معامل ريتشموند تصنع جزءاً هاماً من تاريخ التحلية وهناك عاصر وعمل مع عدد كبير من صناعات هذا التاريخ.
- \* التحق بجامعة الإسكندرية وتدرج في سلك هيئة التدريس بها حتى حصل على الأستاذية عام ١٩٧٠. وخلال هذه المدة قام بأبحاث في مجال التحلية بالتقطير الوميضي متعدد المراحل، بالإضافة إلى محاولات لتصنيع أغشية التناضح العكسي من مشتقات سيلولوز القطن المصري، وكان عضواً باللجنة العليا لتحلية المياه المالحة التابعة لمؤسسة الطاقة الذرية المصرية.
- \* عمل أستاذاً زائراً بالجامعة الأمريكية بالقاهرة وبجامعة الخرطوم بالسودان ثم عمل أستاذاً بجامعة الملك سعود بالرياض فترة طويلة قام خلالها بإنشاء ورئاسة قسم الهندسة الكيميائية بها، بالإضافة إلى عضوية المجلس العلمي للجامعة ورئاسة تحرير مجلة العلوم الهندسية، وعضوية لجنة اختيار الفائزين بجائزة الملك فيصل العالمية في مجال العلوم.
- \* كان خلال العقدين الأخيرين على صلة دائمة بالمراكز الصناعية والمؤسسات العلمية والبحثية العاملة في مجالات التحلية وتقنيات المياه المختلفة سواء في دول الخليج العربي أو على النطاق العالمي.
- \* إلى جانب العديد من الأبحاث المنشورة والمقدمة في المؤتمرات الخليجية والعالمية فهو عضو بالجمعية العالمية للتحلية IDA وجمعية علوم وتقنية المياه WSTA وجمعية المهندسين الكيميائيين الأمريكية.

بسم الله الرحمن الرحيم  
(الماء في الآيات القرآنية)

لم يرد ذكر مادة في كتاب الله بتعداد ما ذكر الماء (\*)، ولقد كرمه الله فكان عرشه جل شأنه على الماء "وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ فِي سِتَّةِ أَيَّامٍ وَكَانَ عَرْشُهُ عَلَى الْمَاءِ لِيَبْلُوكُمْ أَيُّكُمْ أَحْسَنُ عَمَلًا" (سورة هود/آية ٧)، ثم باركه فجعل منه صور الحياة كلها "وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ" (الانبياء/٣٠)، "وَاللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَابَّةٍ مِنْ مَاءٍ" (النور/٤٥)، "وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ مِنَ الْمَاءِ بَشَرًا فَجَعَلَهُ نَسَبًا وَصِهْرًا وَكَانَ رَبُّكَ قَدِيرًا" (الفرقان/٥٤).

والماء الذي يغطي أغلب سطح الأرض إما أن يكون عذبا أو مالحا "وَهُوَ الَّذِي مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ هَذَا عَذْبٌ فُرَاتٌ وَهَذَا مِلْحٌ أجاجٌ وَجَعَلَ بَيْنَهُمَا بَرْزَخًا وَحِجْرًا مَحْجُورًا" (الفرقان/٥٣)، والشمس تسطع على المسطحات المائية فيتصاعد بخار الماء لتحمله الرياح "وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيَّاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ حَتَّى إِذَا أَقْلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا سُقِّتَهُ لِبَلَدٍ مِيَّتٍ فَأَنْزَلْنَا بِهِ الْمَاءَ" (الأعراف/٧). والماء حين يسقط على الأرض ينزل منه مرا "وَأَنْزَلْنَا مِنَ الْمُعْصِرَاتِ مَاءً ثَجَّاجًا" (النبا/١٤)، "إِنَّا صَبَبْنَا الْمَاءَ صَبًّا" (عبس/٢٥)، ولا يعني ذلك أن الماء ينزل بلا حدود فكل شيء عنده جل وعلا بمقدار "وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ" (المؤمنون/١٨).

والماء قد يصل إلى الأرض بالقدر الذي تسيل به الأودية "أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا" (الرعد/١٧)، وهو إما يجري على سطح الأرض أو يُخْتَزِنُ داخلها "وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّاهُ فِي الْأَرْضِ" (المؤمنون/١٨)، ويظل كذلك حتى يشاء الله له "وَأَنَّ مِنَ الْحِجَارِ لَمَا يَنْفَجِّرُ مِنْهُ الْآثَارُ وَإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَشَقُّقُ فَيَخْرُجُ مِنْهُ الْمَاءُ" (البقرة/٧٤)، وقد يظهر على شكل ينابيع "أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنَابِيعَ فِي الْأَرْضِ" (الزمر/٢١)، أو على هيئة عيون "وَفَجَّرْنَا الْأَرْضَ عُيُونًا فَالْتَقَى الْمَاءُ عَلَى أَمْرٍ قَدِيرٍ" (القمر/١٢).

---

(\* ذكر الماء في ستين آية من آيات القرآن الكريم.

ولقد أنعم الله على عباده بالماء ليكون لهم طهوراً "وَيُنزَّلُ عَلَيْكُمْ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لِيُطَهِّرَكُمْ بِهِ" (الأنفال/١١)، وليشربوا منه "هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ" (النحل/١٠)، وتظل الأرض قاحلة جرداء "فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ وَأَنْبَتَتْ مِنْ كُلِّ زَوْجٍ بَهِيجٌ" (الحج/٥)، والله جل شأنه يوجه الماء إلى حيث يشاء "أَوَلَمْ يَرَوْا أَنَّا نَسُوقُ الْمَاءَ إِلَى الْأَرْضِ الْجُرُزِ فَنُخْرِجُ بِهِ زَرْعاً تَأْكُلُ مِنْهُ أَنْعَامُهُمْ وَأَنْفُسُهُمْ أَفَلَا يُبْصِرُونَ" (السجدة/٢٧)، والماء واحد ولكن الزرع متنوع مختلفة أصنافه "وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِنْ نَبَاتٍ شَتَّى" (طه/٥٣)، "وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مَتَجَاوِرَاتٍ وَجَبَّاتٍ مِنْ آعَابٍ وَزَّرَعٍ وَتَخِيلٌ صِنَوَانٌ وَعَيْرٌ صِنَوَانٌ يُسْقَى بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُقُضَلُ بَعْضُهَا عَلَى بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ إِنْ قِي نَزَلَتْ لآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ" (الرعد/٤).

والله إما أن يبسر السبيل إلى الماء أو يجعله بعيد المنال "قُلْ أَرَأَيْتُمْ إِنْ أَصْبَحَ مَاؤُكُمْ غَوْرًا فَمَنْ يَأْتِيكُمْ بِمَاءٍ مَعِينٍ" (الملك/٣٠)، وقد ينعم به على الإنسان أو يمنع عنه "وَإِنَّا عَلَىٰ ذَهَابٍ بِهِ لِقَادِرُونَ" (المؤمنون/١٨)، وليس لأحد أن يحتكر الماء فلكل الأحياء فيه نصيب "وَتَبَّئْتُمْ أَنْ الْمَاءَ قِسْمَةٌ بَيْنَهُمْ كُلٌّ شَرِبَ مِنْ حُنْحُنُرٍ" (القمر/٢٨).

ويضرب الله المثل للحياة الدنيا بالماء فيقول جل من قائل "إِنَّمَا مَثَلُ الْحَيَاةِ الدُّنْيَا كَمَاءٍ أَنْزَلْنَاهُ مِنَ السَّمَاءِ فَاخْتَلَطَ بِهِ نَبَاتُ الْأَرْضِ مِمَّا يَأْكُلُ النَّاسُ وَالْأَنْعَامُ حَتَّىٰ إِذَا أَخَذَتِ الْأَرْضُ زُخْرُفَهَا وَازْبَيَّتْ وَظَنَّ أَهْلِهَا أَنَّهُمْ قَادِرُونَ عَلَيْهَا أَتَاهَا أَمْرًا لَيْلًا أَوْ نَهَارًا فَجَعَلْنَاهَا حَصِيدًا كَأَن لَّم تَعْنِ بِالْأَمْسِ كَذَلِكَ نُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ" (يونس/٢٤).

## التقديم

أعوذ بالله من الشيطان الرجيم بسم الله الرحمن الرحيم والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين وآل بيته الطيبين الطاهرين وصحابته الأخيار الأبرار والحمد لله رب العالمين والسلام على من اتبع الهدى. أما بعد فكيف يقدم تلميذ لأستاذه فهذا العمل قد سهر عليه الليالي أستاذي الدكتور محمد أمين منديل جعله الله في ميزان أعماله الصالحات إن شاء الله.

تمنيت على أستاذي بأن أطيل بهذا التقديم. إذ لم أجد تقديماً قصيراً يوفى الرجل والعمل حقهما. كما أردت أن أشوق القارئ لهذا العمل، وقد أكون غير مصيب بتسمية من يتناول هذه الموسوعة قارئاً، فقد يكون أستاذاً آخر من جيل مؤلف هذه الموسوعة. وقد يكون باحثاً توغل بأعماق النظريات والعلاقات الرياضية والمعاني والمفردات العلمية. وقد يكون آخر ممن أفنى جُل بل كل عمره بالدراسات والتطبيقات العملية. هذا وقد يكون المتناول لهذه الموسوعة مهندساً أو طالباً جامعياً. وقد يكون وهذا هو قمة الإنجاز أن تصل كلمات وعبارات الأستاذ الدكتور منديل إلى القارئ الذي يريد المعرفة وحسب دون غرض تخصيصي محدد.

ولهؤلاء جميعاً وخاصة القارئ الباحث عن المعرفة تمنيت على أستاذي الإطالة بالتقديم. لذلك فإنني أنصح الباحث العلمي والعملية من ذوى الأغراض التقنية والتطبيقية ومن أراد التعريف أو المعنى المحدد وللغرض السابق أن يتجه إلى غايته عبر واحدة من فهارس ثلاث. فقد أعدت ثلاث فهارس حسب الأبجديتين العربية والأجنبية أو حسب تبويب متخصص على هيئة أبواب أربعة. وهذه الأبواب هي تلك المشتملة على المفردات العلمية والتقنية أو حسب التخصصين الرئيسيين بهذه الموسوعة أي استعذاب الماء (التحلية) وإعادة استخدامه. وليطمئن المطلع على هذا العمل بأنه لم تهمل مفردة بهذا التبويب الأخير ولم نجد ضيراً بتكرار كثير من المفردات من باب إلى باب أو من بابين.

وبعد هذا الإيضاح أردت أن أعرف القارئ بالمؤلف وهو الغنى عن التعريف علماً فمكانته العلمية معروفة لغالب العاملين بهذا المجال. ومع ذلك أقول لقد حصل على درجة الدكتوراه من كبرى الجامعات المتخصصة والمشهورة بالعلوم الهندسية بالولايات المتحدة الأمريكية قبل ما يدنو من نصف قرن من الزمان. إذ حصل على درجته من جامعة كاليفورنيا ببركلي بمنتصف القرن العشرين. ونحن الآن على أعتاب الألفية الثالثة بعد ميلاد سيدنا عيسى بن مريم عليه وعلى نبينا محمد بن عبدالله الصلاة والسلام. وقد تتقل بين عدد من المناصب الجامعية وغيرها بموطنه أرض الكنانة مصر. كما وعمل أستاذاً بالسودان. هذا وقد قضى خمس عشرة سنة بجامعة الملك سعود بالرياض. وقد أسس خلالها قسم الهندسة الكيميائية بالجامعة وتقلد رئاسة القسم وبعدها بسنين طوال تقاعد (اختياراً) وعاد إلى مدينته التي جاء منها وكان قد درس بها ألا وهي الإسكندرية، إذ أصبح حاملاً للقب أستاذ متقاعد بجامعة.



وكان يقول عند تقاعده أن أمنيته أن يطيل الله في عمره حتى يضع موسوعة بمفردات مجال تخصصه تحلية الماء وإعادة استخدامه. فكان للمؤمن من ربه جلت قدرته ما تمنى. هذا وقد سبق لجمعية علوم وتقنية المياه وبمبادرة من الأخ الدكتور عادل أحمد بشناق إصدار كتيب يحوى الحروف الثلاث الأول من هذه الموسوعة عام ١٩٩٢م. وأود هنا أن أذكر الزميل الدكتور درويش القبيسى شاكرا لما جاد به من دعم سخي فاعل. والشكر أيضا للأخ الدكتور عادل بشناق وللأخ العزيز عبدالمجيد بن علي العوضي رئيس مجلس إدارة جمعية علوم وتقنية المياه وأعضاء مجلس الإدارة الكرام. كما وأشكر نجل الأستاذ الدكتور منديل، لما أسهم به من جهد منذ مقدم الابن الدكتور أحمد محمد منديل إلى الخليج كأستاذ مساعد بكلية الطب والعلوم الطبية بجامعة الملك فيصل (بمدينة الخبر). وكان لمقدمه دور بارز بالتنسيق والمتابعة مع المؤلف (الوالد).

هذا وكان مجلس إدارة جمعية علوم وتقنية المياه قد شكل لجنة لمراجعة النص الكامل للموسوعة منى ومن الدكتور درويش القبيسى والدكتور عادل أحمد بشناق وخوّل للجنة أن تستعين بمن ترى لإتمام هذه العملية. ولقد استعانت اللجنة بعدد من الاخوة والأخوات الذين قاموا بجهد مشكور في مراجعة المادة العلمية وإعداد النص للنشر وتصويب الفهارس وهم :

الدكتور نادر محمد البستكى  
المهندسة تمامة حسين عبدالله  
المهندسة فائزة مهدي

الدكتور أحمد خاطر  
المهندس صادق إبراهيم  
المهندسة أمل العرادي  
السيد إبراهيم بن عبدالله المسماري

فلجميع أعضاء اللجنة المراجعة جزيل الشكر والإمتنان ، جزاهم الله جميعاً خير الجزاء.

رئيس لجنة المراجعة  
محمد بن عبدالكريم الصوفي

## مقدمة المؤلف

في المنطقة العربية التي يتصف مناخها بالجفاف وتفتقر إلى المصادر الطبيعية للمياه العذبة انتشرت محطات تحلية المياه المالحة ووحدات معالجة المياه تمدها بما تحتاج إليه من الماء واستقطبت هذه المنطقة كل جديد في هذا المجال فأصبحت تسأثر بأكبر نصيب من الطاقة الإنتاجية على مستوى العالم كله، أما مصادر المعرفة لهذه الصناعة الحيوية فقد ظلت في الغالب إنتاج ما كتب ويكتب عنها باللغات الأجنبية يسهل الرجوع إليها على المتمكنين من هذه اللغات، أما غالبية العاملين في هذا المجال من الناطقين بالعربية فقد ظلوا يفتقدون مصادر بلغتهم إذ لم يكن في أيديهم منها سوى عدد قليل يغطي كل منها جانبا محدودا لا يفي باحتياجاتهم المتشعبة، ومن ثم جاءت فكرة هذا العمل ليخدم قطاعا عريضا من العاملين في مجال التحلية ومعالجة المياه على اختلاف تخصصاتهم ويقدم لهم ما يتوقنون إلى التعرف عليه من مصطلحات في تخصصهم أو التخصصات الأخرى ذات العلاقة، وقد روعي أن يأتي التعريف بهذه المصطلحات مختصرا دون إخلال ووافيا بالأصول العلمية دون إسهاب، مقدما قرين كل مصطلح المراجع التي يمكن الاعتماد عليها للاستزادة من المعرفة به.

وإني إذ أحمد الله العلي القدير الذي منحني القدرة على إتمام هذا العمل لا يسعني إلا أن أعترف بفضل من شجع وساند وأعان. فلقد بدأت الفكرة بتشجيع ودعم من قبل دار التقنية بجدة ومن جمعية علوم وتقنية المياه بالبحرين وتمخض عن ذلك إصدار الجزء الأول عام ١٩٩٢، ثم ظل العمل فترة طويلة يتطلع إلى من يرعى باقي المسيرة حتى ظهر مشروع الموسوعة العالمية للنظم الداعمة للحياة EOLSS عام ١٩٩٥ فإذا بالقائمين على أمره يقررون مشاركة جمعية علوم وتقنية المياه (WSTA) في تقديم الدعم اللازم لاستكمالها، فشكرا لمن رعى البداية وشكرا لمن واصل معه حتى النهاية. وإنني لأخص بالشكر والثناء د. عادل أحمد بشناق (دار التقنية) و الدكتور درويش القبسي (EOLSS) و رئيس وأعضاء مجلس إدارة جمعية علوم وتقنية المياه (WSTA) الحاليين والسابقين، وأما المهندس محمد بن عبدالكريم الصوفي الذي تولى رئاسة لجنة المراجعة ونسق جهود اعضائها فلست بمستطيع أن أوفيه حقه ولا يسعني إلا أن أتضرع إلى الله جل وعلا أن يجزيه كفاء ما بذل وأعطى وجزاء ما أخلص وأوفى. كما لا يفوتني أن أشكر من غير هؤلاء كل من اسهم بجهد أو شارك بعمل أو شجع بكلمة طيبة فجزي الله الجميع عنى خير الجزاء.

وأخيراً وليس آخراً فانني أذكر بالعرفان الخالص والتقدير الكامل والمشاعر الفياضة آل بيتي الكرام،  
الذين تحملوا معي الكثير خلال سنوات إعداد هذا العمل فأمدوني بالزاد المعنوي تشجيعاً دائماً ودعاءً متواصلاً  
وأملأ متجدداً في أن يسدد الله الخطى ويتوج الجهود بتوفيقه ورعايته حتى يجد العمل طريقه إلى يد القارئ  
الكريم.

والحمد لله والشكر له أولاً وأخيراً،

محمد أمين منديل

## الماء عبر الزمن

مقدمة لمحمد بن عبدالكريم الصوفي

أعوذ بالله من الشيطان الرجيم، بسم الله الرحمن الرحيم

"وهو الذي خلق السموات والأرض في ستة أيام وكان عرشه على الماء ليلوكم أيكم أحسن عملاً ولئن قلت إنكم مبعوثون من بعد الموت ليقولن الذين كفروا إن هذا إلا سحر مبين".

عندما ذكرت الماء أول مرة بهذه الآية توقفت عنده أي عند الماء من هذه الآية. إذ لم يكن بوسعي حين ذلك (خلال مؤتمر الخليج الأول للمياه عام ١٩٩٢م) إلا أن أقف ذاكرة "الآية السابعة من سورة هود". ولقد كان ذلك قصور مني فلم أستطع أن أجد وسيلة لربط باقي الآية بما جاء بها عن الخلق والماء إلى أن قابلت أستاذاً فاضلاً تناول في إحدى الأمسيات جماليات التتابع والربط بالقرآن. فبعدها عدت إلى الآية ليتكشف لي جمالية الربط بها. فقد استعرض المولى القدير تاريخ الكون من أوله لآخره بهذه الآية كما وأبرز مكانة الإنسان ضمن هذا الخلق البديع. ولكي يقرب المولى للأذهان ذلك المدى المترامي من المكان والزمان اختتم الآية بقوله جلّت قدرته "ليقولن الذي كفروا إن هذا إلا سحر مبين" يقول ابن كثير (الشافعي) في تفسير هذه الآية : جاء في صحيح مسلم أن رسول الله صلى الله عليه وسلم قال "إن الله قدر مقادير الخلائق قبل أن يخلق السموات والأرض بخمسين ألف سنة وكان عرشه على الماء" ويضيف سنن ابن عباس على أي شيء كان الماء؟ فقال: كان على متن الرياح. كما ويورد ابن كثير قول قتادة في قوله ( وكان عرشه على الماء ) ينبئك كيف كان بدء خلقه قبل أن يخلق السموات والأرض، وقال الربيع ابن أس ( وكان عرشه على الماء ) فلما خلق الله السموات والأرض قسم ذلك الماء قسمين فجعل نصف تحت العرش وهو البحر المسجور. فهكذا يبين القرآن وتفسيره مكانة الماء في هذا النسق البديع من خلق السموات والأرض.

ويقول المولى "وجعلنا من الماء كل شيء حي". لقد ربط المولى الحياة بكافة صورها بالماء في تعبير قرآني موجز واضح. فلو تتبعنا متبع للأحياء بأشكالها وأطوارها لوجدنا ترتبط بالماء. إذ تحوى نواة التمرة الصلبة نسبة من الماء في تكوينها وكذلك حبة القمح وغيرها. كما وتخرج الأحياء من بدء تكوينها من وسط الماء به أساس سواء كان ذلك بماء البحر أو التربة الرطبة وحيث تكون بخلية أحادية النواة قد تكون كالبيضة أو بالانقسام الخلوي بالخلايا البسيطة (التي تعتمد في تزايدها على الانقسام) أو إن كان ذلك بالتزاوج الخلوي للأزهار أو الأجنة بالأرحام داخل المشيمة. وبلي ذلك اعتماد هذه المخلوقات كلها على الماء في استمرار حياتها. فالماء به جزء مكون وفيه يتكاثر وعليه يعتمد. وهكذا جاء القرآن الكريم بالحرف الذي والحمد لله لما وهبنا من لسان به الكثير الكثير من النواحي الجمالية والبلاغية. فحرف جر واحد هو حرف "من"، يعني كما بالآية عن عدد من الأحرف الأخرى مثل "في" و"على" و"الباء". إذ أن حرف الجر الوارد بالآية الكريمة قد استوفى كافة المعاني واشتمل على هذه الدلالات جميعها.

وقد يدرك المتفحص جمال الخلق لا بالنظر إلى ملكوت السماوات كما فعل سيدنا إبراهيم عليه الصلاة والسلام وحسب بل وبتفحص مادة بمتناول الجميع كالماء. فالوزن الجزيئي للماء يضعه بموقع في ترتيب المركبات انصهاراً وجلياناً خارج مدى درجة حرارة سيولته المعروفة. فالرابطة الكيميائية بين الهيدروجين والأكسجين تعطيه صفات تميزه عن المركبات الأخرى. وصفة ثانية للماء هي أن كميته الحرارة اللازمة للتجميد والتبخر كبيرة جداً عند مقارنتها بالمركبات القريبة من الماء بأوزانها الجزيئية. ولهذه الظواهر الخاصة بالماء أسرارها.

فالمدى الحراري لسيولة الماء قد أتاح المجال لوجوده بحالاته الثلاث (أي الجامد والسائل والغاز) بوقت واحد في جو الأرض وعلى سطحه. كي تستمد الكائنات حاجتها من الماء وتحافظ على ترطيب الهواء الملامس لهذه الكائنات وما تأخذ من الهواء لعمليات الاحتراق وتوليد الطاقة داخل الخلايا. فالماء هو المركب الوحيد الموجود على وجه الأرض بحالاته الثلاث .

أما ضخامة كمية الحرارة اللازمة للبخر أو للتجميد فهي تعنى أن كمية صغيرة جداً تتبخر أو تتجمد بفعل الدورة الحرارية لطلوع الشمس ومغيبها. قال أستاذ جامعي هذه نعمة النعم على الأرض فلولاها لعاشت الأرض فيضاً كل مساء وصقيعاً كل فجر.

كذلك فالماء قد يكون وحيداً بين المركبات التي تعكس تأثيرها بانخفاض الحرارة عندما يقترب من درجة التجمد فجميع المركبات تتمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة حتى الماء ولكن الماء عند انخفاض درجة حرارته دون أربع درجات فوق درجة التجمد يبدأ بالارتداد نحو التمدد حتى أنه ليطفوا المتجمد منه فوق السائل عند تجمد جزء منه. فلو تفحصنا المركبات الأخرى لوجدناها جميعاً تتصف بكثافة أعلى لحالاتها المتجمدة عن كثافة سوائها. إذ لا يطفو مسمار من الحديد أو غيره من المعادن على مصهور المعدن ذاته. وكذا الحال لباقي المركبات غير المعدنية إلا الماء. فهذه الظاهرة وبالتظافر مع ظاهرة أخرى هي أن الثلج عازل حراري جيد يؤديان إلى استمرار الحياة بالمحيطات فيطفو الثلج على الماء السائل فبؤدى إلى تكون طبقة جليدية تبدأ بعزل الحرارة عن أعماق الماء بالمحيطات والبحيرات فلا تتجمد وبذلك تستمر الحياة.

ويقول العارفون بأن الماء على الأرض قد كون محيطات عذبة ببدء تاريخ الأرض وهو ما يتفق مع قول الربيع ابن انس عن المصدر الأول للماء. أما الأنهار فهي التي كانت تحمل الملح الذي تحته من على وجه اليابسة إلى البحر حتى ذاب الملح بالقدر القابل لذوبانه أو بقدر وجوده على السطح وبالشقوق الأرضية. وليتم الوصول إلى وضع جديد من التوازن بذوبان الملح بالبحار والمحيطات وتجرى الأنهار بعد ذلك بماء عذب حتى يتهيأ الأمر للحياة بالمحيطات وعلى الأرض بشكل يناسب كل منهما.

## استصلاح الماء

إن فنون استصلاح الماء هي من الجوانب اليافعة بالمعارف والتقنيات الحضارية للإنسان على الأرض. فبعد الآلاف الخمس أو ما يزيد عنها بكثير للاستعذاب على الأرض (كما سيرد ذكره فيما سيلي)، ظهرت هذه الصناعة اليافعة ألا وهي الاستصلاح والذي جاء تبعاً لتزايد استخدام الماء والطلب عليه وتدهور قدرات موارده الطبيعية. إذ لم نقف على ما يدل أو يشير إلى ارتياد الأولين لهذا العلم أو هذه الصناعة. التي قد بدأت في المجتمعات الصناعية الحديثة.

ويمكن تقسيم علوم وصناعات استصلاح الماء بغرض إعادة استخدامه إما حسب درجة الاستصلاح أو الأغراض التي يمكن إعادة استخدامه بها وإما حسب مصادر الماء المراد استصلاحه وتدويره للاستخدام مرة تلو الأخرى. فهناك ثلاثة مصادر للماء المبتذل أي الماء الذي هو بحاجة للاستصلاح فهي إما بعد استخدامه الأول بالزراعة أو بالصناعة أو بالاستخدامات الحضرية وخاصة ماء الصرف الصحي للمدن الكبرى ، ولكون الكميات التي تمر عبر هذه الشبكات تعد كبيرة جداً فهناك جدوى من إقامة صناعة متكاملة للاستصلاح وإعادة الاستخدام. وتعتبر المجتمعات الصناعية ذات الكثافات السكانية العالية هي الرائدة بهذه الصناعة. وخير مثال على ذلك ما تم إنجازه باليابان وذلك بإلزام المجتمعات السكنية العملاقة ببناء شبكتين داخليتين. الأولى تمد السكان بالماء الذي يتصل بحياتهم مباشرة مثل الشرب والطهي وذات الصلة القريبة مثل الاغتسال (وهو محدود بتلك المجتمعات عما عليه الحال بالمجتمعات الإسلامية وذلك لمتطلبات الطهارة والتطهر) أو لغسيل الآنية التي يتم بها تناول الطعام وطهيه. أما الشبكة الثانية فهي للإغراض الأخرى ويجري خلالها الماء المستصلح.

وهناك أسلوب آخر للاستفادة من ماء الصرف المستصلح وهو بإعادة ضخه بالتكوينات الحاوية للماء شريطة عدم الإخلال النوعي بمخزون تلك التكوينات ويتحقق ذلك بدراسة الطبقات التي يمكن أن يمر من خلالها الماء إلى التكوينات الحاضنة بحيث تتم عملية ترشيح وتنقية نهائية عبر مسامات الطبقات التي يمر عبرها الماء. ومن المناطق الرائدة بهذا المجال جنوب ولاية كاليفورنيا وخاصة مقاطعة البرنتال (أورنج كاونتي). وبدولة البحرين توجهات تستحق الذكر والإشادة في مجال دراسات إعادة الحقن. كما ولدول المنطقة تجاربها بإعادة استخدام ماء الصرف الصحي بصفة عامة. وقد يتم تكامل بين هذا القطاع وقطاعي الصناعة والزراعة كما سيرد ذكره فيما سيلي.

فالصناعة قد وصلت لمرحلة متقدمة جداً بتدوير الماء حتى أصبحت تعيد استخدام ماء صرفها بالكامل تقريباً. إضافة إلى اعتمادها على ماء الصرف الصحي (المتجه إلى الصناعة من المدن) كمصدر أساس للماء بالصناعة. وبالمملكة العربية السعودية تجربة يستشهد بها بهذا المجال إذ تقوم مصفاة الرياض باستصلاح ماء الصرف الصحي وكذلك تدوير الماء الصناعي لتغطية كامل احتياجات المصفاة من الماء. وهناك تجارب ناجحة لاستخدام ماء الصرف الصحي المعالج لإغراض الري. ومن أهمها ري المسطحات الخضراء بالمدن وبعض المنتجات

الزراعية وبالأخص تلك التي لا يمكن تناولها دون طهي والأشجار الثمرية التي تقطف ثمارها من عل. أي أن الثمرة لا تلامس الماء بتاتاً. ولدول المنطقة بهذا المجال تجاربها.

والجانب الآخر بالزراعة هو استصلاح فائض ماء الري. فهناك مشروع عملاق لإعادة ماء الصرف الزراعي إلى مجرى نهر كلورادو قبل دخوله إلى المكسيك من الولايات المتحدة. إذ تأمل السلطات هناك بأن تفي بالتزام قديم بين الدولتين لتقاسم ماء هذا النهر. إذ يتم إعادة الماء إليه بعد عبوره للأخدود الهائل (جراند كانيون). ويعتبر هذا المشروع عملاقاً بالفعل من حيث كميات الماء التي يمكن معالجتها وإعادتها إلى النهر. وكذلك لمدى المعالجة المتوفرة بالمشروع. إذ يعتمد المشروع على عمليات استعذاب بالتناضح العكسي للماء الذي يتم جمعه بعد الري وقبل إعادته إلى نهر كلورادو.

## الاستعذاب (التحلية)

الاستعذاب هو اللفظ الأكثر دقة كما ويجوز قول إعدام. أما لفظ التحلية فهو الآخر جائز ولكن شريطة أن يفهم على أنه التحسين. كما في قوله تعالى "وحلو أساور" و "حلية تلبسونها" وليس بمعنى إضافة عصير السكر أو عسل النحل أو النخل "الدبس". وحرى بنا استخدام لفظ استعذاب فهو لفظ الحديث إذ ورد ببعض الأحاديث التي جاءت بصحيح البخاري. فاختلاف الاستخدام ليس بذی اعتبار قياساً للفارق بين السيارة باستخدام اللفظ هذه الأيام عن السيارة التي وجدت يوسف عليه السلام.

ومن الصعوبة بمكان الإتيان بإجابة محددة للرد على متى بدأت صناعة استعذاب الماء على وجه الأرض، ومع ذلك فقد كانت سومر من المحطات الأولى عبر الأحقاب الزمنية. إذ أن أهم معلمين باقيين للاستعذاب يعودان إلى حوالي ثلاثة آلاف سنة قبل الميلاد. فالسماور الذي استمد اسمه من سومر كان إبيريقاً لتحضير الشاي يخدم غرضين. حيث كان جزؤه السفلي وعاء للاستعذاب حتى يتوفر للجزء العلوي الماء المستعذب لتحضير الشاي. ومعلم آخر (بالمشرق العربي وتحديداً بلاد الرافدين أيضاً) هو بقايا خزانات أرضية لها جدار دائري داخلي لا يصل إلى السقف والخزان مسقوف بالكامل بشكل مقبب بحيث يصل حتى الجدار الخارجي ليتمكن الماء الذي تخر من الغرفة المركزية أن يتكثف تحت السقف وينتقل من الغرفة المركزية (الداخلية) إلى ما وراء الجدار الداخلي تبعاً لميل السقف إلى الغرفة المحيطة (الخارجية). ويمكن للبخر أن يحدث نهاراً بالتأثير المباشر لأشعة الشمس رغم وجود السقف وليلاً بفعل انخفاض حرارة طبقة الهواء القريبة من السقف.

وبعد ذلك تظهر صورة لثلاثة رجال بملابسهم الفرعونية وهم على ظهر مركب بحري يتولى الأول رفع الماء من البحر والثاني يقوم على غلي ماء البحر وأما الثالث فإنه يعتصر بجمه قطعة من الإسفنج كالتى تظهر بجم الوعاء الغالي. ويلي ذلك ذكر أرسطو لإمكانية الحصول على ماء عذب بغلي الماء المالح لاستخلاص جزء منه يتبخر ويتكثف وهو لا يحتوي على الأملاح.

أما بالقرون الأولى بعد سيدنا المسيح عليه وعلى نبينا الصلاة والسلام فقد جاء هيريو الإسكندري بجهاز يكاد يكون بدء الاستغلال المزدوج للتبخير والتحرك. أي أنه وضع النواة الأولى للإنتاج المزدوج للكهرباء والماء المستعذب. كما ورد بتلك القرون ذكر لكرة شمعية مجوفة تدلى بماء البحر ليمتلئ تجويفها بالماء العذب. ويأتي بنا المسار إلى الألف الأخير بين هذه الآلاف الخمس فجل المعارف التقنية التي نعرفها اليوم بصناعة استعذاب الماء قد أتت خلال هذا الألف الأخير وأولها صورة لجهاز عبقي التصميم الهندسي للتقطير وكتب تحته الشرح بلغتنا الكريمة "لغة الضاد". (أبدع الأوائل تسمية البخار والتكثيف بأنها عملية تقطير إذ أن بعض التسميات الأخرى كالتبخير لا تمثل العملية بالكامل.) هذا ولقد استخدم الزجاج الدمشقي للاستعذاب بالطاقة الشمسية لتكثيف الأشعة. وما تلي ذلك من وصف لإبريق للاستعذاب أبسط كثيراً من السماور جاء على لسان المهندس والنحات والرسام والشاعر الإيطالي ابن روما "ليوناردو دافنشي".

لم يكن للاستعمار من حسنة إلا أن أطماعه قد جاءت لتسخر الإبداع العلمي والتقني لمطامعه. فكانت محطات التقطير التي جيء بها أولاً إلى البحر الأحمر بمناطق النفوذ بسواكن ثم عدن ثم أبو قير وغيرها. وبأمر من مؤسس المملكة العربية السعودية جيء بجهازين للتقطير إلى جدة قبل حوالي ستين سنة. وجاءت أجهزتها إلى الخليج مع صناعة النفط وكان أولها بعوالي بدولة البحرين ثم المحرق وبعدها بمرفق النفط وحتى إحدى مدن المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية وتزامن ذلك مع ما كان بالأحمدي بدولة الكويت. عجيب أمر التسميات فلكون الماء قد استعذب لأغراض الاستخدام البشري على شواطئ البحر الأحمر فقد جاءت التسمية صوتية لكلمة المكثف حسب النطق الإنجليزي فسميت هناك كنداسا أو كنداسة الماء. ولارتباطها بالنفط والصناعة فقد عرفنا الماء "البيلر" أي ماء تغذية الغلاية "بويلر" والذي تحول بعد ذلك إلى "البيدر أو البيذر" بحواضر الخليج والتي كان أولها مصنع البيلر بالمحرق بدولة البحرين وثانيها مصنع هاشم للماء بالخبر.

ولقد بدأت صناعة الاستعذاب بدخول مراحلها التطويرية بالقرن التاسع عشر في أوروبا وانتقلت منها إلى النصف الغربي للكورة الأرضية. ولاقت هذه التقنيات رواجاً لاستخدامها بالسفن البخارية كما تطورت مع تزايد صناعة السكر بجزر المحيط الأطلسي إضافة إلى إمدادها المرافق الآهله بالمناطق الجافة وخاصة مع تطور صناعة النفط. ومن أهم معالم تطورها ظهور التقطير المتعدد التأثيري ثم المقطرات الومضية ذات المراحل المتعددة خلال العقود الوسطى لهذا القرن. وتلى ذلك ظهور طرق الاستعذاب باستخدام الأغشية وكان أهمها الفصل (الفرز) الغشائي الكهربائي (الديلزة) والذي كان أهم استخداماته للأغراض الصناعية. وتلى ذلك ظهور أغشية التناضح العكسي لإستعذاب الماء المحدود الملوحة أي الماء الجوفي. وبعده ذلك تنامت هذه الصناعة لتدخل مجال استعذاب ماء البحر مما حدى بالبعض بتوقع قدرة هذا النظام على مزاحمة التقطير الومضي ذي المراحل المتعددة والمقطرات ذات المؤثرات المتعددة أيضاً إضافة إلى ذلك فقد وجدت طريقتي إعادة الضغط الحرارية والحركية في التناضح العكسي منافساً لها.

إن استعراض العقود الخمس الأخيرة من هذه الأحقاب لتشير إلى حجم الإنجازات العلمية والتقنية وتطبيقاتها العملية. فاستعذاب الماء قد بدأ بالمقطرات ذات المؤثرات المتتالية بالظهور خلال العقد السادس. وكان للمنطقة العربية والخليج خاصة والكويت (١٩٥٣) بالتحديد، ومن بعد الله الفضل بظهور المقطرات الومضية



ذات المراحل المتعددة. وخلال العقد السابع بدأ انتشار نظامي الفصل (الفرز) الغشائي الكهربائي (الديليزة) وتبادل شوارد الماء ذي الملوحة المتوسطة والمنخفضة وللأغراض الصناعية بصفة عامة. تلى ذلك خلال العقد الثامن ظهور التناضح العكسي لاستعذاب الماء المتوسط الملوحة. وكذلك ظهور طرق المعالجة لمنع الترسبات الملحية بنظم التقطير باستخدام المركبات الكيميائية المتسلسلة (Organic Polymers). وجاء بعد ذلك خلال العقد الماضي (أي التاسع) التوسع باستخدام التناضح العكسي ليتم به استعذاب ماء البحر ذي الملوحة الأعلى. أما العقد الأخير من الألفية الثانية فقد استشراف المعد خلال العقد السابق وعلى أعتاب هذا العقد من الزمن ظهور نظم مبتكرة لدمج طرق التقطير الحراري (بالمقطرات) وكذلك دمجها مع طرق النضح الغشائي وخاصة التناضح العكسي.

فالمأمول بإذن الله تعالى أن يتهياً للباحثين الخروج على النسق التقليدي مع الانتقال إلى القرن الحادي والعشرين. ويعنى ذلك الخروج على النمط الطبيعي لاستعذاب الماء وهو الأمر الشائع حتى الآن. فمتى ما أستثنى الفرز الغشائي الكهربائي (الديليزة) وتبادل الشوارد المذابة (Ion Exchange) فإن كافة الوسائط والطرق المستخدمة حتى نهاية القرن قد إعتمدت على الظواهر الطبيعية بصفة بحتة. لذا فللمستشرف أن يرى تنامي دور لتضافر الظواهر الطبيعية والكيميائية خلال العقد الأول من القرن الحادي والعشرين. وليأتي بعد ذلك بالعقد الثاني الاعتماد على الخواص الكيميائية التفاعلية. وبعدها وبالعقد الثالث فقد يتاح للهندسة الوراثية سبر غور الكائنات الدقيقة والنباتية. وذلك على غرار الصدفيات في استخلاص الأملاح لأصدافها وبعض النباتات التي تروى من الوسط المالح. أو كما هو الحال بالكائنات الدقيقة (البكتريا) التي تأكسد وتخترل الكبريت. أي أن تقوم كائنات دقيقة بأكسدة واختزال أملاح الماء.

أما العقد الرابع فقد يكون الانتقال تقنياً خارج محيط الاستعذاب (فالنقل) تنحية جزء كبير مما توصلت إليه معارف هذه الصناعة والتوجه نحو إنتاج الماء من مكوناته الأساس ألا وهما الأكسجين والهيدروجين. (وبلفظ آخر أكسدة الهيدروجين أو اختزال الأكسجين). وعليه فقد يثار تساؤل عن الوجهة التي ستقاد إليها هذه الصناعة بالعقد الخامس. وهنا قد يأتي دور الخيال العلمي المتمثل بشكل تكرر كثيراً بإعلان إحدى شركات صناعة أغشية التناضح العكسي. فقد يكون بالإمكان الإتيان بقصبة مص (مصاص) تناضحية يغمسها الإنسان بالماء المالح ليشفط من خلاله الماء دون أن يصل إلى فيه (أي إلى فمه) أملاح الماء.

## الحاضر والمستقبل القريب

ولقد اتسم العقد الأخير من الألفية الثانية ( كما أشير إليه سلفاً ) بالتوجه نحو استخدامات الأغشية الضغطية ذات مسامات الأكثر اتساعاً والتي أدت إلى إمكانية ترشيح وتنقية الماء الجوفي أساساً وبفعل ضغوط نقل كثيراً عن الضغوط اللازمة لأغشية التناضح العكسي التقليدية. ومنها استخدام أغشية ذات خواص كهربية وذات مسامات أكثر اتساعاً. وهي تعمل بفعل مزدوج إذ تقوم بعملية إزالة شوارد الأملاح المذابة بطريقة إنتقائية حيث يتم إزالة العسر أكثر من إزالة الملحوظة بصفة عامة. وبعد هذا وذلك فهناك توجهات ظهرت بعدد من الدراسات التي نشرت بالسنوات الأخيرة بالمحافل العالمية نحو استخدام نمط آخر من الفصل الغشائي، فلقد أجريت الأبحاث على أغشية يمكن تسميتها بالأغشية الجافة إذ أنها تتميز برفضها للترطيب أي أن جزيئات الماء السائلة لا يمكن أن تلتصق بها. لذلك فتسخين الماء المراد استغذابه لعدة درجات (حرارية) يؤدي إلى تكون طبقة من بخار الماء على سطح هذه الأغشية ولما كانت هذه الأغشية تتمتع بخاصية النفاذية المسامية فإنها تمرر جزيئات بخار الماء دون أن تسمح بمرور جزيئات الماء السائلة التي تحتوي على مجمل الأملاح الذائبة في حين أن البخار المتكون والنافذ عبر الأغشية لا يحتوي على شيء من جزيئات الأملاح المذابة. وهناك جانبان آخران قد وردا ببعض الدراسات والأوراق العلمية وهما لتطبيق خاصية التميؤ بتكوين بلورات مائية يمكن فصلها عن المحلول الملحي. ثم إزالة تميؤها للحصول على ماء نقي نسبياً. وعلى جانب آخر فللمملكة العربية السعودية دور رائد في إدخال الأغشية ذات النفاذية الانتقائية كمرحلة أولية لفصل الشوارد الأكبر حجماً والأقوى شحناً كهربياً كشوارد الكبريتات والكربونات والكالسيوم والمغنيسيوم. إذ بوسع هذه الأغشية الانتقائية (وبفعل ما سبق ذكره من اتساع مسامها وكون الأغشية مشحونة كهربياً) فصل الشوارد الأكبر والأقوى شحناً كهربياً. ويمكن أن يعد هذا الدور توجهاً هاماً وقد يتصف بالعالمية إذ قد سجل براءة اختراع لهذا الأسلوب من المعالجة على المستوى العالمي.

وعوداً إلى الطرق التقليدية فهناك توجهات عالمية نحو المقطرات الومضية (ذات المراحل المتعددة) لتقطير ماء البحر لإنتاج ما يربو على عشرة ملايين جالون ماء باليوم. وذلك للوصول بالمقطرة الواحدة حتى سعة ٥٠-١٠٠ مليون جالون ماء معذب (من البحر) يومياً. ولبلوغ هذه السعات العالية فهناك توجهات عالمية نحو تحسين اختيار سبائك تصنيع هذه المقطرات وإيجاد نظم آلية للتحكم يمكن بها السيطرة على مسارات السوائل ذات الدفق العالي. وكذلك للتخفيف من مؤثرات الاضطرابات التشغيلية. ففقدان إنتاج وحدة تقطير ذات سعة ٢٥ مليون جالون ماء يومياً سيكون ما بين ٢ و ٥ مرات أكبر من أثر فقدان إنتاج وحدة واحدة من الوحدات العاملة حالياً بحدودها الإنتاجية التي تتراوح بين ٥ مليون جالون لغالب الوحدات العاملة من هذه المقطرات والوحدات ذات السعات الأكبر التي تصل إلى ١٢,٥ مليون جالون.

كما وقد كانت هناك محاولات عالمية كان أهمها اهتمام إحدى الشركات الأوروبية بتجاوز الحاجز القائم للحد الحراري الأعلى للمقطرات الومضية ذات المراحل المتعددة وهو ١٢١ درجة مئوية. فهذا الحاجز الذي قد فرض على المقطرات بسبب تزايد ترسبات أملاح كبريتات الكالسيوم والتي يزداد ترسبها مع إرتفاع درجة

الحرارة. فلقد قامت شركة إيطالية بتركيب عدد من الوحدات الصغيرة وخاصة بمرافق تكرير النفط بإيطاليا وإحدى دول البحر الأحمر. كذلك قامت هذه الشركة وبالتعاون مع وزارة الكهرباء والماء بدولة الكويت بتركيب مقطرة ومضية بسعة إنتاجية تصل إلى مليون جالون ماء يومياً لإجراء الدراسات البحثية. ولقد اعتمدت هذه الشركة في ابتكارها على استخدام الراتنجات لخفض الكبريتات المذابة بماء البحر والتي يبلغ تركيزها حوالي ٣٠٠٠ جزء بالمليون إلى حوالي ١٤٠٠ جزء بالمليون أي بنسبة تتجاوز ٥٠%. وحسب ما تم نشره عن هذا الأسلوب فإن الشركة قد تمكنت من تشغيل هذه المقطرات المطورة لتصل إلى ما بين ١٣٥ إلى ١٥٠ م كحد حراري أعلى.

ومن أهم سمات رفع الحد الحراري الأعلى، زيادة قدرة المقطرات على الاستخدام المتكرر للطاقة الحرارية اللازمة للتبخير ومضاعفتها. ورغم أن الإسهامات المحلية والإقليمية ما زالت محدودة، إلا أنه جدير بالذكر أن الفترة ما بين ٩٦ و ١٩٩٩ شهدت إسهاماً محلياً هاماً يشر بمواكبة التوجهات العالمية في هذا المجال، فلقد كان للتجارب الناجحة لاستخدام الأغشية الانتقائية، الحافز الأكبر على تصميم وحدة تجريبية للتقطير الومضي ذات المراحل المتعددة لرفع الحد الحراري الأعلى الذي من المؤمل أن يصل إلى حوالي ١٦٠ م وذلك بإزالة الحاجز التقليدي المفروض على المقطرات الومضية بسبب ترسب أملاح كبريتات الكالسيوم وهو ١٢١ م.

وإلى جانب ذلك فهناك اهتمام عالمي بالتناضح العكسي ولهذا الاهتمام أوجه عدة أهمها تطوير أغشية تعمل عند ضغوط أقل من تلك التي تعمل عندها الأغشية حالياً، بالإضافة إلى ذلك استخدام أغشية ذات مسامات أكثر اتساعاً مما قد يعمل على التخفيف من ترسب التراكبات الصلبة والحيوية على أسطح هذه الأغشية. ومحاولة بناء أوعية قادرة على استيعاب مساحات مترابطة من أسطح هذه الأغشية التناضحية، فهناك تصميم محلي في سبيله إلى التسجيل لوعاء يحتوي على خرطيش عديدة تتراوح بين ٤٨ و ٩٦ خرطوشاً (Element) مقارنة بالأوعية الحالية التي تحوي ما بين ١ و ٦ خرطيش فقط.

إضافة إلى ما سبق فإن هناك توجهاً نحو دمج سبل الإنتاج المختلفة سواء دمج طرق التقطير فيما بينها أو دمجها مع واحدة من الطرق الغشائية أو أكثر. وتجدر الإشارة بأن التوجه المحلي يواكب المسيرة العالمية بهذا النمط أيضاً. فإن العمل المشار إليه سلفاً لإجراء تجارب تطبيقية للاستفادة من الأغشية الانتقائية لمعالجة ماء البحر المراد إما للتناضح العكسي وإما للتقطير الومضي أو لكليهما بنمط تتابعي بحيث يتم الإبقاء على جزء من المعالجة الأولية لماء البحر حسب النظام التقليدي للتناضح العكسي ويلى ذلك إدخال الأغشية الانتقائية قبل التناضح العكسي. كما يجري العمل حالياً على الاستفادة من الرجيع الملحي للتناضح العكسي ليكون الماء المستخدم لتغذية مقطرة ومضية تجريبية.

وحفاظاً على الاهتمام بمراجعة طرق وأنماط استعذاب الماء يلزم إيضاح جانب هام هو أنه بات يتردد وعلى المستوى العالمي عبارات تهدف للترويج والتسويق فحسب. منها مايرد تحت مسمى التحلية بالطريقة النووية أو الشمسية أو فوارق مناسب السوائل أو طاقة الرياح وما إليها من طرق. ويجب التأكيد على أن غالب

ما يرد ضمن التسميات السابقة لا تمت إلى التحلية بصلة مباشرة فغالباً ما يقصد بها تحديد مصادر الطاقة وليس طرق التحلية ذاتها. ومع ذلك فهناك جانبان من هذه الجوانب قد يستحقان العناية وهذان الجانبان هما التحلية بالطاقة الشمسية مباشرة بأحواض التبخير وتكثيف البخار بفعل الفارق الحراري بين داخل الوعاء الشمسي وخارجه حسب ظاهرة الاحتباس الحراري (Green House Effect) وكذلك أحواض التسخين (Solar Ponds). وذلك نظراً لإمكانية رفع درجة حرارة الأحواض عند ارتفاع تركيز الأملاح بها.

ومما تجدر الإشارة إليه عن التوجهات العالمية ومتطلبات المنطقة بصفة خاصة هو الحاجة لتضافر الجهود والعمل المشترك من خلال الجامعات فالمأمول أن يبدأ الاهتمام بوضع برامج دراسية لعلوم التحلية ومجالات الماء الأخرى وأبحاثها. كما ويجب أن تتضافر بهذين الجانبين جهود الجامعات مع مراكز البحث المتخصصة وكذلك إدخال الجهات الإنتاجية ضمن منظومة هذه الجهود المشتركة. وتجدر الإشارة هنا بأن التوجه العالمي بهذه المجالات كان قوياً خلال العقود الوسطى للقرن العشرين ثم ضعف مع مرور الوقت. ويعود هذا التراجع العالمي إلى عدد من الأسباب يلزم بيانها وهي :

١. سياسات حكومية لبعض الدول الكبرى كالولايات المتحدة حيث قلص أحد رؤسائها قبل عقدين تقريباً دور مكتب دراسات المياه المالحة (OSW) إلى أن أغلق المكتب وضمت متبقيات نشاطه إلى المكتب الاتحادي لاستصلاح الأراضي بغرب الولايات المتحدة. ويجدر بالذكر هنا أن هذه الجهة هي القائمة حالياً على استصلاح وإعادة ماء الصرف الزراعي إلى مجرى نهر كلورادو الذي سبق ذكره ضمن استعراض استصلاح ماء الصرف.

٢. استغناء الدول الصناعية عن السير بهذا المجال وخاصة تحلية ماء البحر وتطوير تقنياته فالتقنيات القائمة تخدم الأغراض المرادة لصناعة تلك الدول.

٣. وصول كبرى طرق التحلية إلى مرحلة التشبع التقني إذ في رأي العديد من العاملين والباحثين، أنه لم يعد هناك ما يمكن تطويره تطويراً يستحق الإنفاق بالمقطرات الوضوية ذات المراحل المتعددة. (وهو أمر غير صحيح كما أسلفنا).

٤. إحجام الدول المستخدمة لهذه التقنيات عن القبول بالأفكار والتصاميم المبتكرة، إذ أن واحدة من أهم شروط عقود إنشاء المحطات دائماً ما تكون شرط سرد الخبرات وسنوات عمل النظام الإنتاجي وبساعات إنتاجية مماثلة للمرادة بهذه العقود ومن الممكن اعتبار غياب هذا الشرط سبباً يحمل على عدم قبول العرض.

٥ تراجع الاقتصاد العالمي والمحلي وما ترتب عليه من (عصر) للعروض للإتيان بأقل قيمة كلية للعقد الأدنى سعرا دائما، مما ينعكس على قدرة المنفذين والصناعات التي تقف من ورائهم بتخصيص أي جزء من أرباحها للدراسات والأبحاث وتطوير كوادر هندسية للمستقبل.

ومما يدعو للأسف أن المراكز المتخصصة والنشطة في أبحاث تحلية المياه عددها لا يتجاوز أصابع اليد الواحدة، فأهم هذه المراكز مركز الأبحاث والتطوير بالجبيل ومعهد الكويت للبحث العلمي ومركز الترويج لإعادة استخدام الماء باليابان ومعهد البحوث بجامعة الملك فهد للبترول والمعادن بالظهران ومركز البحرين للدراسات والبحوث.

وعلى الجانب الآخر فهناك بالعالم جامعتان فقط (حسب ما هو معروف) تدرسان التحلية للحصول على درجة علمية في تحلية المياه. أولاهما بالولايات المتحدة، أما الجامعة الأخرى فهي جامعة جلاسجو والتي تدرس التحلية للحصول على دبلوم دراسات عليا أو ماجستير أو دكتوراه في علوم وهندسة التحلية. إضافة إلى مقررات عن التحلية ببعض الكليات كما هو الحال بالجامعات السعودية وأهمها جامعة الملك عبدالعزيز بجدة.

لذا فمن الضرورة بمكان أن تعنى الخطط والبرامج المستقبلية بتحفيز الأنشطة البحثية بمجالات التحلية وزيادة عدد البرامج الدراسية الموجهة لهذا المجال الحيوي الذي تزداد مع الأيام أهميته والله ولى التوفيق.

الخبر في ٢٧ رمضان ١٤٢١ هـ

٢٣ ديسمبر ٢٠٠٠م

# المجلد الأول



A1

Absorption<sup>(1,2,3)</sup>

الامتصاص

الامتصاص هو استيعاب جزيئات مادة ما موجودة في الحالة الغازية ضمن التكوين الفيزيائي لسائل معين دون حدوث تفاعل كيميائي بين الغاز والسائل. وعند انتقال جزيئات الغاز من الطور الغازي لتحتفي داخل السائل أي تذوب فيه فإنه يقال أن السائل قد امتص الغاز. علما بأن مقدار الغاز الذي تستطيع كمية معينة من السائل أن تستوعبه يعتمد على نوعية الغاز وعلى نوعية السائل وعلى درجة الحرارة والضغط الكلي للطور الغازي وعلى الضغط الجزئي Partial pressure للغاز نفسه.

A2

Acid cleaning<sup>(4)</sup>

التنظيف بالأحماض

يستعمل في تنظيف السطوح المعدنية من الرواسب والقشور التي تعلق بها محاليل الأحماض كحامض الهيدروكلوريك HCl وحمض السلفاميك  $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$  وحمض الكبريتيك  $\text{H}_2\text{SO}_4$  وحمض الفوسفوريك  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ومحاليل الأملاح الحمضية كبيكربونات الصوديوم  $\text{NaHSO}_4$  وثنائي فلوريد الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{F}$ . وبالرغم من أن حامض الهيدروكلوريك أكثر هذه المواد شيوعا إلا أن حامض السلفاميك له مزايا أهمها أنه مادة صلبة يسهل التعامل معها بأمان كما أنه يعمل بنفس سرعة حامض الفوسفوريك وبيكربونات الصوديوم. وتستطيع المحاليل الحمضية أن تذيب كربونات الكالسيوم والجبس وفوسفات الكالسيوم بالإضافة إلى كبريتيد الحديد وأكاسيد المعادن في حين أن فعاليتها محدودة بالنسبة لإزالة قشور السيليكات وكبريتات الكالسيوم اللامائية (الإنهيدريت) (A30) Anhydrite. كما أن أثرها قليل على الاتساخ البيولوجي (B12) Biological fouling وما شابهها من الرواسب العضوية.

A3

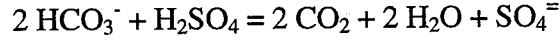
Acid treatment<sup>(6,6)</sup>

المعالجة بالأحماض

تعتبر المعالجة بالأحماض من أكثر طرق المعالجة انتشارا في مجال تحلية المياه المالحة، للتحكم في تكون القشور القلوية التي تنتج عن ترسب الأملاح التي يتعدى تركيزها حاصل الذوبانية (S43) Solubility product وبالرغم من أن أحماضا كثيرة من الممكن استخدامها لهذا الغرض إلا أنه لأسباب اقتصادية فإن أكثر هذه الأحماض ملاءمة هو حامض الكبريتيك. ومن الممكن أن تتم هذه المعالجة إما بالخلط المسبق للحامض مع مياه التغذية أو بالحقن المستمر للكمية المطلوبة منه في تيار التغذية للمياه



المالحة. ومن الآثار الهامة لتحميض المياه المالحة هو تكسر محتواها من البيكربونات وتكوّن ثاني أكسيد الكربون طبقاً للمعادلة:



والمياه المركبة الناتجة عن هذه العملية تكون حمضية ولذلك فهي تعمل على تآكل الجدران الحديدية للأجهزة التي تلامسها إذا لم يتم التخلص من ثاني أكسيد الكربون الذائب فيها وذلك بإمرار الماء المشبع بثاني أكسيد الكربون ليلاصق تياراً عكسياً من الهواء أو بخار الماء فيما يسمى بنزاع الهواء (D2) Deaerator أو نازع ثاني أكسيد الكربون (D3) Decarbonator. ويترتب على المعالجة بالأحماض التخلص من أيونات الكربونات والبيكربونات التي كان يمكن باتحادها مع مكونات عسر الماء (H1) Hardness, Water أن تنتج كربونات كالسيوم وهيدروكسيد ماغنسيوم. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه من الواجب أن يكون الخلط بين الماء والحامض خلطاً جيداً حتى يتم التفاعل بين أيونات الكربونات والبيكربونات وأيونات الهيدروجين قبل إدخال الماء إلى نازع ثاني أكسيد الكربون. وفي العادة يحتاج ذلك إلى زمن استبقاء (R13) Residence time في حدود خمس ثواني بين نقطة الحقن ونقطة تصاعد الغاز لكي يتم التفاعل المطلوب.

وتقدر كمية الحامض اللازمة لإزالة كل البيكربونات الموجودة في عينة عيارية من ماء البحر تحتوي على قلوية كلية (A25) Total alkalinity تعادل ١٢٠ جزء في المليون كربونات كالسيوم بحوالي ١٨٨ جزء في المليون من حامض الكبريتيك (١٠٠%) أو رطل (٤٥٣,٦ جم) حامض كبريتيك ٩٨% (٦٦ بومييه (B6) Baume) لكل ١٠٠٠ جالون ماء بحر (أي ١٢٠ جم لكل متر مكعب) ويتم ضبط الرقم الهيدروجيني (P7) pH value لماء البحر بحيث تكون المياه قلوية بعد مرورها في نازع ثاني أكسيد الكربون ويتراوح رقمها الهيدروجيني من ٧,٥ إلى ٧,٨.

A4

Acidity<sup>(7,8)</sup>

الحمضية

هي المقياس الكمي لقدرة أي محلول مائي على التفاعل مع أيونات الهيدروكسيل ويسمى المحلول حمضياً إذا كان رقمه الهيدروجيني (P7) pH value أقل من ٧.

A5

Activated carbon<sup>(1,6,9)</sup>

الكربون المنشط

الكربون المنشط هو نوع من أنواع الفحم الذي اكتسب خاصية الامتزاز (اللزوب) Adsorption (A12) الشوائب المختلفة وذلك بمعالجة المواد الكربونية مثل فحم الخشب أو كوك البترول بتعريضها لدرجات حرارة عالية (٨٠٠م) في وجود البخار بحيث يتأكسد كل ما على السطح فيما عدا الكربون الذي تتولد فيه شبكة كبيرة جدا من الفجوات المختلفة في أحجامها بحيث تسمح باستقبال جزيئات الملوثات كبيرها وصغيرها ولكن أغلب هذه الفجوات تكون أقطارها أقل من ٢٠ أنجستروم.

والكربون المنشط ينتج إما على هيئة حبيبات أو مسحوق و فيما يلي بيان لبعض الخواص الهامة لهذين الصنفين:

الخاصية	الكربون المنشط الحبيبي	الكربون المنشط المسحوق
الكثافة (جم/سم <sup>٣</sup> )	٠,٤٨-٠,٤٢	٠,٧٢-٠,٣٢
مساحة السطح النوعية (متر <sup>٢</sup> /جم)	١١٥٠-٦٥٠	٦٠٠-٥٠٠
متوسط الحجم (مم)	١,٦-١,٢	أقل من ٠,١

ويوضع الكربون المنشط الحبيبي في المرشحات بحيث يمر عليه الماء لإزالة ما به من الكلور ومن المواد التي تتسبب في إعطائه اللون والرائحة غير المرغوب فيها وعادة ما يكون ذلك بعد إمرار الماء في المرشحات العادية حتى لا تتسبب العوالق في انسداد الفجوات بين الحبيبات أو تقوم المواد الغروية بتغليف حبيبات الكربون فتنقص قدرته على الامتزاز.

وتتميز مرشحات الكربون المنشط بفعاليتها العالية في الترشيح الفائق Ultrafiltration (U1) بحيث يمكن استخدامها إلى معدل سريان قدره ٠,٣٧٨ لتر/ثانية (١,٣٦ م<sup>٣</sup>/ساعة) لكل قدم مربع من سطح المرشح. وتحتاج هذه المرشحات لغسلها يوميا بإمرار تيار عكسي من الماء بالإضافة إلى تنشيطها بالبخار مرة كل شهر على الأقل.

A6

## معالجة الحمأة المنشطة Activated sludge treatment<sup>(1,7,9)</sup>

هي نوع من المعالجة البيولوجية في وجود الهواء Aerobic biological treatment (A17) لمياه الصرف والتي تقوم فيها البكتريا بالتأثير فيزيائيا وفيزيوكيميائيا على المياه ومن خلال ذلك تتغذى على محتوى الماء من المواد العضوية ومن ثم تخلصها من هذا العامل من عوامل التلوث. على النقيض من المرشحات البيولوجية Biological filters (B11) التي تتم فيها هذه العملية عن طريق وجود البكتريا في طبقات السائل المغلف لمواد حشو هذه المرشحات فإننا نجد أن البكتريا في وحدات معالجة الحمأة المنشطة تبقى عالقة في الماء ويتم ذلك في صهريج به قلاب مزود بتيار من الهواء الجوي (أو الهواء المشبع بالأكسجين أو الأكسجين النقي في بعض الأحيان) يتم مزجه بالمياه المراد تنقيتها ويقوم القلاب بعمل خليط متجانس من الماء والبكتريا في الوقت الذي يمده الهواء بالقدر الكافي من الأكسجين لقيام البكتريا بدورها الفعال. ويبقى الخليط في هذا الصهريج فترة كافية من الوقت ثم يدفع الناتج إلى عملية الترويق النهائية أو إلى صهريج ترسيب مرحلي حيث يتم الفصل بين السائل والحمأة المحتوية على البكتريا والتي يعاد تدويرها أو جزء منها خلال العملية مرة أخرى (انظر الشكل 1).

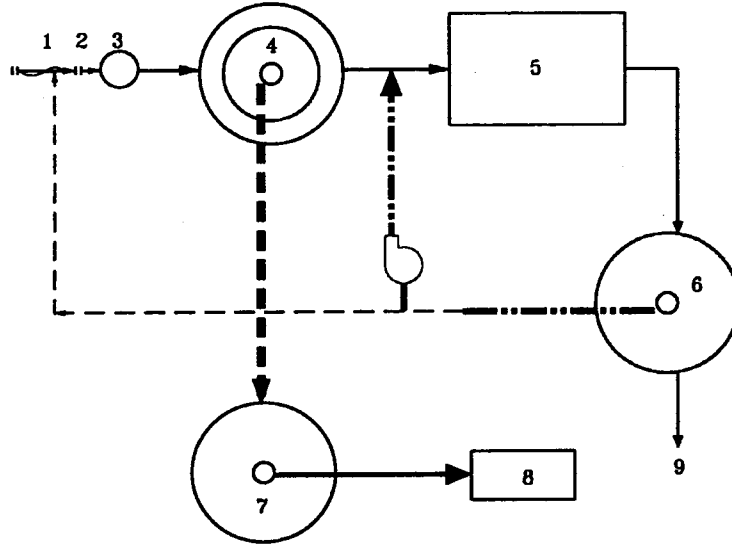
وتتوقف كفاءة العمل في وحدات الحمأة المنشطة على مدى تحميل الحمأة Sludge loading وهو مقياس تقريبي لكمية التلوث المطلوب من هذه الوحدات إزالتها منسوبة إلى كمية البكتريا المستخدمة في عملية التنقية ويعبر عنه بعدد الكيلوجرامات من الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين  $BOD_5$  (B8) التي يلزم إزالتها في اليوم لكل كجم حمأة.

وتنقسم هذه الوحدات إلى الأقسام الآتية طبقا لمدى تحميل الحمأة فيها:

- وحدات التحميل المتوسط إذا كانت قيمة التحميل  $BOD_5$  (0,5-0,2) / (يوم) (كجم حمأة)

- وحدات التحميل المنخفض إذا كانت قيمة التحميل  $BOD_5$  (0,2-0,07) / (يوم) (كجم حمأة)

أما إذا كان التحميل أقل من 0,07 فإنها تسمى وحدات تحميل منخفض جدا وحينئذ تدخل في نطاق التهوية الممتدة Extended aeration (A15) وبالرغم من أن التحميل البيولوجي BOD (B16) loading هو مقياس أقل دقة في التعبير عن معالجة الحمأة المنشطة إلا أنه كثيرا ما يستخدم في هذا المجال. ومن هذا المنطلق يمكن تقسيم وحدات الحمأة المنشطة طبقا لقيمة التحميل البيولوجي كما يلي:



- |           |                           |                              |                                   |
|-----------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| —————     | Waste Water to be treated | مياه الصرف الى المعالجة      | 1- لولب ناقل                      |
| - - - - - | Recycled activated sludge | الماء المنشطة المعاد تدويرها | Screw conveyor                    |
| - - - - - | Excess activated sludge   | الماء المنشطة الزائدة        | 2- شبكة ترشيح                     |
| - . . . . | Fresh Sludge              | الماء قبل الحضر              | Screen                            |
| —————     | Digested Sludge           | الماء بعد الحضر              | 3- ازالة العصور والرواسب الحبيبية |
|           |                           |                              | Grit and grease removal           |
|           |                           |                              | 4- صهرج الترسيب الاولي            |
|           |                           |                              | Primary settling tank             |
|           |                           |                              | 5- صهرج التحوية                   |
|           |                           |                              | Aeration tank                     |
|           |                           |                              | 6- الترويق النهائي                |
|           |                           |                              | Final clarifier                   |
|           |                           |                              | 7- صهرج الحضر                     |
|           |                           |                              | Digester                          |
|           |                           |                              | 8- طبقات للتجفيف                  |
|           |                           |                              | Drying beds                       |
|           |                           |                              | 9- المادر الى الخارج              |
|           |                           |                              | Effluent out                      |

شكل ( ١ ) المعالجة بالماء المنشطة ( الطريقة التقليدية )

- وحدات عالية التحميل إذا كان التحميل البيولوجي أكثر من ١,٥ كجم BOD<sub>5</sub> في اليوم لكل متر مكعب من حجم صهريج المعالجة.
  - وحدات متوسطة التحميل إذا كان التحميل البيولوجي ٠,٦-١,٥ كجم BOD<sub>5</sub> في اليوم لكل متر مكعب من حجم صهريج المعالجة.
  - وحدات منخفضة التحميل إذا كان التحميل البيولوجي ٠,٣٥-٠,٦ كجم BOD<sub>5</sub> في اليوم لكل متر مكعب من حجم صهريج المعالجة.
- أما إذا كان التحميل البيولوجي أقل من ٠,٣٥ فإنه يدخل في نطاق التهوية الممتدة.

A7

Activity<sup>(2,10)</sup>

الفعالية

لكي يكون أي نظام في حالة اتزان (E19) Equilibrium فإن قدرة الانطلاق لكل من مكوناته يجب أن تكون متساوية في كل طور من الأطوار التي يشتمل عليها النظام، لأنه إذا حدثت وكانت قدرة الانطلاق لأحد هذه المكونات في طور ما أكبر منها في طور آخر فإنه يترتب على ذلك هروب هذا المكون من الطور الذي فيه قدرة انطلاق أكبر إلى طور آخر تكون فيه هذه القدرة أقل. وعند الضغوط الصغيرة نسبياً من الممكن أن نعبر عن قدرة الانطلاق بالضغط الجزئي ولكن عند الضغوط العالية حيث تحيد المواد في خواصها عن السلوك المثالي نجد أن الضغط الجزئي لا يعبر تعبيراً دقيقاً عن قدرة الانطلاق. ولذلك تستخدم خاصية أخرى لهذا الغرض وهي الفيوغاسيتي (F43) Fugacity وعندما نعالج مواضيع خاصة بالاتزان الكيميائي فإنه يلزمنا تعريف خاصية الفعالية وإذا نظرنا إلى الفيوغاسيتي على أنها ضغط جزئي معدل فإننا بالقياس يمكننا اعتبار الفعالية تركيز معدل. وفي حسابات الاتزان الأيوني تحل الفعالية محل التركيز لتؤدي إلى النتائج الصحيحة في المحاليل الحقيقية. ويمكن الحصول على الفعالية بضرب التركيز في معامل الفعالية (A8) Activity coefficient.

A8

Activity coefficient<sup>(2,6,10)</sup>

معامل الفاعلية

معامل الفاعلية هو مقياس لمدى حيود محلول مادة ما عن السلوك المثالي وهو رقميا أقل من واحد ولما كانت المحاليل تقترب في سلوكها إلى السلوك المثالي كلما قبل تركيزها لذلك فكلما قل التركيز كلما اقترب معامل الفاعلية من (واحد) وتعتمد قيمة معامل الفاعلية على التركيز ودرجة الحرارة والضغط. [أنظر أيضا الفيوجاسيتي (F43)].

A9

Adiabatic process<sup>(11,12)</sup>

عملية ثابتة المحتوى الحراري  
(عملية أدياباتية)

هي العملية التي تتم داخل نظام System دون أن يتبادل هذا النظام حرارة مع المحيط الموجود فيه. بمعنى أن النظام لايفقد ولايكتسب حرارة أى يظل محتواه الحراري ثابتا أثناء العملية.

A10

Adsorbate<sup>(2,9,10)</sup>

المادة الممتزة

مادة تكون جزيئاتها سابحة في طور غازي أو عالقة في طور سائل ثم يتم امتزازها Adsorption (A12) بواسطة مادة مازة Adsorbent (A11) لها القدرة على جذب جزيئات المادة الممتزة وثبيتها على سطحها وعادة ما تكون المواد الممتزة غير مرغوب فيها أي أنها تلوث الطور الموجودة فيه وحينئذ يمثل الامتزاز عملية إزالة لهذا التلوث.

A11

Adsorbent<sup>(2,9,10)</sup>

المادة المازة

مادة إذا غمست في طور غازي أو سائل فإن سطوحها تمتلك القدرة على أن تجتذب إليها جزيئات بعض المواد الموجودة في الطور الغازي أو العالقة في الطور السائل ونظرا لأن السطح المتاح من المادة المازة يلعب دورا رئيسيا في عملية الامتزاز فإن المادة المازة تصنف طبقا لمساحة السطح

النوعية مقيسة بالمتز المربع من السطح الذي يتيح كل جرام من هذه المادة. فهناك مواد مازة موجودة في الطبيعة كالمواد الطينية والزيوليت (Z1) Zeolite مساحة سطحها النوعي منخفض ويتراوح بين ٥٠-٢٠٠ م<sup>٢</sup>/جم في حين أن المواد المازة الصناعية لها سطوح نوعية تبدأ مساحتها بما لا يقل عن ٤٠٠ متر مربع لكل جرام فنجد أن الصنف الجيد من الكربون المنشط مساحة سطحه النوعية تصل إلى ١٠٠٠ أو ١٥٠٠ متر مربع لكل جرام ولذلك فالكربون المنشط من أكثر المواد المازة استخداما في مجال معالجة المياه.

A12

Adsorption<sup>(2,9,10)</sup>

الامتزاز

انتقال جزيئات المواد الممتزة (A10) Adsorbates خلال الطور السابحة أو العالقة فيه واتجاهها نحو سطح المادة المازة (A11) Adsorbent حيث يتم تثبيتها بواسطة قوى فيزيائية إلى هذا السطح. ومثل أي عملية انتقال للمادة فإن الامتزاز يعتمد على: (١) القدر المتاح من سطح المادة الممتزة. (٢) تركيز المادة الممتزة في الطور المائع. (٣) العوامل الهيدروديناميكية التي تتحكم في وتؤثر على زمن التلامس بين جزيئات المادة الممتزة وسطح المادة المازة. (٤) الطاقة اللازمة لتثبيت هذه الجزيئات على السطح. وبالتالي فهي تعتمد على نوعية المادة الممتزة. وقد وجد أيضا أن ثبات الجزيئات الممتزة على سطح المادة المازة يعتمد في كثير من الأحيان على الرقم الهيدروجيني pH value (P7).

A13

Aerated lagoons (ponds)<sup>(1,9)</sup>

البرك / الأحواض المهوأة

البركة المهوأة عبارة عن حوض قطره أو مسطحة كبير جدا وعمقه ما بين ٢-٣ مترا تتم فيه تنقية مياه الصرف قليلة التلوث ( $BOD_5 < 0.1$ ) والتي لا تحتوي إلا على نسبة صغيرة من العوالق الصلبة. وزمن الاستبقاء (R13) Residence time في هذه البرك عادة ما يكون كبيرا بحيث يسمح بالوصول إلى حالة توازن بين الداخل إليها من الملوثات العضوية وبين كمية البكتريا التي تنمو على هذه الملوثات. وفي البرك المهوأة تتم مساعدة التحولات الطبيعية بضغط الأكسجين في الماء ميكانيكيا مما يخفف من الاحتياجات المكانية ويساعد على التكيف مع التغير في حمل التلوث وعلى التغيرات المناخية.

ويتوقف مقدار الخفض من مستوى التلوث في هذه البرك على زمن الاستبقاء (t) كما توضحه العلاقة الآتية:

$$L_f / L_o = (1 + K_t)^{-t}$$

حيث  $L_f, L_o$  مستوى التلوث الأصلي والنهائي على التوالي أما  $K_T$  فهي قيمة تعتمد على درجة الحرارة  $T$  كما يلي:

$$K_T = K_{20}(1.07)^{T-20}$$

وتتراوح نسبة خفض التلوث بين ٧٥-٩٠% عند ٢٠م، ٨٠-٩٥% عند ٣٠م وذلك لزمن استبقاء بين ٥-٢٠ يوما.

A14

### التهووية ( المزج بالهواء ) Aeration<sup>(1,3,8)</sup>

إحدى عمليات المعالجة المسبقة (P24) Pretreatment أو المعالجة اللاحقة (P21) Post-treatment التي يتم فيها تعريض الماء للهواء إما لكي يتشبع بالهواء أو لكي يساعد الهواء على طرد الغازات الأخرى الذائبة في الماء. وفي الحالة الأولى يكون الهدف هو أكسدة المواد القابلة للتأكسد والذائبة في الماء وتحويلها إلى رواسب يسهل فصلها وفي معالجة مياه الصرف يكون الهدف هو إدخال الأكسجين اللازم لعمليات المعالجة الحيوية أما في الحالة الثانية فيكون الهدف هو نزع الغازات الذائبة مثل ثاني أكسيد الكربون.

A15

### التهووية الممتدة Aeration, Extended<sup>(1)</sup>

من الممكن اعتبار التهوية الممتدة كمعالجة حمأة منشطة (A6) Activated sludge treatment معدلة. والقاعدة الأساسية في عمل التهوية الممتدة هي الاحتفاظ بالخليط السائل Mixed liquor في حوض التهوية مدة كافية حتى يتساوى معدل تكون الخلايا الجديدة مع معدل استهلاك الخلايا الموجودة في الخليط.

وتعبير "التهوية الممتدة" أفضل من "الأكسدة الكلية" الذي قد يبدو نظيرا له وذلك لأن الأخير قد يعطي الانطباع بأن جميع المواد العضوية تتم أكسدتها إلى غازات ومواد غير عضوية ذائبة. وهذا



بالتالي يعني ألا تزيد كمية الحمأة في حين أنه يلاحظ وجود زيادة ولكنها أقل كثيرا مما يحدث في طرق الحمأة المنشطة الأخرى.

وتستخدم التهوية الممتدة عادة في الوحدات الصغيرة التي تعالج مياه صرف كمية التلوث المراد إزالتها منها صغيرة (أقل من ٠,٧ كجم BOD<sub>5</sub> لكل كجم حمأة) بحيث يسمح بتثبيت الحمأة Sludge stabilization (S36) في نفس الوقت. ومن أهم مميزات هذه الطريقة بساطة التعامل معها، غير أنها تحتاج إلى صهاريج كبيرة جدا.

A16

Aerators<sup>(1,3,9)</sup>

أجهزة التهوية

أجهزة مصممة بحيث يتم من خلالها تعريض أكبر قدر ممكن من الماء لأكبر كمية ممكنة من الهواء وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من أجهزة التهوية:

(١) أجهزة تهوية سطحية وهذه تتكون من صهريج به إما (أ) عمود رأسي يدور ببطء، يعطي سرعة محيطية Peripheral speed قدرها ٤-٦ متر في الثانية أو (ب) عمود رأسي يدور بسرعة ٧٥٠-١٨٠٠ لفة في الدقيقة، علما بأن الصنف الأول هو أكثرها شيوعا.

(٢) أجهزة تهوية بالهواء المضغوط وفيها يحقن الهواء على هيئة (أ) فقائيع كبيرة قطرها أكبر من ٦ مم (من خلال أنبوب رأسي أو من خلال ناشر Diffuser للهواء فتحته واسعة أو (ب) فقائيع متوسطة (٤-٦ مم) بواسطة مَخْنَق Nozzle أو (ج) فقائيع دقيقة (أقل من ٣ مم) عن طريق مرور الهواء في وسط مسامي (فتحاته ٥٠ ميكرون).

(٣) أجهزة تجمع بين الخلط ودفع الهواء يشتمل كل منها على: (أ) خلاط ميكانيكي عبارة عن قلاب ميكانيكي مغمور يدفع السائل في حركة دورانية إلى أسفل و (ب) موزع هواء مضغوط Compressed air موضوع أسفل القلاب.

A17

Aerobic biological treatment<sup>(1,9)</sup> المعالجة البيولوجية في وجود هواء

يطلق هذا الاسم على كل الطرق التي تستخدم فيها الكائنات الحية الدقيقة في معالجة مياه الصرف في وجود الهواء حيث تتغذى هذه الكائنات على المواد العضوية الموجودة في المياه، ويتخلف

عن ذلك ثاني أكسيد الكربون والماء. وعادة ما تصمم هذه الطرق بحيث تؤدي ما يطلق عليه المستوى الثاني من معالجة مياه الصرف (S15) Secondary waste water treatment . وينخرط تحت هذا الاسم طرق المعالجة بالحماة المنشطة (A6) Activated sludge treatment ، ونظم الأحواض والبرك (A13, L1,2) Ponds or lagoon systems ، والمرشحات النضاضة (T6) Trickling filters ، واللامسات البيولوجية الدوارة Rotating biological contactors .

A18

### Aerobic digestion<sup>(1,7,9)</sup>

### الهضم الهوائي

الهضم الهوائي هو أحد الوسائل المستخدمة لتثبيت الحماة (S37) Sludge stabilization وهو عبارة عن تخمر هوائي تتحول من خلاله المواد العضوية باتحادها بالأكسجين إلى مواد أبسط مثل ثاني أكسيد الكربون والماء، ومن أهم مميزات هذه الطريقة بساطة التشغيل والصيانة وانخفاض رأس المال المطلوب وانخفاض التلوث المتبقي ومحتوى الفوسفور في الماء المروق مع قلّة الروائح المنبعثة بالإضافة إلى أن الحماة الناتجة تكون عالية القيمة كسماد. ومن جهة أخرى فمساوئ هذه الطريقة هي ارتفاع تكاليف التشغيل وحساسيتها الشديدة لدرجة الحرارة.

ومن الممكن تشغيل الهضم الهوائي بطريقة متقطعة أو مستمرة. فبالطريقة المتقطعة تدخل الحماة إلى صهرج التفاعل مع إمرار الهواء خلالها حتى يمتلئ الصهرج وبعد ذلك تستمر التهوية لمدة أسبوعين أو ثلاثة ومن ثمّ تفصل المواد الصلبة (٢-٤%) عن السائل المروق. أما الطريقة المستمرة فهي تشتمل على صهرج للتهوية متبوع بصهرج ترسيب مخروطي القاعدة من أسفل لسحب الحماة للخارج أو لإعادتها إلى صهرج التهوية مرة أخرى. في حين يتم سحب الماء المروق بصفة مستمرة من أعلى الصهرج.

ومن غير المرغوب فيه استعمال طريقة الهضم الهوائي إذا كانت درجات الحرارة أقل من ١٥م إذ أن زمن الاستبقاء اللازم في هذه الأحوال يكون عاليا جدا. وإذا أريد التغلب على ذلك بتسخين الحماة فإن ارتفاع التكاليف يجعل الطريقة غير اقتصادية على الإطلاق.

A19

## برك التهوية الطبيعية Aerobic lagoons, Natural<sup>(1,9)</sup>

هي عبارة عن أحواض ضحلة (عمقها ٠,٨-١,٢ متر) بما يسمح بمرور الضوء خلال الماء مما يساعد على نمو الطحالب الخضراء التي تقوم بالتمثيل الضوئي الذي يتولد عنه الأكسجين، وهذا يساعد بالتالي على نمو البكتريا الهوائية التي تقوم هي والبكتريا المخيرة (B2) Facultative bacteria والبكتريا اللاهوائية بتنقية الماء. ولما كان التفاعل بطيئا فإن هذه البرك تحتاج إلى مساحات كبيرة من الأرض ولذلك يفضل أن تنشأ في أماكن بعيدة عن العمران.

وتتراوح طاقة المعالجة لبرك التهوية الطبيعية ٢٥-٥٠ كجم BOD<sub>5</sub> لكل هكتار في اليوم (١,٥-٥ جم/م<sup>2</sup> في اليوم) ولما كانت المياه الناتجة تحتوي على كمية كبيرة من الطحالب التي يصعب فصلها فإن محتواها من المواد الصلبة العالقة يتراوح بين ٨٠ و ١٢٠ مجم/لتر.

A20

## تجمع (تكتل) Agglomeration<sup>(3,13)</sup>

العمل على التصاق جسيمات المواد الصلبة ببعضها البعض بحيث تكون مجموعات متماسكة أكبر حجما وأثقل وزنا يسهل فصلها بالترسيب أو الترشيح وهي عملية لازمة لفصل الغرويات (C22) Colloids وتتم عملية التجمع هذه على مرحلتين:

المرحلة الأولى: وهي تسمى التخثر (C21) Coagulation وفيها يتم التغلب على القوى التي تبقى الجسيمات الغروية عالقة في الوسط الموجودة فيه، سواء كان ذلك بسبب كونها مشحونة بشحنات كهربائية متماثلة تجعلها تتنافر وتمنع تجمعها أو بسبب ألفها للماء (H26) Hydrophile

وعادة ما يمكن التغلب على هذه القوى بإضافة مواد كيميائية تسمى مخثرات (C20) Coagulants .

المرحلة الثانية: تترك الجسيمات المتعادلة للشحنات لتتجمع تلقائيا بواسطة الحركة البراونية Brownian movement حتى يصل حجمها إلى ٠,١ ميكرون ثم تستخدم بعد ذلك قوى ميكانيكية خارجية كالتقليب لتجميع هذه الدقائق حتى تصل إلى الحجم المطلوب وهذه المرحلة تسمى التجمع (F20) Flocculation ومن الممكن مساعدة العملية الأخيرة بإضافة ما يسمى المدمجات (F19) Flocculants .

A21

Algae<sup>(1,7,9)</sup>

## الطحالب

الطحالب هي الشق النباتي من الكائنات الحية المجهرية التي تعيش كعوالق في الماء ويوجد من الطحالب أكثر من ١٩٠٠٠ نوع تجمعها ثلاث مجموعات رئيسية، مجموعة الطحالب الخضراء، ومجموعة الطحالب الخضرازرقاوية Blue-green algae والمجموعة الثالثة هي مجموعة الدياتومات Diatoms (D18)، وهي طحالب تحتوي على لون بني داخل الخلية بالإضافة إلى كون جدرانها تحتوي على مادة السيليكا. ولكي تنمو الطحالب فإنها تحتاج إلى الهواء والماء وضوء الشمس، وغياب أي من هذه العوامل الثلاثة يعطل نموها. ويستمر نمو الطحالب مادام الرقم الهيدروجيني للوسط الذي توجد فيه ما بين ٥,٥ و ٨,٩. وتتكاثر الطحالب في المياه السطحية في البلدان معتدلة الجو بمعدلات انفجارية في المواسم التي يكون الجو فيها دافئا وتكاد تختفي في وقت الشتاء. ودرجات الحرارة المثلى لنمو المجموعة الأولى من الطحالب ما بين ٣٠-٣٥م والمجموعة الثانية ما بين ٣٥-٤٠م أما الثالثة فما بين ١٨-٣٥م. وهذه الكائنات ولو أنها ليست ضارة صحيا إلا أن متاعبها كثيرة في عمليات معالجة المياه فهي تسبب الانسداد السريع لمسام المرشحات، ولذلك يجب أن يسبق المرشحات عمليتي التتمج (F20) Flocculation والترسيب (S16) Sedimentation وبهذه الطريقة من الممكن فصل ٥٠-٩٠% من هذه العوالق. ولكن إذا أريد التخلص منها بصورة أكمل فيجب معالجة الماء بالكlor أو أكسيد الكلور أو الأوزون قبل التتمج. ومما هو جدير بالذكر أن الغازات التي تنتجها الطحالب وعلى وجه الخصوص الأكسجين الناتج عن عملية التمثيل الضوئي الذي تقوم به الطحالب تساهم في انسداد المرشحات لأنها تجعل عملية الترسيب بطيئة. هذا بالإضافة إلى أن الأكسجين الذي تنتجه جميع أنواع الطحالب يتفاعل مع الهيدروجين الذي يكون ملتصقا بالقطب السالب في خلايا التآكل الكهروكيميائية وهي بذلك تزيد الاستقطاب ومن ثم تزداد سرعة التفاعلات المسببة للتآكل. وبالإضافة إلى ما تقدم فإن الطحالب الخضرازرقاوية تستطيع استخلاص النيتروجين وتثبيته على هيئة مركبات عضوية نيتروجينية، وتعتبر هذه العملية هي المسئولة عن تدهور فعالية مانعات التآكل Corrosion inhibitors (C27) التي أساس تكوينها النيتريتات. أما الدياتومات فلكون جدرانها مطعمة بالسيليكا فهي تسبب ترسبات سيليكية.

A22

Algaecide<sup>(3,7)</sup>

مبيد الطحالب

هو مادة يمكنها أن تمنع نمو الطحالب أو تبيدها ومما هو معروف فإن المواد المؤكسدة كالكلور وأكسيد الكلور والأوزون تستطيع أن تقوم بهذه المهمة بشرط أن تبقى كمية إضافية من هذه المواد في الماء لمدة معينة يختلف طولها باختلاف نوع الطحالب.

A23

Alkaline cleaning<sup>(4)</sup>

التنظيف بالقلويات

يستعمل التنظيف بالقلويات بالتبادل مع التنظيف بالأحماض لإزالة القشور صعبة الإزالة مثل كبريتات الكالسيوم اللامائية (الإنهيدريت) (A30) Anhydrite والسيليكات، كما أنه يستعمل عقب التنظيف بالأحماض لمعادلة بقايا المحاليل الحمضية المتبقية. ويستعمل لهذا الغرض محاليل الصودا الكاوية NaOH ورماد الصودا Soda ash (كربونات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) وفوسفات الصوديوم الثلاثية  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  وسيليكات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .

A24

Alkaline scales<sup>(4,5,6)</sup>

القشور القلوية

عندما يدخل الماء المالح إلى وحدات التحلية ويمر في مراحلها المختلفة ليستخلص منه الماء العذب فإنه يتعرض لزيادة في تركيز الأملاح الذائبة فيه وعندما يتعدى تركيز أي من هذه الأملاح حدود ذوبانيته Solubility (S42) فإنه يترسب مكونا القشور. والقشور القلوية تتكون عادة من كربونات الكالسيوم أو هيدروكسيد الماغنسيوم أو خليط منهما وتتوقف نسب مكونات هذا الخليط على ظروف التشغيل وإلى حد ما على طريقة التحلية المستخدمة. وتسمى هذه القشور بالقشور القلوية لأنها تتكون نتيجة لتفاعلات كيميائية تجرى على قلويات ماء التغذية والتي عادة ما يكون المكون الرئيسي لها هو أيونات البيكربونات التي تتحول إلى كربونات بالتسخين أو هيدروكسيد بفقدان ثاني أكسيد الكربون. ويتوقف معدل تكون القشور القلوية على الاتزان بين الكربونات والبيكربونات وحامض الكربونيك. كما يتوقف أيضا على تركيز أيونات الكالسيوم والماغنسيوم، وعلى مجموعة أخرى من العوامل مثل درجة الحرارة والملوحة (S2) Salinity.

ويستخدم المخطط البياني للانجلير (L5) Langlier's stability diagram لإيجاد أعلى تركيز كلي للأحماض يمكن الوصول إليه دون أن يحدث ترسيب لهيدروكسيد المغنسيوم بمعرفة الرقم الهيدروجيني (P7) pH value وأعلى درجة حرارة يصل إليها الماء داخل وحدة التحلية. أما بالنسبة لكاربونات الكالسيوم فتلزم معرفة القلوية الكلية (A25) Total alkalinity لمياه التغذية بالإضافة إلى درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني.

A25

Alkalinity<sup>(1,9)</sup>

القلوية

القلوية هي المقياس الكمي لقدرة محلول ما على التفاعل مع أيون الهيدروجين في المحاليل الحمضية. وتقاس قلوية المياه بالمعايرة باستخدام محلول عياري من حامض في وجود دليل أو محلول كشاف (I2) Indicator وهناك مقياسان للقلوية، أحدهما يقيس القلوية الكلية Total alkalinity (TAC) وهي كمية المواد التي تتفاعل مع حامض ما حتى ينخفض الرقم الهيدروجيني إلى ٤,٥ وهي نقطة نهاية المعايرة باستخدام الميثيل البرتقالي كدليل. وتسمى قلوية الميثيل البرتقالي Methyl orange alkalinity (قلوية م M/alkalinity) وهذه القلوية تشمل البيكربونات أو الهيدروكسيد بالإضافة إلى الكربونات. أما المقياس الآخر فهو يقيس كمية المواد القلوية التي تتفاعل حتى الرقم الهيدروجيني ٨,٣ وهي نقطة نهاية المعايرة باستخدام الفينولفتالين Phenolphthalien وتسمى القلوية ف (P/alkalinity). وهي تعطي نصف الكربونات وكل الهيدروكسيد وفي كلتا الحالتين يعبر عن القلوية بما يكافئها من كاربونات الكالسيوم مقيسة بالجزء في المليون ويوضح الشكل (٢) أصناف القلوية المختلفة كما يوضح الشكل (٣) التفاعلات التي تتم أثناء المعايرة.

ومما تقدم يمكننا أن نستنتج أنه إذا كانت:

أ. القلوية ف = صفر

فذلك يعني عدم وجود كاربونات أو هيدروكسيد.

ب. القلوية ف = نصف قلوية م

فذلك يعني عدم وجود بيكربونات أو هيدروكسيد أي أن القلوية كلها كاربونات.

ج. القلوية ف < نصف القلوية م

فذلك يعني وجود الكربونات والبيكربونات وعدم وجود الهيدروكسيد.

د. القلوية ف > نصف القلوية م

فذلك يعني وجود الكربونات والهيدروكسيد وعدم وجود البيكربونات ومن ثم

الهيدروكسيد = ٢ (القلوية ف) -القلوية م  
والكربونات = القلوية م - الهيدروكسيد  
هـ. القلوية ف = القلوية م  
تعني أن القلوية كلها هيدروكسيد.

A26

Aluminium sulphate<sup>(1,9)</sup>

كبريتات الألومنيوم

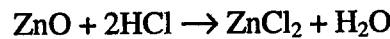
كبريتات الألومنيوم  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  تستخدم في معالجة المياه كمخثر (C20) Coagulant على هيئة محلول أو كمادة صلبة على شكل قطع أو حبيبات أو مسحوق. ونقاس فعالية كبريتات الألومنيوم بمحتواها من أكسيد الألومنيوم  $Al_2O_3$  والذي يكون حوالي ١٧% للمادة الصلبة أما المحاليل فهي عادة ما تحتوي على ٨-٨,٥% أكسيد ألومنيوم (٦٣٩ إلى ٦٥٠ جم كبريتات ألومنيوم في كل لتر محلول). ونظرا لأن كبريتات الألومنيوم ملح ناتج من تفاعل قاعدة ضعيفة وهي هيدروكسيد الألومنيوم  $Al(OH)_3$  وحامض قوي وهو حامض الكبريتيك، لذلك نجد أن محلول كبريتات الألومنيوم يكون حمضيا ويتراوح رقمه الهيدروجيني بين ٢ و ٣,٨، ومن ثم يجب أخذ ذلك في الاعتبار عند تحضير وتوزيع وتخزين هذه المادة.

A27

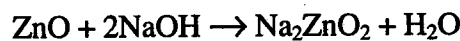
Amphoteric<sup>(2,14)</sup>

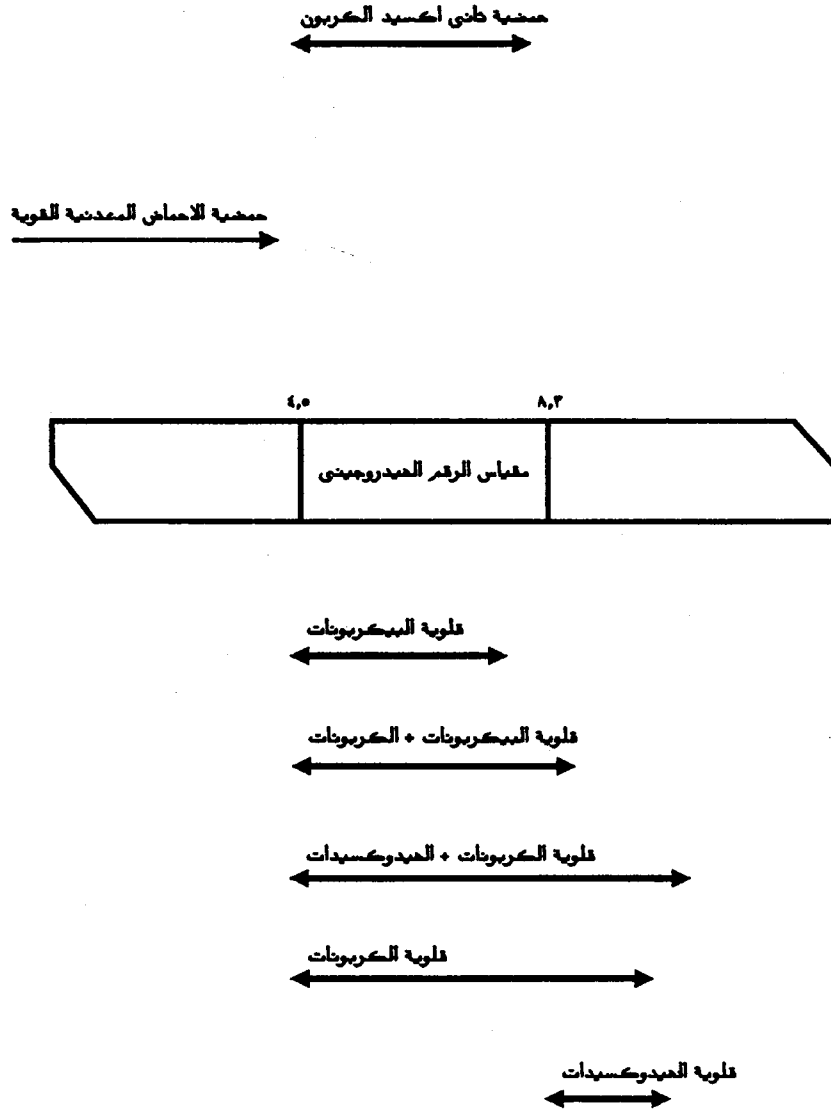
أمفوتيري (ثنائي القطبية)

هناك أكاسيد بحكم تكوينها تستطيع أن تسلك سلوك الأحماض أو سلوك القلويات حسب المحيط الذي توجد فيه، فهي في وجود الأحماض تتفاعل وكأنها قلويات فتكون ملحا وماء، أما إذا تواجدت مع القلويات فإنها تتفاعل وكأنها أحماض فتعطي ملحا وماء أيضا. ومن أمثلة هذه المواد أكسيد الزنك وأكسيد الألومنيوم فأكسيد الزنك يتفاعل مع حامض الهيدروكلوريك ليعطي كلوريد الزنك وماء.



كما أنه في وجود الصودا الكاوية يعطي زنكات الصوديوم وماء.

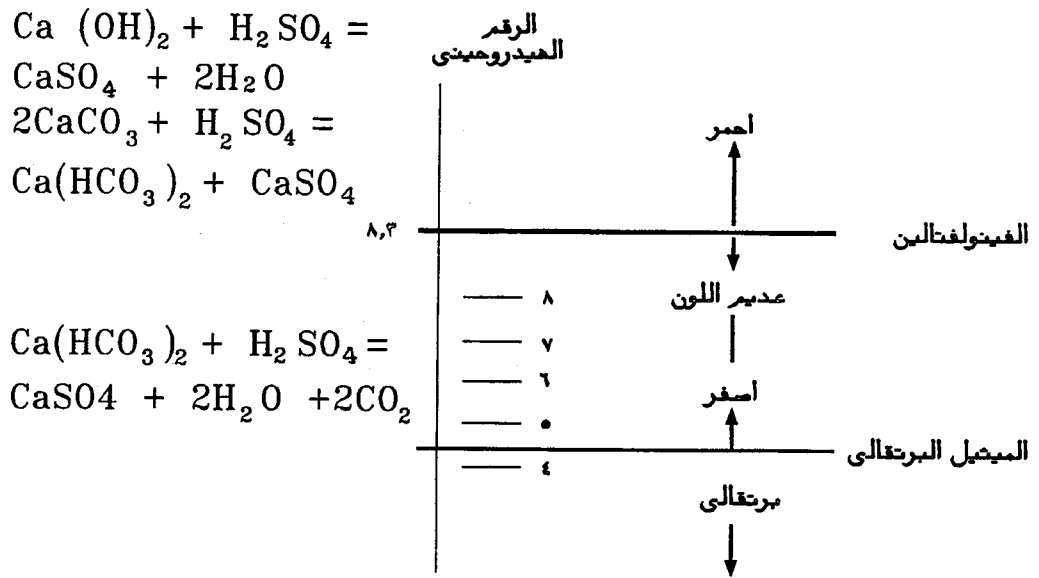




نقطة نهاية المعايرة باستخدام الميثيل البرتقالي عند رقم هيدروجيني 4.0  
 نقطة نهاية المعايرة باستخدام الفينولفثالين عند رقم هيدروجيني 8.2

شكل (٢) اصناف الحمضية و القلوية





شكل (٣) التفاعلات التي تتم اثناء المعايرة

A28

## الأيض البنائي / التمثيل الغذائي البنائي Anabolism<sup>(1)</sup>

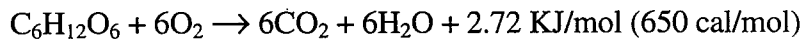
الأيض البنائي هو أحد نوعي الأيض Metabolism (M17) الذي يعني بوجه عام جميع التحولات الكيميائية التي تتم في الخلية الحية. والأيض البنائي يرمز إلى التفاعلات الماصة للحرارة التي يتم خلالها تحويل المواد الغذائية البسيطة إلى جزيئات مركبة مثل عملية تخليق البروتينات. هذا على النقيض من الأيض الهدمي Catabolism (C4) الذي يتم فيه تحويل الجزيئات المركبة إلى جزيئات بسيطة من خلال تفاعلات طاردة للحرارة مثل عملية تحلل سكر الجلوكوز. وفي الخلايا النامية يسود الأيض البنائي بزيادة معدله عن معدل الأيض الهدمي أما الخلايا غير النامية فتتميز بوجود حالة اتزان بين نوعي الأيض. وعندما تموت الخلية تتوقف عملية الأيض البنائي تماما في حين يستمر الأيض الهدمي.

A29

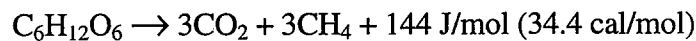
## الهضم اللاهوائي (التخمير)

### Anaerobic digestion (fermentation)<sup>(1,2,9)</sup>

التخمير هو عبارة عن مجموعة تفاعلات تكسر للمواد العضوية بواسطة أنواع معينة من الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بهذه العملية من خلال إفراز إنزيمات خاصة تؤدي وظيفة العامل المساعد البيولوجي لهذه التفاعلات. ومن هذا المنطلق فإن التخمير أو الهضم يعتبر عملية أيض هدمي Catabolism (C4) تفقد أثناءه المركبات العضوية الهيدروجين الموجود بها. فإذا حدث ذلك في وجود الأكسجين واتحد معه الهيدروجين مكونا ماء، سمي هذا هضما أو تخمرا هوائيا، أما إذا انتقل الهيدروجين من المركب الذي يفقده إلى عنصر أو مركب آخر غير الأكسجين سمي ذلك هضما أو تخمرا لاهوائيا. وتتوقف نوعية المواد الناتجة عن الهضم أو التخمير على الطريقة التي يتم بها فمثلا ينتج عن التخمير الهوائي للجلوكوز ثاني أكسيد كربون وماء



أما إذا كان التخمير لاهوائيا فينتج عن التفاعل ثاني أكسيد الكربون وميثان



وكما يتضح من المعادلات فإن كمية الحرارة الناتجة عن التخمير اللاهوائي لا تزيد عن ٥,٣% من الحرارة الناتجة عن التخمير الهوائي.

A30

### كبريتات الكالسيوم اللامائية (الأنهيدريت) Anhydrite<sup>(5)</sup>

توجد كبريتات الكالسيوم في الطبيعة على هيئة أنهيدريت  $\text{CaSO}_4$  أو على هيئة جبس  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  أو كمسببات للعسر الدائم لمياه الآبار. وعندما يفقد الجبس جزيئا من ماء تبلوره عند  $100^\circ\text{C}$  فإنه يتحول إلى كبريتات كالسيوم نصف مائية  $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  وهي المسماة بعجينة باريس Plaster of Paris. أما إذا سخن إلى  $180^\circ\text{C}$  فإنه يتحول إلى الأنهيدريت. ويستخدم الأنهيدريت حاليا في علاج التربة التي غطتها مياه البحر لإعادة الخصوبة إليها حتى يمكن زراعتها.

A31

### أيون سالب (أنيون) Anion<sup>(2,8)</sup>

عندما تذوب الأملاح أو الأحماض أو القلويات في الماء فإنها تتفكك إلى أيونات (I8) Ions تحمل شحنة كهربائية تسمى أنيونات إذا كانت الشحنة سالبة، وإذا كانت موجبة تسمى كاتيونات. (C7) Cations ومن أمثلة الأيونات السالبة الكلوريد  $\text{Cl}^-$  والبيكربونات  $\text{HCO}_3^-$  والهيدروكسيد  $\text{OH}^-$  والكربونات  $\text{CO}_3^{2-}$  والكبريتات  $\text{SO}_4^{2-}$ .

A32

### مبادل أيونات سالبة Anion exchanger

أنظر راتنج التبادل الأيوني Ion exchange resin (I11).

A33

### أغشية منفذة للأيونات السالبة

#### Anion permeable membranes<sup>(5,6)</sup>

أغشية تحمل في تكوينها مجموعة قطبية موجبة وهي بذلك تسمح بمرور الأيونات السالبة (A31) Anions مثل البيكربونات والكلوريدات والكبريتات وتمنع مرور الأيونات الموجبة (الكاتيونات) (C7) Cations كأيونات الصوديوم والكالسيوم. [أنظر أيضا أغشية الفرز الكهربائي (M9) ED membranes].

A34

### الاستقطاب المصعدي (الأنودي) Anodic polarization<sup>(4)</sup>

من الممكن استقطاب السطوح الأنودية بتكوين طبقة أكسيد غير نفاذة على السطح. ويمكن تنفيذ ذلك بطريقة تسمى الامتزاز الكيميائي Chemisorption وتتكون مثل هذه الطبقة تلقائياً على الصلب الغير قابل للصدأ ولكن المعادن الأخرى تحتاج إلى مساعدة تشتمل على إضافة مثبطات التآكل الأنودي مثل الكرومات والنيتريت وغيرها.

A35

### الأنثراسيت Anthracite<sup>(9)</sup>

فحم حبيبي شديد الصلابة يستخدم كوسيط للترشيح تتراوح نسبة الكربون الثابت فيه من ٩٢ إلى ٩٦%. تتراوح كثافته النسبية Specific gravity بين ١,٤-١,٧ وعادة ما يكون الحجم الممثل Effective size (الذي لا يقل عنه سوى ١٠% من وزن العينة) من ٠,٨-١,٢ مم ومعامل تماثله (U4) Uniformity coefficient من ١,٤-١,٧.

A36

### مانع الرغوة Antifoam agent<sup>(4)</sup>

إحدى المشاكل التي تواجه الغلايات أو وحدات التقطير المستخدمة في تحلية المياه المالحة هي تكون الرغوة (F26) Foam التي تتسبب في أن يحمل البخار رذاذ الماء المتبقي وبالتالي يتلوث بما به من أملاح وشوائب أخرى. ومما يساعد على تكون الرغواوي ارتفاع ملوحة الماء وقلويته والعوالق الصلبة والزيوت وبعض المواد العضوية الأخرى. ومن المواد التي تستخدم كمانعات لتكون الرغواوي البولي جليكولات والبولي أميدات وتضاف هذه المواد إلى تيار التغذية بجرعات صغيرة وفي بعض الأحيان تخلط مع المواد الأخرى المستخدمة في معالجة مياه التغذية. ومما تجدر الإشارة إليه أن مانعات الرغوة غير مزيلات الرغوة (D5) De-foamers فالأخيرة تعمل على إزالة الرغواوي بعد تكونها أما الأولى فكما يتضح من الاسم فإنها تحول دون تكون الرغواوي.

A37

### Antifoulants<sup>(5,6)</sup> مانعات الاتساخ (مانعات التقدّر)

إن اتساخ الأسطح يأتي عن طريق تكون القشور أو ترسب العوالق أو تجمع ونمو الحيوانات المجهرية. ولمنع تكون القشور تستخدم مانعات القشور Antiscalants (A38) وغيرها من وسائل منع ترسب القشور أما ترسيب العوالق فيمكن تلافيه عن طريق التخثر (C21) Coagulation فالدمج Flocculation (F20) ثم فصل الرواسب. ولهذا فإن تعبير مانعات الاتساخ يؤخذ هنا على أنه يعني كل ما يمنع العامل الثالث من عوامل اتساخ الأسطح والذي يؤدي إلى ما يسمى بالاتساخ البيولوجي Biological fouling (B12) أو بمعنى آخر فإن مانعات الاتساخ البيولوجي هي مبيدات Biocides (B9). وتحت هذا الاسم تقع كل المواد التي تعمل ضد نمو الطحالب (A21) Algae والفطر (F44) Fungus والبكتريا (B2) Bacteria. ومن أهم هذه المواد الكلور ومركبات الأمونيوم الرباعية (Q1) Quaternary ammonium compounds ومشتقات الكبريت العضوية.

A38

### Antiscalants<sup>(5,6)</sup> مانعات القشور (الترسيب)

بسبب التغير في الرقم الهيدروجيني أو درجة الحرارة أو التركيز تصبح بعض المواد أقل ذوباناً في الماء فتترسب على هيئة قشور صلبة تلتصق بالأسطح التي يلامسها الماء باستمرار. وأهم هذه المواد هي كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم وأملاح الماغنسيوم (وعلى وجه الخصوص هيدروكسيد الماغنسيوم). ويمكن تلافي ترسب هذه المواد بطرق مختلفة منها إزالة عسر الماء Softening (S39) والتبادل الأيوني Ion exchange (I9) والمعالجة بالأحماض Acid treatment (A3) أو بواسطة إزالة الكربونات بالجير. هذا بالإضافة إلى أن هناك مواد تمنع ترسب القشور دون فصل المركبات التي تتكون منها هذه القشور. ولذلك يطلق على هذه المواد مانعات القشور وهي تعتمد على تغيير خواص الأيونات بالاتحاد معها مكونة مركبات معقدة التركيب سريعة الذوبان في الماء وبذلك يبقى المحلول في حالة فوق التشبع Supersaturation (S49) ومن ثم لا تترسب الأملاح وبالتالي لا تتكون القشور وهذه الخاصية تسمى تنحية الأيونات Sequestration (S19).

ومن مانعات القشور ما يلزم استعمالها بكميات مكافئة للأيونات المطلوب منع ترسيبها ومن أمثلة هذه المواد حامض رباعي أسيتات الإيثيلين ثنائي الأمين (EDTA) (E1) وحامض النيتريلوترأى أسيتيك (NTA) (N11). وهناك مجموعة من المواد تستطيع أن تحول دون ترسيب القشور إذا ما استخدمت

بجرعات صغيرة جدا (تتراوح بين  $10^{-1}$  إلى  $10^{-3}$  من قيمة التركيز الجزيئي للأيونات المسببة للقشور) وهذه المواد تسمى مانعات مشرفية (T4 Threshold inhibitors). ومن أوائل هذه المواد استخداما البولي فوسفات وهي مركبات ذات تركيب خطي ويرمز لها بالرمز العام  $MP_2O_7(MPO_3)_n$  وهناك مركبات ذات تركيب حلقي رمزها العام  $(MPO_3)_n$  وتسمى الميتافوسفات وأشهرها ميتافوسفات الصوديوم الثلاثية  $(NaPO_3)_3$  وميتافوسفات الصوديوم السداسية  $(NaPO_3)_6$ .

ومن أهم مساوئ البولي فوسفات قابليتها للتحلل بالماء (التحلل المائي) (H25) Hydrolysis والذي يزداد كلما ارتفعت درجة الحرارة أو قل الرقم الهيدروجيني، ولذلك فهي لا تستخدم عند درجات حرارة أعلى من  $90^{\circ}C$ . ولما كان هذا يؤدي إلى تحديد أعلى درجة حرارة يمكن أن يصل إليها المحلول الملحي (Top brine temperature (TBT) لذلك فقد بدأت المحاولات للتغلب على هذه المشكلة في 1957 بإدخال تركيبة اسمها التجاري Hagevap LP وهي عبارة عن خليط من ميتافوسفات الصوديوم السداسية وحامض لجنين السلفونيك Lignin sulfonic acid (كمشتت للبلورات) وجليكول البولي الكيلين Polyalkylene glycol (كمانع للرغوة) وهكذا أمكن الوصول إلى TBT  $93^{\circ}C$  في حين اقتصر استخدام درجات حرارة أعلى من ذلك على الأنظمة التي تستخدم المعالجة بالأحماض. وفي السبعينيات تم تطوير إضافات مشرفية تسمح باستخدام درجات حرارة عالية فسي 1971 أدخلت تركيبة تحت اسم DAREX 40 أهم مكوناتها بولي ميثاكريلات الصوديوم Sodium polymethacrylate وبالرغم من أن الهدف من استخدام هذه التركيبة كان إمكانية الوصول إلى TBT تصل إلى حوالي  $120^{\circ}C$  إلا أن أهم مساوئها أنها لا تمنع ترسيب هيدروكسيد الماغنسيوم. وبحلول عام 1976 ظهرت مادة جديدة تحت اسم Belgard EV هي عبارة عن أنهيدريد المالبنيك المبلمر Polymerized maleic anhydride أثبتت فعاليتها بجرعات 3-10 جزء في المليون عند TBT  $110^{\circ}C$ . وبالرغم من إمكانية استخدام هذه الإضافة عند درجات الحرارة سواء العالية أو المنخفضة فإنه تم تطوير مادة أخرى عام 1983 تحت اسم Belgard EV 2000 لتكون أنسب من الناحية الاقتصادية كمانع مشرفي عند درجات الحرارة التي تتراوح بين  $80-105^{\circ}C$ .

ومما هو جدير بالذكر أن استخدام كرات الإسفنج لتنظيف أسطح التبادل الحراري (B5) Ball cleaning ساعد على خفض الجرعات اللازمة من المانعات المشرفية إذ انخفضت هذه الجرعات بالنسبة لمنتجات Belgard من 2-10 جزء في المليون إلى 1-5 جزء في المليون.

هذا ولقد وجدت الإضافات المشرفية استخدامات واسعة في أنظمة التناضح العكسي التي يتم فيها التحكم في ترسيب القشور القلوية بالحقن بالحامض متبوعا بجرعات مناسبة من الإضافات المشرفية لمنع ترسيب كبريتات الكالسيوم عندما يزيد تركيز المحلول الملحي. وعادة ما يستخدم لهذا الغرض

ميثافوسفات الصوديوم للسداسية. ولما كانت درجات الحرارة السائدة في التناضح العكسي منخفضة لذلك فإن المواد المشرفية لا تتعرض للتحلل المائي.

A39

### الأغشية اللاتماثلية Asymmetrical membranes<sup>(6)</sup>

أغشية مكونة من طبقتين لكل منهما تكوين وخواص مختلفة عن الأخرى ولقد كان أول غشاء يستخدم بنجاح في التناضح العكسي من هذا الصنف وكان مكونا من طبقة رقيقة من أسيتات السليولوز مدعومة بطبقة أخرى مسامية من نفس المادة تساعدها على تحمل فروق الضغط الكبيرة التي يتعرض لها سطح الغشاء. وكذلك تصنع الأغشية اللاتماثلية من مواد أخرى كالبولي أميد الأروماتي Aromatic polyamides والبولي بنزيميدازول Polybenzimidazole كما أن الأغشية اللاتماثلية تصنع على هيئة أغشية مسطحة أو ملفوفة حلزونية (S46) Spiral wound أو شعيرات دقيقة مجوفة (H16) Hollow fine fibers.

A40

### تشريح مقطعي Autopsy, Sectional<sup>(16a)</sup>

تستعمل هذه الكلمة في مجال تحلية المياه المالحة بطريقة مجازية للدلالة على عملية أخذ عينات مقطعية من أغشية التناضح العكسي عند مواجهة مشاكل تسبب تدني فعالية وحدات الأغشية أو توقفها عن العمل، ويتم تصوير هذه العينات مكبرة إلى الحد الذي يسمح بدراستها بدقة لتحديد مسببات هذه المشاكل حتى يمكن علاجها أو تلافيتها في الوحدات الأخرى.

## B1

### Backwash<sup>(4)</sup>

### الغسيل العكسي

الغسيل العكسي هو إمرار تيار من الماء (أو الماء مع الهواء) خلال الأجهزة المحشوة أثناء قيام الجهاز بعمله، وذلك حتى يمكن إزالة المواد الغريبة التي تكون قد التصقت أو تراكمت على سطح الحبيبات أو ملأت الفراغات البينية فيها. ويستخدم الغسيل العكسي في تنظيف المرشحات وأعمدة التبادل الأيوني.

## B2

### Bacteria<sup>(4,7)</sup>

### البكتيريا

البكتيريا كائنات حية مجهرية يتراوح حجمها بين ٠,٥ ميكرون و ٢٠ ميكرون ولو أن بعضها قد يكون أصغر أو أكبر من ذلك. وتتكاثر البكتيريا بواسطة الانقسام أو بتكوين أبواغ Spores. وإذا توافرت الظروف المناسبة فإن كثيرا من أصناف البكتيريا تحيط نفسها بمادة جيلاتينية تساعد على الالتصاق بالأسطح كما وأنها تحميها من عدوان غيرها من الكائنات. وإذا اشترك عدد من الخلايا في غطاء جيلاتيني واحد سمي هذا التجمع مخاط Slime، أما إذا احتوى على خلية واحدة فيسمى كبسولة Capsule. ولا تعيش البكتيريا إلا في وسط له مواصفات خاصة فيما يتعلق بمحتواه من الماء ورقمه الهيدروجيني وتركيز الأملاح فيه وجهد الاختزال والأكسدة (جهد الأوسدة) Redox potential (R7) ودرجة الحرارة.

ومن الممكن تصنيف البكتيريا حسب خواصها الطبيعية أو الحيوية المتعلقة بالشكل أو درجة الحرارة اللازمة لنموها أو مدى حاجتها للأكسجين أو احتياجاتها الغذائية.

أ. من ناحية الشكل

- |     |  |
|-----|--|
| ١/أ | كروية أو متكورة Spherical or coccus              |
| ٢/أ | عصوية أو على شكل عيدان Bacillus or rod-shaped    |
| ٣/أ | مقوسة أو على شكل فاصلة Spirillum-curved or comma |

ب. من ناحية درجة الحرارة

- |     |  |
|-----|--|
| ١/ب | بكتيريا الجو البارد (صفر - ٢٥م) Psychrophilic  |
| ٢/ب | بكتيريا الجو متوسط الحرارة (٢٠-٤٥م) Mesophilic |



ب/٣ بكتريا الجو الحار (٤٥-٧٠م) Thermophilic

ج. حسب حاجتها للأكسجين

ج/١ هوائية Aerobic (تحتاج الهواء لكي تعيش)

ج/٢ مُخَيَّرَة Facultative (قادرة على العيش في وجود الهواء أو في غيابه ولكن معدل النمو يزداد في وجود الهواء)

ج/٣ محايدة Indifferent (قادرة على العيش في وجود الهواء أو في غيابه ولكن معدل النمو يزداد في غياب الهواء)

ج/٤ لا هوائية Anaerobic (لا تعيش إلا في غياب الهواء)

د. حسب الاحتياجات الغذائية

د/١ ذاتية التغذية Autotrophic (تستمد ما تحتاجه من طاقة بأكسدة المواد غير العضوية)

د/٢ مُخَيَّرَة التغذية (مؤتسبة الغذاء) Heterotrophic (تحصل على الطاقة اللازمة لها من مواد عضوية معقدة التركيب أو غير عضوية)

د/٣ طفيلية Partatrophic (تعيش على مواد عضوية حية)

د/٤ إغفينية Saprotrrophic (تعيش على المواد العضوية الميتة أو المتعفنة)

وللبكتريا استخدامات مفيدة وآثار ضارة ومن الاستخدامات التي تتعلق بمجال معالجة المياه، الأكسدة البكتيرية Bacterial oxidation (B4) مثل أكسدة الحديد والمنجنيز وكذلك أكسدة مركبات الكبريت والنترجة Nitrification (N6) وإزالة المواد النيتروجينية Denitrification (D12). ومن الآثار الضارة التآكل البكتيري Bacterial corrosion (B3) وانسداد الأنابيب الذي يمكن أن ينتج عن الدرنات Tubercles التي تكونها بعض أصناف البكتريا في وجود الحديد.

B3

Bacterial corrosion<sup>(1)</sup>

التآكل البكتيري

يظهر التآكل البكتيري عادة في صورة تكلسات أو تحجرات على هيئة عقد تتراكم متجاورة مما يتسبب في انسداد الأنابيب أو تنقر Pitting السطوح، وقد يتفقم هذا التنقر فيكوّن تقوبا Perforations. وهذه التكلسات هي عبارة عن بكتريا حديدية مغلقة بأكسيد الحديد وفي بعض الأحيان تحتوي على كربونات كالسيوم. والبكتريا الحديدية تعيش في وسط لاهوائي وتستمد طاقتها بتحويل أيون الحديدوز إلى

حديدك. ولما كان هذا التفاعل بطيئاً فإن البكتريا تفرز إنزيمات تزيد من سرعته وتجرد الوسط من الأكسجين فتمنع استقطاب المصدر وبذلك تضيف إلى العوامل التي تساعد على زيادة التآكل. وهناك البكتريا التي تؤكسد الهيدروجين المتولد حديثاً وهي بكتريا ذاتية التغذية تحصل على طاقتها من أكسدة الهيدروجين ومن ثم تمنع استقطاب المهبط وتساعد على التآكل. كما أن هناك أيضاً البكتريا المختزلة للكبريتات وهي من أصناف البكتريا اللاهوائية التي تتحمل بصفة مؤقتة تشبع الماء بالأكسجين وتقوم باختزال الكبريتات فتساعد على تكون أيون الكبريتيد مما يتسبب في ترسب أيونات الحديدوز على هيئة كبريتيد الحديدوز الأسود وتساعد كبريتيد الهيدروجين. ومما تجدر الإشارة إليه أن التآكل البيولوجي غالباً ما يتبع التآكل الكهروكيميائي (E5) Electrochemical corrosion الذي تزداد سرعته باستهلاك الهيدروجين.

B4

## Bacterial oxidation<sup>(1)</sup> الأوكسدة البكتيرية

يتلزم حصول البكتريا ذاتية التغذية على حاجتها من الطاقة مع عملية أكسدة من نوع ما ومن أمثلة ذلك:

(أ) تعمل بعض أصناف البكتريا ذاتية التغذية كعامل مساعد لأكسدة الحديد حيث تقوم الإنزيمات التي تفرزها هذه البكتريا بالمساعدة على تحويل أيونات الحديدوز إلى حديدك وبالرغم من أن هذا الهيدروكسيد لا يذوب في الماء إلا أنه يختفي باختزانه داخل الإفرازات الصمغية للبكتريا مثل الكبسولات Capsules والسويقات Peduncles ، والأغلفة Sheaths . ونفس أصناف البكتريا التي تقوم بأكسدة الحديد يمكنها أن تقوم بالمثل بالنسبة للمنجنيز . ويستفاد من هذه الظاهرة في إزالة شوائب الحديد والمنجنيز التي تكثر في المياه المتخلفة عن المناجم.

(ب) يمكن لبكتريا الكبريت البنفسجية أو بكتريا الكبريت الخضراء القيام بعملية تمثيل ضوئي تتم من خلاله أكسدة كبريتيد الهيدروجين ويتولد عنه كبريت تقوم البكتريا باختزانه على هيئة دقائق عالقة في سيتوبلازم خلاياها أو تؤكسده بعد ذلك إلى حامض كبريتيك.

كما يمكن لصنف آخر من أصناف البكتريا وهي بكتريا عديمة اللون القيام بأكسدة كبريتيد الهيدروجين إلى كبريت دون ما حاجة إلى الضوء.

ومن الممكن أن تتم أكسدة الكبريت إلى حامض كبريتيك بواسطة صنف آخر من البكتريا هو الثايوباسيلاس ثايوكسيدان Thiobacillus thiooxidans ومن ثم تكون الحصلة النهائية ظهور أيونات

الكبريتات. أما إذا أصبح الوسط لاهوائي فإن الكبريتات تُختزل في وجود البكتريا المختزلة التي تفرز إنزيما يعمل كعامل مساعد للتفاعل.

B5

Ball cleaning<sup>(17)</sup>

التنظيف بإمرار الكرات

لما كانت إزالة القشور بواسطة إذابتها بمحاليل مواد كيميائية قد ثبت أنها طريقة غير مجدية، فإن البديل لإزالة القشور أثناء التشغيل هو باستخدام الطرق الميكانيكية والتي تتمثل حاليا في تدوير كرات مصنوعة من مواد لينة كالإسفنج مثلا تعمل على إزالة القشور وما يكون قد ترسب من حمأة نتيجة لاستخدام مانعات القشور Antiscalants (A38). وأهم جانب من تكلفة العملية يتمثل في تعويض المستهلك من الكرات والذي يأتي عن طريقين إما اختفاء بعض هذه الكرات أو تناقص حجمها بحيث تصبح غير فعالة في إزالة القشور.

والكرات تختفي بسبب عدم قيام شبكة الاستعادة بعملها كما يجب فينتهي الأمر بهذه الكرات إلى البقاء في آخر مرحلة من غرف التبخير الومضي أو الخروج مع المياه المطرودة (B15) Blowdown.

أما تناقص حجم الكرات فيكون للأسباب الآتية:

١. التكسر أو الانفلاق
٢. التقلص
٢. التآكل المنتظم
٤. التآكل غير المنتظم

وأكبر هذه الأسباب أثرا هو الانفلاق بسبب الارتطام بالأسطح الداخلية لأجهزة التبخير والذي ينتج عنه تجمع أنصاف كرات أو أجزاء أصغر من ذلك في أوعية التصيد. أما التقلص فهو يعتمد على نوع المادة المصنوعة منها الكرات ومدى تحملها للحرارة. وفيما يتعلق بتآكل الكرات فإنه يحدث نتيجة السحج عند مداخل الأنابيب وأثناء احتكاك الكرات بجدران الأنابيب الداخلية.

وتآكل الكرات بشكل ومعدل منتظمين هو أمر مقبول كجزء من تكاليف التشغيل ولكن إذا كان التآكل غير منتظم أو كان معدله أكثر من اللازم فإن ذلك يستدعي اتخاذ إجراءات تصحيحية. ومن أشكال التآكل غير المنتظم المألوفة، تآكل الكرات بحيث تفقد كرويتها وتصبح على هيئة اسطوانة لها نهايتان كل منهما على هيئة نصف كرة.

وعدد الكرات التي تستخدم في هذه العملية يتراوح بين ٣٠-٦٠% من عدد الأنابيب دون أن تأخذ بعض الأنابيب حصتها من مرور الكرات فيها. أما استخدام عدد أكبر فقد يؤدي إلى انسداد بعض الأنابيب لوجود أكثر من كرة داخل أنبوبة واحدة في نفس الوقت بالإضافة إلى زيادة التآكل عند مداخل الأنابيب.

ويعتمد استهلاك الكرات على عوامل كثيرة من بينها:

١. عدد الكرات والمادة المصنوعة منها وكثافتها.
٢. عدد صناديق الماء Water boxes والألواح المثبتة للأنابيب Tube sheets التي على الكرات أن تمر خلالها.
٣. طول الأنابيب (طول مسار التدوير) ونعومة سطحها.
٤. الفرق بين قطر الكرات والقطر الداخلي للأنابيب.
٥. شكل مداخل الأنابيب هل هي حادة أو مفلجة Flared.
٦. معدل التدوير (عدد الدورات في اليوم الواحد).

ومما هو جدير بالذكر أن هناك علاقة وثيقة بين استخدام مانعات القشور واستخدام التنظيف بالكرات فلقد ثبت أن استخدام الكرات يؤدي إلى إمكانية خفض مستوى الجرعات اللازمة من مانعات القشور غير أنه يلزم القيام بتجارب للوصول من خلالها إلى الحصيلة الأمثل اقتصادياً من كمية المواد المانعة لتكون القشور وعدد الكرات وعدد دورات التنظيف بالكرات (متوسط عدد الكرات المستخدمة لكل أنبوبة في كل يوم).

B6

Baume scale<sup>(11)</sup>

مقياس بومييه

هو مقياس للكثافة النوعية Specific gravity للسوائل (ك.ن.) = (كثافة السائل عند ١٥م<sup>٣</sup>/كثافة الماء عند ١٥م<sup>٣</sup>). وهناك صنفان من هذا المقياس واحد يقيس الكثافة النوعية للسوائل الأقل كثافة من الماء وآخر للسوائل الأكبر كثافة من الماء. وتعرف درجة بومييه للسوائل الأخف من الماء كما يلي:

$$\text{درجة بومييه} = (١٤٠ / \text{ك.ن.}) - ١٣٠$$

ويتضح من هذه العلاقة أن سائل له كثافة الماء عند ١٥م<sup>٣</sup> ستكون قراءة مقياس بومييه له هي (١٠ بو). وكلما قلت كثافة السائل عن الماء كلما زادت القراءة على هذا المقياس فمثلاً إذا كانت كثافة السائل النسبية هي ٠,٩ فإن القراءة تكون (٢٥,٥ بو) وإذا كانت الكثافة ٠,٨ فإن القراءة تكون (٤٥ بومييه) وهكذا.

أما درجة بومييه للسوائل الأثقل من الماء فتعريفها كما يلي:

$$\text{درجة بومييه} = 145 - (145/\text{ك.ن}).$$

ومن هذا يتضح أن قراءة هذا المقياس للماء ستكون صفرا ولسائل كثافته النسبية 1,1 تكون (13,18 بومييه) وإذا كانت الكثافة النسبية 1.2 فإن القراءة تكون 24,17 بومييه). وهكذا نجد أنه كلما قلت أو زادت كثافة السائل عن الماء فإن قراءة مقياس بومييه تزداد كما يلاحظ أن الاختلافات الصغيرة في الكثافة تترجم على مقياس بومييه إلى اختلافات أكبر رقميا مما يكون له فوائد كبيرة في تصنيف السوائل المتقاربة في الكثافة أو قياس تأثير تركيز المواد الذائبة على الكثافة بطريقة أكثر وضوحا.

B7

### قلوية البيكربونات Bicarbonate alkalinity<sup>(4,7)</sup>

قلوية البيكربونات هي عبارة عن تركيز أيونات البيكربونات معبرا عنها بما يعادلها من كربونات الكالسيوم (CaCO<sub>3</sub>) ولتحويل تركيز البيكربونات إلى قلوية البيكربونات تستخدم العلاقة التالية:

$$\text{قلوية البيكربونات} = (\text{تركيز البيكربونات}) (\text{الوزن الجزيئي للكربونات} / \text{الوزن الجزيئي للبيكربونات}) \\ = \text{جزء في المليون بيكربونات} \times (1,64)$$

B8

### الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين

#### Biochemical oxygen demand (BOD)<sup>(1,2,9)</sup>

كمية الأكسجين الذائب في الماء (مقاسة بالمليجرام في اللتر) والتي تستهلك تحت ظروف محددة (عند درجة حرارة 20م وفي الظلام) في مدة معينة للقيام بالأكسدة البيولوجية للمواد القابلة للتكسر البيولوجي Biodegradation (B10) والموجودة في مياه الصرف.

وتستغرق الأكسدة البيولوجية الكاملة حوالي 21 يوما أو أكثر وتبدأ العملية بأكسدة المواد العضوية الكربونية (ذات الأساس الكربون) وتتم أكسدة هذه المواد خلال 5-7 أيام، ثم تلي ذلك أكسدة المواد العضوية ذات الأساس النيتروجيني وهي ما يطلق عليه النترجة Nitrification (N6). ونظرا لأن المدة اللازمة للأكسدة الكلية طويلة بشكل غير عملي، فقد اصطلح على اختيار خمسة أيام وهي المدة التي

تستغرقها عادة الأوكسدة البيولوجية للمواد العضوية الكربونية، ويطلق على الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين في هذه الحالة رمز (BOD<sub>5</sub>) وللحصول على الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين في مدة ٢١ يوم (BOD<sub>21</sub>) تستخدم العلاقة:

$$(BOD_{21}) = 1.46 (BOD_5)$$

وإذا كانت كل المواد العضوية الموجودة في الماء قابلة للتكسر بيولوجيا فإن الاحتياج البيوكيميائي للأوكسجين (BOD<sub>21</sub>) يساوي الاحتياج الكيميائي للأوكسجين (COD) Chemical oxygen demand (C16) والذي يتم تعيينه بالأوكسدة الكيميائية بواسطة المواد المؤكسدة. أما إذا كان الماء يحتوي على مواد عضوية قابلة للتكسر البيولوجي وأخرى غير قابلة للتكسر البيولوجي فتكون  $COD > BOD_{21}$ . وفي هذه الحالة ليست هناك طريقة للتنبؤ بالعلاقة بينهما.

B9

Biocide<sup>(1,7)</sup>

مبيد الكائنات الحية الدقيقة

اسم عام يطلق في الصناعة على المواد التي تعمل ضد نمو الكائنات الحية الدقيقة كالتحالب (A21) Algae والفطريات (F44) Fungi والبكتيريا (B2) Bacteria.

وإذا تركنا جانبا المواد السامة من مركبات المعادن الثقيلة فإنه يمكننا أن نقول أن أهم مبيدات المواد الحيوية وأكثرها استخداما هي:

- الكلور ومركبات الكلور غير العضوية
- مركبات الأمونيوم الرباعية (Q1) Quaternary ammonium compounds

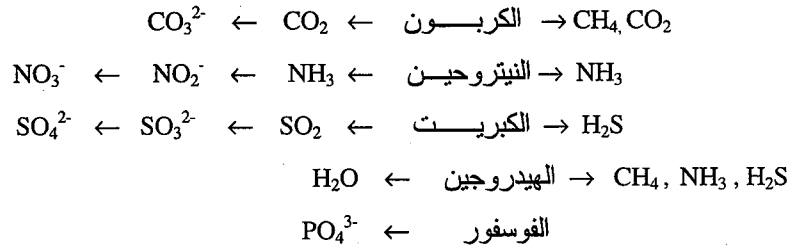
وتعتمد الجرعة اللازمة من هذه المبيدات على نوعية الماء والغرض الذي سيستخدم فيه كما أن اختيار طريقة حقن الجرعات لا تقل أهمية عن اختيار المادة المناسبة. وقد يبدو أن حقن المبيد بصفة مستمرة أمر مستحب ولكن هذا غير صحيح في أغلب الأحوال وذلك لأن هناك أصنافا من الكائنات الحية لديها القدرة على البقاء حية في وجود المبيد فترة كافية تمكنها من إنتاج سلالات جديدة قادرة على مقاومة المبيد. وللتغلب على هذه الظاهرة فإنه يتم حقن المبيد لفترة قصيرة مع تكرار ذلك من حين لآخر وهذه الطريقة تسمى المعالجة بالصددمات ويحدد طول فترة الحقن وعدد مرات تكرارها موازنة بين القدر اللازم من التحكم في التلوث البيولوجي وبين تكاليف المعالجة ويتراوح هذا العدد بين مرة كل يوم إلى مرة كل ثلاثة شهور [انظر أيضا مبيدات الميكروبات (M18) Microbiocides].

B10

## Biodegradation<sup>(2,9)</sup>

## التحلل البيولوجي

التحلل البيولوجي هو تفاعلات كيميائية تتم بواسطة كائنات حية دقيقة كالبكتريا ينتج عنها تحلل المواد العضوية المعقدة كالبروتينات والدهون إلى مركبات بسيطة، وغالبا ما يكون ذلك من خلال الاتحاد مع الأكسجين ولذلك فإن صرف مثل هذه المواد العضوية مع الماء قد يؤدي إلى إفراغ الماء من محتواه من الأكسجين. وإذا تم ذلك تسود حالة لا هوائية غير أن هذا لا يمنع بعض المواد العضوية من مواصلة التحلل إلا أن التفاعلات التي تتم في غياب الأكسجين تكون أبطأ كثيرا من التفاعلات الهوائية. كما أنه يتولد عن التحلل اللاهوائي روائح كريهة بسبب تكون مركبات رائحتها منفرة مثل كبريتيد الهيدروجين والنوشادر والميثان والأمينات الأحادية والثنائية والمركبات الكبريتية العضوية كالكحول الكبريتي (الميركابتان) ويوضح البيان التالي مأل العناصر المختلفة الداخلة في تركيب المواد العضوية في حالة التحلل البيولوجي الهوائي واللاهوائي:



ونظرا لأهمية تحديد مدى احتياج ملوثات مياه الصرف للأكسجين قبل أن يؤدي التحلل البيولوجي تأثيره الضار على البيئة فهناك طرق كثيرة لقياس ذلك، وأكثر المقاييس شيوعا للاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD (B8) والاحتياج الكيميائي للأكسجين COD (C16) والكربون العضوي الكلي TOC.

B11

## Biological filter<sup>(1)</sup>

## المرشح البيولوجي

تستخدم المرشحات البيولوجية التي تسمى أيضا المرشحات النضاضة (T11) Trickling filters في معالجة المياه الملوثة، وفيها تهبط المياه ببطء (تتسُّ) خلال مواد حشو تمتاز بارتفاع سطحها النوعي Specific surface (مساحة السطح لوحدة الحجم) ويكون هبوط الماء بحيث يواجه تيارا من الهواء الذي يصعد حرا أو مدفوعا، وبهذه الطريقة تنتشر المواد الملوثة وكذلك أكسجين الهواء خلال طبقة السائل التي تغلف مواد الحشو والتي تحتوي على بكتريا عضوية التغذية Heterotrophic bacteria والتي تكون عادة في الجزء العلوي من المرشح وبكتريا ذاتية التغذية (B2)

Autotrophic bacteria تتركز عادة قرب قاع المرشح. وفي هذه الطبقة تتم تفاعلات بيولوجية ينتج عنها ثاني أكسيد كربون (الذي يتصاعد تجاه السطح) ومواد غير عضوية تذوب في الماء (أنظر شكل ٤). وبذلك ينخفض الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين من قيمته الأصلية عند المدخل ( $BOD_0$ ) إلى قيمته في الماء المرشح ( $BOD_f$ )، وتقاس كفاءة المرشح بالنسبة بين هذين المقدارين والتي ترتبط بعدد من العوامل المؤثرة في العملية من خلال العلاقة التالية:

$$\frac{BOD_f}{BOD_0} = e^{-k_T} S^m H Q^{-n}$$

حيث

$K_T$  ثابت يتوقف على درجة الحرارة ونوعية مواد الحشو

$S$  المساحة النوعية لمادة الحشو

$m$  أس موجب قيمته أقل من واحد

$H$  سمك طبقة الحشو

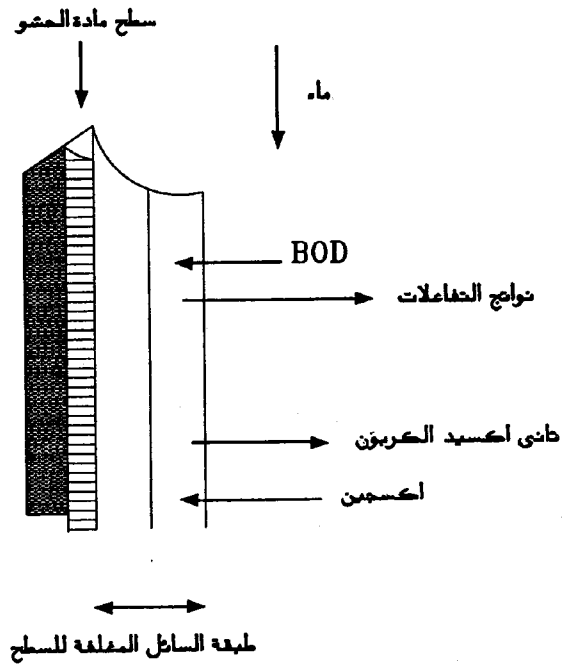
$Q$  التحميل الهيدروليكي Hydraulic loading ( $H21$ ) م<sup>٣</sup>/م<sup>٢</sup> (يوم).

$n$  ثابت

وهناك صنفان من المرشحات البيولوجية، الصنف الأول هو المرشحات المحشوة بالمواد التقليدية، والصنف الثاني مرشحات محشوة بمواد مصنوعة من البلاستيك. ووسط الترشيح من الصنف الأول عبارة عن صخر سيليكوني مجروش أو فحم كوك كالمستخدم في الأفران اللافحة. ويجب أن يكون الحشو منتظم الحجم تتراوح أقطار حبيباته بين ٤ و ٨ مم.

وفي الصنف الثاني يكون الحشو على هيئة أشكال منتظمة مصنوعة من البلاستيك تمتاز بارتفاع سطحها النوعي (٩٠-٣٠٠ م<sup>٣</sup>/م<sup>٢</sup>) كما تمتاز بالمسامية العالية جدا (حوالي ٩٥%). وقد بدأ استعمال هذا الصنف سنة ١٩٦٠ للتغلب على مشاكل الانسداد التي كثيرا ما كان يتعرض لها الصنف الأول كما أنه يمتاز بإمكانية استخدامه عند تحميل بيولوجي  $BOD$  loading (B16) عال، يتراوح بين ١-٥ كجم  $BOD_5$ /م<sup>٣</sup> (يوم). ولكن لما كانت مواد الحشو هذه أعلى ثمنا من المواد التقليدية فإن التلوث الذي يمكن إزالته بتكلفة معقولة يصبح محدودا (يتراوح بين ٣٠-٧٠%) ولذلك فإذا لزم الأمر فإن هذه المرشحات تكون متبوعة بمرشحات تقليدية أو بمعالجة حمأة منشطة (A6) Activated sludge treatment.





Aerobic layer      ١ طبقة هوائية  
 Anaerobic layer    ٢ طبقة لاهوائية

شكل (٤) عمل طبقات السائل المغلفة لمواد الحشو  
 بالمرشحات البيولوجية ( التفاضلة )  
 Trickling Filter

## الانتساخ البيولوجي (التقذر البيولوجي)

B12

### Biological fouling (Biofouling)<sup>(4)</sup>

الكائنات الحية المجهرية التي قد تكون عالقة في المياه كالطحالب (A21) Algae بأصنافها المختلفة والفطريات (F44) Fungi والبكتيريا (B2) Bacteria إذا ما ترسبت أو ترسبت نواتج تفاعلاتها البيوكيميائية فإنها تُكوّن ما يسمى بالانتساخ البيولوجي. وهو من أعقد المشاكل التي تتعرض لها الأجهزة المستخدمة في معالجة المياه مثل صهاريج التخزين والمرشحات بأنواعها ووحدات التحلية التي تستخدم الأغشية. وكل ما يساعد هذه الكائنات الحية على النمو والانقسام والتفاعل فإنه يساهم في تفاقم هذه المشكلة. وأهم وسائل مجابهة الانتساخ البيولوجي هو التعرف على أنواع الكائنات الحية الموجودة في هذه المياه ودراسة خصائص نموها والتفاعلات التي يحتمل أن تدخل فيها ومن ثم محاولة إعاقة هذا النمو وتلك التفاعلات بجعل الوسط الذي توجد فيه هذه الكائنات غير مناسب لنموها، أو باستخدام مانعات الانتساخ (A37) Antifoulants أو التخلص من هذه الكائنات باستعمال مبيدات الحيويات (B9) Biocides .

B13

### Biomass<sup>(4)</sup>

## المحتوى الحيوي

يطلق تعبير المحتوى الحيوي على كمية المواد الحية التي تحتويها بيئة معينة مقيسة بكتلة المكونات الحية في وحدة الحجم لهذه البيئة أو في وحدة المساحة لسطح هذه البيئة.

B14

### Biological pollutants<sup>(4)</sup>

## الملوثات البيولوجية

هي عبارة عن كائنات حية دقيقة (كالطحالب والبكتيريا والفيروسات) تسبب الأمراض كما أنها تستهلك الأكسجين عن طريق مساعدة المواد العضوية على التحلل البيولوجي (B10) Biodegradation مما يؤثر على الكائنات الحية كالنبات والأسماك التي لا تستطيع أن تعيش إذا ما قل محتوى الماء من الأكسجين عن حد معين (3-4 جزء في المليون) هذا بالإضافة إلى أن هذه الكائنات تفرز أثناء حياتها، ويتخلف عنها بعد موتها، إفرازات تلوث الماء بتغيير مظهره العام وطعمه ورائحته كما أن بعضها تعتبر سامة للكائنات الحيوانية العليا. [أنظر أيضا الباثوجينات (P2) Pathogens]

B15

Blowdown<sup>(7,14)</sup>

المياه المطرودة

هى مياه التصريف التي تتركز فيها الأملاح والشوائب الأخرى والتي تمثل عادم عمليات التبخير أو طرق التحلية الغشائية كما يطلق نفس الاسم على عوادم عمليات الترسيب والتخثر وهى من خطوات المعالجة المسبقة (P24) Pretreatment .

B16

BOD loading<sup>(1)</sup>

التحميل البيولوجي

هو مقياس للمدى الذي يتم به تحميل المفاعلات البيولوجية التي تستخدم لخفض الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD (B8) في المياه المراد معالجتها. ويعبر عن التحميل البيولوجي بمعدل دخول المواد العضوية المستهلكة للأكسجين منسوباً إلى حجم المفاعل، وبدلاً من معدل دخول المواد العضوية عادة ما يستخدم عدد الكيلوجرامات BOD<sub>5</sub> المراد إزالتها في اليوم منسوباً إلى حجم المفاعل بالمتر المكعب وعلى ذلك تكون وحدات التحميل البيولوجي هي كجم BOD<sub>5</sub>/ (يوم) (م<sup>3</sup>).

B17

Boiling point<sup>(11)</sup>

نقطة الغليان

هى درجة الحرارة التي عندها يتساوى الضغط البخاري لسائل ما مع الضغط الخارجي الواقع على سطحه. وعلى ذلك فنقطة الغليان تعتمد على الضغط البخاري الذي يعتمد بدوره على قوى التجاذب بين جزيئات السائل، ومن ثم فإن نقطة الغليان تزداد كلما زادت قوى التجاذب هذه كما أنها تزداد بزيادة الوزن الجزيئي للمادة.

ومن الجدير بالذكر أن نقطة غليان الماء وهى 100°م عند ضغط واحد جوي تعتبر درجة شاذة إذا ما قورنت بنقطة غليان المركبات المشابهة له مثل كبريتيد الإيدروجين H<sub>2</sub>S وهى -61°م (عند ضغط واحد جوي) بالرغم من أن وزنه الجزيئي يقترب من ضعف الوزن الجزيئي للماء. وهذا لأن جزيء الماء يشكل أربع روابط هيدروجينية (Hydrogen bonds) (H<sub>2</sub>O) وبالتالي تكون الجزيئات أقرب وأكثر ترابطاً، وهذا يجعل انفلات جزيئات الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية أصعب مما يخفف من ضغطه البخاري ومن ثم يجعل نقطة غليانه مرتفعة.

وفي ذلك حكمة إلهية فلو أن نقطة غليان الماء تتمشى مع وزنه الجزيئي لتبخر كل ما على سطح الأرض من ماء. كما أن نقطة غليان السوائل تتأثر بما قد يحتويه السائل من مواد ذائبة مما يسبب ما هو معروف بالارتفاع في نقطة الغليان (B18) Boiling point elevation .

B18

### Boiling point elevation<sup>(5,10)</sup> الارتفاع في نقطة الغليان

يتسبب وجود أملاح ذائبة في الماء في خفض ضغط البخار فوق سطح الماء وهذا يعني أن ضغط البخار فوق سطح الماء النقي عند درجة حرارة معينة يكون أعلى منه فوق سطح الماء المحتوي على أملاح ذائبة، وبمعنى آخر تكون درجة الحرارة اللازمة للوصول إلى قيمة معينة للضغط البخاري أقل في حالة الماء النقي. ولما كانت نقطة الغليان هي درجة الحرارة التي يكون فيها ضغط البخار مساويا للضغط الواقع على سطح السائل، لذلك فإن نقطة الغليان في وجود أملاح ذائبة تكون أعلى من نقطة غليان الماء النقي. ونظرا لأهمية هذا الارتفاع في نقطة الغليان وتأثيره على تصميم وتشغيل وحدات التحلية الحرارية فقد قام فابوس<sup>(6)</sup> بتجارب عديدة لتحديد الارتفاع في نقطة الغليان  $\Delta T_{bp}$  المتوقعة عند تركيز مياه البحر إلى درجات مختلفة من التركيز وعند درجات حرارة مختلفة وتوصل إلى العلاقة الاستنباطية التالية:

$$\Delta T_{bp} = \alpha_0 C + \beta_0 C^2$$

تركيز الأملاح في المحلول الملحي المتبقي بعد التبخير  
حيث C هو معامل تركيز ماء البحر = تركيز الأملاح في ماء البحر

أما  $\alpha_0$  و  $\beta_0$  فهما معاملان يعتمدان على درجة الحرارة (t) ويتخذان معها العلاقتين التاليتين:

$$\alpha_0 = \alpha_1 + \alpha_2 t + \alpha_3 t^2$$

$$\beta_0 = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 t^2$$

ولقد احتسب فابوس من نتائج تجاربه القيم التالية لمعاملات  $\alpha$  و  $\beta$ :

$$\alpha_1 = 0.2009$$

$$\beta_1 = 0.257$$

$$\alpha_2 = 0.2867 \times 10^{-2}$$

$$\beta_2 = 0.0193 \times 10^{-2}$$

$$\alpha_3 = 0.002 \times 10^{-4}$$

$$\beta_3 = 0.0001 \times 10^{-4}$$

فإذا أردنا حساب ارتفاع نقطة الغليان عند 1 جوي أي عند  $t = 100^\circ \text{م}$  فإننا نجد أن  $\alpha_0 = 0.4896$  ،  $\beta_0 = 0.0451$  وعلى ذلك تكون العلاقة عند  $100^\circ \text{م}$  هي:

$$\Delta T_{bp} = 0.4896 C + 0.0451 C^2$$

ومن هذه العلاقة نجد أن ارتفاع نقطة الغليان لماء البحر دون تركيز هي  $0.5347^\circ \text{م}$  وإذا ضعف التركيز ( $C=2$ ) فإن درجة الغليان ترتفع بمقدار  $1.16^\circ \text{م}$ .

ولقد قدم فابوس أيضا العلاقة المبسطة التالية (5) لحساب ارتفاع نقطة الغليان:

$$\Delta T_{bp} = a + bT$$

حيث

T درجة الحرارة (م)

a, b معاملين تعتمد قيمة كل منهما على معامل التركيز كما يلي:

معامل التركيز	0.4	1.0	1.4	2.0	2.4	3.0	3.6
a	0.113	0.308	0.453	0.696	0.873	1.165	1.482
$10 \times b$	0.1193	0.3092	0.4442	0.6579	0.8083	1.045	1.297

وبالمقارنة بين الطريقتين المبينة فيما يلي يتبين أن المعادلة المبسطة تعطي نتائج يتراوح اختلافها عن الطريقة الأولى بما يتراوح بين حوالي 15-20% عند  $100^\circ \text{م}$

معامل التركيز	0.4	1	2	3	3.6
الارتفاع في نقطة الغليان بالطريقة الأولى (م)	0.203	0.5347	1.16	1.8747	2.347
الارتفاع في نقطة الغليان بالطريقة الثانية (م)	0.232	0.6172	1.3539	2.21	2.779
الاختلاف النسبي بين الطريقتين (%)	14	15.4	16.7	17.9	18.4

B19

Boundary layer<sup>(5,6,18)</sup>

الطبقة المتاخمة

يطلق هذا الاسم على طبقة السائل (أو المائع على وجه العموم) الموجودة قرب سطح جسم صلب والتي تتأثر فيها حركة السائل بوجود هذا الجسم وينساب فيها السائل على هيئة رقائق تبطن للزوجية من سرعتها فتتناقص هذه السرعة كلما اتجهنا ناحية سطح الجسم الصلب، وعنده تصل قيمتها إلى الصفر. وبالرغم من أن سمك هذه الطبقة صغير جدا إلا أنها ذات تأثير كبير في عمليات الانتقال من وإلى المادة الصلبة فهي تمثل المقاومة الرئيسية التي تتحكم في معدلات انتقال المادة والحرارة. وإذا تدفق سائل في أي مجرى مصنوع من مادة صلبة فإن سطح المجرى يؤثر على حركة السائل بحيث تتكون طبقة متاخمة ملاصقة لسطح المجرى يكون فيها الانسياب طبقيًا (L3) Laminar flow أما بقية المجرى فيشغله ما يسمى بالجوف الدوامي (T9) Turbulent core . وللطبقة المتاخمة أهمية خاصة في بعض طرق التحلية مثل التناضح العكسي (R19) Reverse osmosis نظرا لأن الماء العذب يتحرك عبر الغشاء تاركا وراءه أيونات الأملاح التي يزيد تركيزها قرب السطح أي في الطبقة المتاخمة وبالرغم من وجود فارق التركيز الذي يسمح بانتقال هذه الأيونات متعددة عن سطح الغشاء إلا أن حركتها خلال الطبقة المتاخمة في طريقها إلى الجوف الدوامي لا تكون بواسطة الانتقال الدوامي Eddy transport السريع بل بالانتشار الجزيئي Molecular diffusion البطيء نسبيا مما يؤدي إلى تراكم هذه الأملاح قرب سطح الغشاء بالدرجة التي تؤدي إلى ما يسمى بالاستقطاب التركيبي (C24) Concentration polarization وفي الفرز الكهربائي الغشائي (E8) Electrodialysis أيضا نجد أن حركة الأيونات خلال الطبقة المتاخمة الملاصقة للأغشية تكون بطيئة مما يتسبب في تراكم الأملاح قرب سطح الأغشية ومن ثم يؤدي أيضا إلى الاستقطاب التركيبي.

B20

Brackish water<sup>(6)</sup>

مياه متوسطة الملوحة

المياه متوسطة الملوحة تسمى أحيانا المياه الصليبية أو المويحة وهي مياه تقع كمية الذائب فيها من الأملاح بين ما هو مقبول لهياه الشرب وبين تركيز الأملاح في مياه البحر وبالرغم من أنه ليست هناك حدود ثابتة بالنسبة لمقدار الأملاح الذائبة في هذا النوع من الماء إلا أنه قد جرت العادة

على إطلاق هذا الاسم على المياه التي تحتوي على ما بين ١٠٠٠ و ٢٥٠٠٠ جزء في المليون من الأملاح الذائبة ومن الأسماء المستخدمة أيضا الماء الأخصم والماء الزاعق أو الزعاق.

B21

Brine<sup>(5)</sup>

المحلول الملحي

يطلق هذا الاسم عادة على المحاليل التي يكون تركيز الأملاح فيها أعلى منه في ماء البحر ويعتبر العادم أو الماء المطرود في عملية تحلية المياه المالحة محلولاً ملحياً بالرغم من أنه في حالة تحلية المياه متوسطة الملوحة (B20) Brackish water يكون التركيز أقل منه في ماء البحر.

B22

Brine heater<sup>(5)</sup>

مسخن المحلول الملحي

في محطات التحلية التي تعمل بطريقة التقطير الومضي متعدد المراحل (MSF) (M32) يطلق اسم مسخن المحلول الملحي على المبادل الحراري الذي يتم من خلاله إمداد المحلول الملحي بالحرارة عن طريق تكثيف البخار الآتي من الغلاية الرئيسية، والذي يدخله المحلول الملحي بعد مروره في مكثفات المراحل المتتابعة. وفي هذا المسخن ترتفع درجة حرارة الماء إلى أعلى قيمة لها قبل أن تبدأ في دخول مراحل التبخير الومضي.

B23

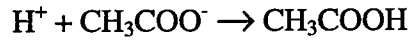
Buffer solution<sup>(1,2)</sup>

المحلول المنظم (محلول رقمه الهيدروجيني ثابت)

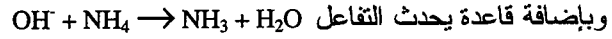
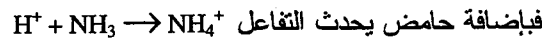
يطلق هذا الاسم على المحلول الذي لا يتأثر تركيز أيون الهيدروجين فيه إلا بنسبة ضئيلة جداً عندما يضاف إليه كمية قليلة من حمض قوي أو قاعدة قوية في حين أنه لو أضيفت نفس كمية الحمض أو القاعدة على محلول آخر فإن التغيير في الرقم الهيدروجيني يكون بالمقارنة كبير جداً.

ويحضر المحلول المنظم من حمض ضعيف مثل حامض الخليك  $\text{CH}_3\text{COOH}$  . والقاعدة المرافقة له مثل خلات الصوديوم  $\text{CH}_3\text{COONa}$  أو من قاعدة ضعيفة مثل النوشادر  $\text{NH}_3$  والمادة الحمضية المرافقة لها مثل كلوريد الأمونيوم  $\text{NH}_4\text{Cl}$  .

وتكمن فعالية المحلول المنظم في أنه إذا أضيف إليه حمض أو قاعدة فإنها تتحول مباشرة إلى إحدى مكونات المحلول. فإذا أضيف حمض إلى محلول منظم من حمض الخليك وخلات الرصاص فإن أيون الهيدروجين يتفاعل مع أيون الخلات السالب كما يلي:



أما إذا كان المحلول قاعديا مكونا من النوشادر وكلوريد الأمونيوم



وبصورة عامة فإنه يمكننا القول بأن المحلول المنظم تكون فعاليته على أكبر قدر عندما يكون تركيز الحمض الضعيف مساويا لتركيز القاعدة المرافقة له أو إذا كان تركيز القاعدة الضعيفة والحمض المرافق متساويين وكذلك يجب أن تكون كمية الحمض والقاعدة أعلى بكثير من كمية الحمض القوي أو القاعدة القوية المضافة حتى يكون التغيير في الرقم الهيدروجيني صغيرا. وللمحاليل المنظمة استخدامات كثيرة في العمليات الصناعية والتفاعلات الكيميائية التي يجب أن تتم عند رقم هيدروجيني معين.

B24

Bulk density<sup>(1)</sup>

الكثافة الظاهرية

الكثافة الظاهرية للمواد المسامية هي عبارة عن كتلة وحدة الحجم من المادة وما تحويه من فراغات. في حين أن الكثافة الحقيقية للمادة هي كتلة وحدة حجمها بدون فراغات أو مسام. وكلما زادت مسامية المادة (أي نسبة الفراغات فيها) كلما قلت كثافتها الظاهرية.



C1

### مكافئ كربونات الكالسيوم Calcium carbonate equivalent<sup>(7)</sup>

جرت العادة على التعبير عن كثير من الخواص التي تتعلق بمحتوى الماء من الأملاح الذائبة فيه مثل عسر الماء وقلوبته بما يكافئ هذه الأملاح من كربونات الكالسيوم. ويتم حساب هذا المكافئ بضرب تركيز المادة المعنية في الوزن المكافئ لكربونات الكالسيوم (الوزن الجزيئي/التكافؤ =  $50 = 2/100$ ) وقسمته على الوزن المكافئ للمادة نفسها فإذا أريد مثلا التعبير عن تركيز قدره 200 مجم/لتر من كلوريد الكالسيوم (وزنه المكافئ =  $50 = 2/111$ ) فإن مكافئ هذا التركيز يكون:  
 $200 \times (50/50) = 180,18$  جزء في المليون كربونات كالسيوم

C2

### Candle filter<sup>(1)</sup>

### مرشح شموع

أحد أصناف المرشحات الميكرونية (M21) Micron filters وهو عبارة عن وعاء اسطواني مزود بعدد من الأصابع المجوفة مقببة السطح مصنوعة من صلب غير قابل للصدأ تسمى شموع. وعلى هذه الشموع توضع طبقة رقيقة من الألياف الصناعية على هيئة جراب ثم تغلف هذه الألياف من الخارج بطبقة من مساعدات الترشيح يتم إدخالها على هيئة معلق يمرر خلال الألياف فترة كافية. ويكون الرشيق في أول هذه الفترة معكرا ويستمر إمرار المعلق في دورة مغلقة حتى يلاحظ أن الرشيق خال من العوالق، حينئذ يكون المرشح جاهزا لعمليات الترشيح المراد استخدامه فيها. وأثناء الترشيح يدخل السائل المراد ترشيحه في الوعاء الخارجي تحت ضغط وحين يمر السائل خلال الطبقة المغلفة للشموع تحجز هذه الطبقة العوالق والشوائب الموجودة به ثم يسير الرشيق طوليا في جوف الشموع صاعدا إلى حيث يتجمع ويغادر المرشح.

يتم وضع الطبقة المغلفة في بداية كل دورة ثم يستمر العمل حتى إذا ما حدث انسداد تتم إزالة هذه الطبقة من على سطح الشموع بواسطة الغسيل بالماء والهواء مع الضغط ثم التفريغ الذي يساعد على خلخلة الطبقة المغلفة وما علق عليها أو خلالها من رواسب، ومن ثم يمكن إزالتها بسهولة وبعد ذلك توضع طبقة جديدة. ومن المواد المستعملة في الطبقات المغلفة الألياف السيلولوزية وتراب الدياتوم (D19) Diatomaceous earth ومسحوق الكربون المنشط (A5) Activated carbon ومسحوق راتجات التبادل الأيوني (I11) Ion exchange resins.

C3

Cartridge filter<sup>(6)</sup>

المرشح الخرطوشي

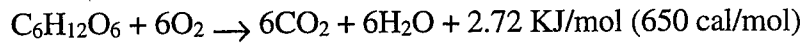
هو صنف من أصناف المرشحات الميكرونية يثبت عادة على خط السائل المراد تخليصه من الشوائب الدقيقة ويتكون من اسطوانة بها عدد من وحدات الترشيح تسمى خرطيش يحتوي كل منها على وسط الترشيح وتستخدم هذه الخرطيش عادة لكي تزيل العوالق التي أحجامها ١٠ ميكرون أو أكبر غير أن هناك أصنافا يمكنها فصل الجسيمات التي تقل أحجامها عن ١٠ ميكرون. والخرطيش نوعان، نوع وسط الترشيح فيه من الغزل الملفوف أو ورق الترشيح المشبع براتنجات خاصة وهذا النوع لا يمكن تنظيفه، أما النوع الآخر فوسط الترشيح فيه عبارة عن أحجار مسامية أو صلب مسامي غير قابل للصدأ وهذا الصنف يمكن تنظيفه باتباع تعليمات يحددها المنتج.

C4

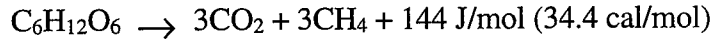
Catabolism<sup>(1)</sup>

الأيض الهدمي / التمثيل الغذائي الهدمي

يمثل الأيض الهدمي والأيض البنائي Anabolism (A28) كل أنواع التحولات الكيميائية التي تتم في الخلايا الحية. وعلى النقيض من الأيض البنائي فإن الأيض الهدمي يرمز إلى التفاعلات الطاردة للحرارة التي يتم من خلالها تحويل الجزيئات المركبة ذات الوزن الجزيئي الكبير إلى جزيئات صغيرة. وإذا تمت عملية الأيض في وجود الهواء ينتج عنها ثاني أكسيد الكربون والماء كما يحدث عند أكسدة الجلوكوز.



أما إذا كان الأيض لاهوائيا (في معزل عن الهواء) فإن انتقال الهيدروجين يكون إلى عنصر آخر أو جزئ آخر غير الأكسجين كما يتبين من التفاعل التالي:



ومن الملاحظ هنا أن الأيض الهدمي الهوائي ينتج ما يقرب من عشرين ضعف الحرارة الناتجة عن الأيض الهدمي اللاهوائي. ولذلك فالكائنات الحية تعتمد أساسا على الأيض الهدمي الهوائي في الحصول على الطاقة اللازمة لبقائها.

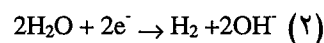
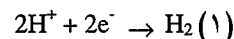
C5

### الاستقطاب المهبطي (الكاثودي) Cathode polarization<sup>(4)</sup>

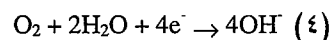
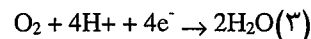
إن التآكل كعملية كهروكيميائية يبدأ إذا ما كان هناك فرق في الجهد الكهربائي بين نقطتين في معدنين مختلفين أو حتى في نفس المعدن ويؤدي ذلك إلى تحول نقطة الجهد العالي إلى مهبط (كاثود) في حين تتحول نقطة الجهد المنخفض إلى مصعد (أنود) وبذلك يتكون ما يعرف بخلية التآكل ومن ثم يبدأ المعدن في التآكل، إذ يأخذ الحديد في الذوبان عند المصعد كما يلي:



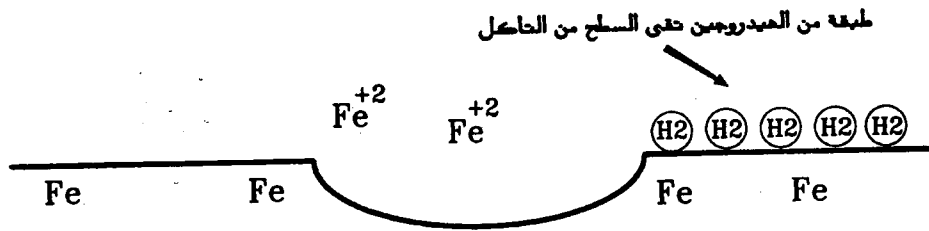
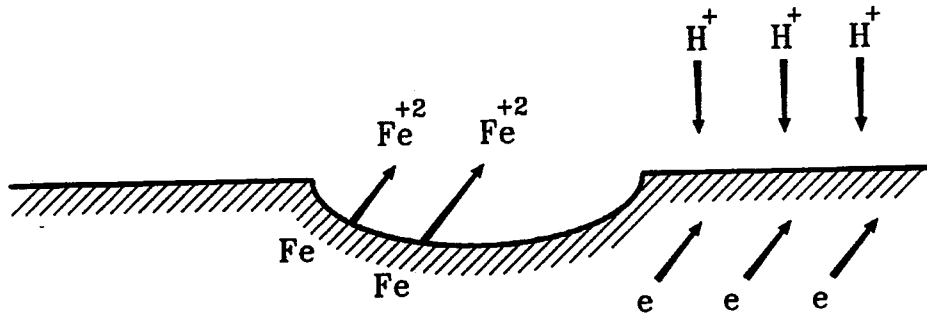
ثم تسري الإلكترونات خلال المعدن متجهة إلى المهبط حيث تكون السبب في حدوث تفاعلات عديدة أهمها اختزال أيونات الهيدروجين أو الماء مسببة تصاعد غاز الهيدروجين في غياب الأكسجين:



وفي وجود الأكسجين تتم التفاعلات الآتية:



وطبقا لقاعدة لوشاتيليه (L6) Le Chatelier Principle ، فإن وجود الهيدروجين عند المهبط يعوق التفاعلين (1 و 2) وبالتالي يبطئ عملية التآكل. وطبقا لنفس هذه القاعدة فإن إعاقة وصول الأكسجين إلى المهبط يؤدي إلى بطء التفاعلين (3 و 4) وبالتالي يقلل من التآكل، وهذا ما يسمى بالاستقطاب المهبطي (أنظر شكل 5). وعمليا فإن ذلك يتم تنفيذه عن طريق استعمال مانعات التآكل المهبطي وهي مواد تُكوّن طبقة رقيقة ولكنها غير نفاذة على سطح المهبط مما يمنع وصول الأكسجين إليه وبالتالي يعوق استمرار عملية التآكل عند المصعد.

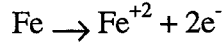


شكل (٥) الاستقطاب المحيطي بواسطة الهيدروجين  
عند رقم هيدروجيني منخفض

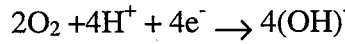
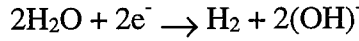
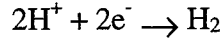
C6

## الوقاية المهبطية (الكاثودية) Cathodic protection<sup>(1,2)</sup>

إن وجود فرق في الجهد الكهربائي بين موقعين من معدن واحد أو بين معدنين مختلفين يؤدي في وجود الماء والهواء إلى تكوين خلية كهروكيميائية بحيث يصبح الموقع ذو الجهد المنخفض قطباً موجباً (مصعداً) والموقع ذو الجهد المرتفع قطباً سالباً (مهبطاً) وعند المصعد يبدأ المعدن في الذوبان بتحول ذرات الحديد إلى أيونات حديد ذائبة كما يلي:



وذلك حتى يمد المهبط بالإلكترونات اللازمة للتفاعلات التي تتم عنده مثل:



تشتمل عملية الوقاية المهبطية على وصل المهبط بقطب كهربائي أكثر سالبية مثل الماغنسيوم الذي يتآكل أسرع من الحديد. وبهذه الطريقة يتم تزويد سطح المهبط بالإلكترونات اللازمة دون أن يذوب الحديد. وتستعمل هذه الطريقة لحماية السفن أو الأنابيب المعدنية الكبيرة من التآكل.

C7

## أيون موجب (كاتيون) Cation<sup>(2,8)</sup>

عندما تذوب الأملاح في الماء فإنها تتأين أي أنها تنفصل إلى شقين أحدهما يحمل شحنة موجبة، وهو الأيون الموجب (الكاتيون) ويسمى أيضاً بالشق القاعدي، والآخر يحمل شحنة سالبة وهو الأيون السالب (الأنيون) ويسمى أيضاً بالشق الحامضي، فملح الطعام مثلاً NaCl عندما يتأين فإنه يعطي أيون الصوديوم  $\text{Na}^{+}$  وهو الأيون الموجب (الكاتيون) كما يعطي أيون الكلوريد  $\text{Cl}^{-}$  وهو الأيون السالب (الأنيون) وتتوقف عدد الشحنات التي يحملها الكاتيون على تكافؤ الشق القاعدي في الملح فمثلاً أيون الكالسيوم وهو ثنائي التكافؤ يحمل شحنتين  $\text{Ca}^{+2}$  أما أيون الألومنيوم وهو ثلاثي التكافؤ فيحمل ثلاث شحنات  $\text{Al}^{+3}$ .

C8

## راتنجات تبادل الأيونات الموجبة Cation exchange resins<sup>(1,5,7)</sup>

راتنجات مصنعة عبارة عن سلاسل هيدروكربونية متصلة بمجموعات فعالة غير عضوية لتكون مصفوفات Matrices عليها فائض من الشحنات السالبة، تتركز في مواضع معينة في نسيج هذه المصفوفات وتستطيع بذلك أن تجذب إليها أيونات موجبة ترتبط بها ارتباطا غير وثيق يسمح بتبادل هذه الأيونات مع أيونات أخرى شحنتها الموجبة أكثر قوة.

ومن أمثلة هذه الراتنجات راتنج البولي ستيرين الذي يتم تحضيره ببلمره الإستيرين Styrene في وجود حوالي ٨,٥% من الداى فايناييل بنزين، ليعطي ناتجا على هيئة خرز. فإذا غمر هذا الناتج في حامض كبريتيك مركز يتم تثبيت مجموعات سلفونات  $SO_3^-$  على جزيئات البنزين وبذلك تنتشر على الراتنج شحنات سالبة تسمح بتكوين روابط غير وثيقة مع الأيونات الموجبة كأيون الهيدروجين  $H^+$  فإذا وضع هذا الراتنج بعد ذلك في محلول مائي به أيونات موجبة كأيونات الصوديوم أو الكالسيوم مثلا، يحدث تبادل بين هذه الأيونات وأيونات الهيدروجين الموجودة في الراتنج وهو ما يسمى بالتبادل الأيوني Ion exchange (I9). وهناك صنف من الراتنجات تكون المجموعة الفعالة بها هي مجموعة الكربوكسيل  $COO^-$  فإذا انخفض الرقم الهيدروجيني في الوسط الموجودة فيه هذه الراتنجات، فإن الكربوكسيل يتحد بأيون الهيدروجين مكونا مجموعة حمضية (COOH) لاتتأين بسهولة ومن ثم فإنه لا يمكن استخدام هذا الصنف في التبادل الأيوني إلا إذا كان الرقم الهيدروجيني مرتفعا . [انظر أيضا راتنجات التبادل الأيوني Ion exchange resins (I11) ] .

C9

## التجوف Cavitation<sup>(18)</sup>

التجوف هو تكون تجاويرف من البخار على هيئة فقائيع داخل سائل أثناء سريانه، ثم تكسر أو انهيار هذه الفقائيع. وتتكون التجاويرف في أي موضع داخل السائل، إذا ما انخفض الضغط بحيث يصبح أقل من الضغط البخاري للسائل عند درجة الحرارة السائدة في هذا الموضع. ومن الممكن أن تتولد مناطق الضغط المنخفض هذه إذا ما ارتفعت سرعة السائل موضعيا، كما في الدوامات وعند المنحنيات وأثناء دوران جسم صلب داخل السائل، كما يحدث أثناء دوران مروحة مضخة من مضخات الطرد المركزي. وعندما تنتقل فقائيع البخار التي تكونت إلى مناطق يكون الضغط الموضعي فيها أعلى من الضغط البخاري، فإن هذه التجاويرف تنهار أو تتكسر محدثة أصوات واهتزازات غير مرغوب فيها. كما أن تكرار هذه العملية يسبب تآكل وتقر سطوح الأجسام الصلبة

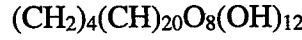
المحيطة بهذه المناطق مسببة ما يعرف بالتآكل التجويفي Cavitation corrosion. ولعل من أهم مضار التجويف هو انخفاض أداء وكفاءة الأجهزة التي يحدث فيها. ومن أمثلة الأجهزة المعرضة للتجويف الصمامات المستخدمة للتحكم في سرعة السائل، والمنحنيات الأنبوبية، والمضخات. [أنظر أيضا النحر/الحت (E21)].

C10

Cellulose<sup>(2,9)</sup>

السيولوز

السيولوز كمادة كربوهيدراتية هو عبارة عن سكر عداوي Polysaccharide مكون من سلاسل متفرعة من جزيئات الجلوكوز (د)  $(C_6H_{12}O_6)$  d-glucose والرمز الكيميائي للوحدة الأساسية للسيولوز هو:



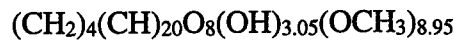
والتي يتكون السيولوز من عدد كبير جدا منها على هيئة بولمر. ويقوم بإنتاج السيولوز في الطبيعة سيتوبلازم الخلايا النباتية، ومنه يتكون الجزء الأساسي من جدران هذه الخلايا وهو من أكثر المواد العضوية انتشارا في الطبيعة. والقطن والجوت والكتان تعتبر من أنقى أنواع السيولوز أما الخشب فنصفه تقريبا سيولوز ومن هذه الخامات السيولوزية يصنع الورق والسلفون والحريير الصناعي وأسيتات السيولوز Cellulose acetate (C11).

C11

Cellulose acetate<sup>(5,6)</sup>

خلات (أسيتات) السيولوز

عبارة عن ملح عضوي ينتج من تفاعل حامض الخليك (الأسيتيك) أو أنهيدريد الخليك مع السيولوز في وجود حامض كبريتيك. وبإضافة ملدنات Plasticizers تكتسب المادة مقاومة للشد ثم يتم تلدينها بالتسخين Thermoplasticization بعدها تصبح صالحة لأن يصنع منها أغشية شبيهة بفاذة Semipermeable membranes (S18). ولما كانت الوحدة الأساسية المتكررة في جزيء السيولوز بها إثنا عشر مجموعة هيدروكسيل، لذلك فإن إحلال مجموعة الهيدروكسيل بنسب مختلفة ينتج عنه أنواع مختلفة من خلات السيولوز فمثلا هناك CA-376 فيها في المتوسط ٨,٩٥ مجموعة خلات تم إحلالها محل عدد مماثل من مجموعات الهيدروكسيل بحيث تصبح الوحدة الأساسية المتكررة:



وهناك CA-383 وفيه يكون قد تم إحلال ٩,٢٢ مجموعة خلايا محمل مجموعات هيدروكسيل وإذا وصلت درجة الإحلال إلى ١١ من ١٢ تبدأ تسمية الناتج بثلاثي خلايا (أسيتات) السيلولوز Cellulose triacetate .

C12

### الفصل (الفرز) بالطرد المركزي Centrifugal separation<sup>(9)</sup>

عند تدوير سائل محمل بالمواد الصلبة في وعاء اسطواني (نصف قطره R) بسرعة زاوية angular velocity (w radians/sec) فإن محتويات هذا الوعاء تقع تحت تأثير مجال طرد مركزي يجعلها تتسارع بما يسمى تسارع طرد مركزي a يساوي:

$$a = w^2 R = \left( \frac{2\pi}{60} \right)^2 N^2 R = 0.011 N^2 R$$

وإذا علمنا أن تسارع الجاذبية الأرضية (g) = ٩,٨١ م/ثانية<sup>٢</sup> فإن (a/g) تُعبّر عن تسارع الطرد المركزي مقيسا بمضاعفات الجاذبية الأرضية، ومن ثم تكون قوة الطرد المركزي  $F_c$  التي تؤثر على أي جسم صلب أحادي الكتلة كثافته  $d_s$  معلق في سائل كثافته  $d_l$  يدور N لفة في الدقيقة في وعاء نصف قطره R هي:

$$F_c = 0.011 N^2 R (d_s - d_l) / g$$

وكما يظهر فإن عملية الفصل بالطرد المركزي، تعتمد على اختلاف الكثافة بين مكونات الخليط كما أنها تعتمد أيضا على سرعة تخلخل السائل خلال الطبقات المسامية التي يُكوّنّها تراكم الجسيمات الصلبة. هذا ومن الممكن التحكم في عملية الفصل بتغيير سرعة دوران الوعاء الاسطواني وشكله وأبعاده.



C13

## الطرد المركزي للحمأة Centrifugation of sludge<sup>(1,7,9)</sup>

هناك أصناف معينة من فرازات الطرد المركزي Centrifuges يمكن استخدامها في تغليظ الحمأة Thickening of sludge ولكن نظرا لأن هذه الطريقة تستهلك قدرا كبيرا من الطاقة فيقتصر استخدامها على الحمأة التي تكون شديدة الألف للماء (H26) Hydrophile ويبقى الاستخدام الأكثر شيوعا للطرد المركزي في نـزح الماء (D16) Dewatering الذي يكون أنسب أصناف فرازات الطرد المركزي للقيام به هي الفرازات ذات الحوض المخروطي المصمت Solid bowl وفيها تدخل الحمأة إلى الحوض المخروطي المصمت من خلال عمود إدارتها الأجوف Hollow shaft . وبسبب الدوران السريع للحوض تتجه الحمأة ناحية محيط الحوض، ويتسبب اختلاف الكثافة بين المواد الصلبة والسائل في أن تتماسك المواد الصلبة بجوار الحائط، ومن هناك يتم إخراجها بواسطة لولب يدور بسرعة أعلى من سرعة دوران الحوض.

أما فرازات السلال Basket centrifuge فهي تستخدم في عمليات التثخين Thickening التي يناسبها العمل بالطريقة المتقطعة Batch process . وهناك صنفان من هذه الفرازات، الفرازات ذات السلال المصمتة وفيها يدخل تيار التغذية قرب المركز ويترد ناحية الحائط، وفي حين تتركز المواد الصلبة في قاع السلة فإن السائل يغادرها طفحا Overflow فوق شفتها العليا. أما السلال المتقوية فهي تبطن بوسط ترشيح تتجمع عليه المواد الصلبة، في حين يسمح بمرور السوائل عبره ثم من خلال ثقوب السلة وهذه الفرازات مفيدة في حالة الرغبة في استعادة المواد الصلبة، والاهتمام بدرجة جفافها.

وعلى وجه العموم ففرازات الطرد المركزي تعطي مواد صلبة منزوع ماؤها تعادل في جفافها تلك الناتجة من الترشيح الخوائي Vacuum filtration .

C14

## المواد الكلايية Chelants<sup>(2,4,7)</sup>

المواد الكلايية هي مركبات تحتوي على ذرات مانحة Doner atoms يمكنها الاتحاد بروابط تواسلية تنسيقية Coordinate bonds مع أيونات فلزية لتكون مركبات حلقيه تسمى المركبات الكلايية Chelating complexes (وهي تستمد اسمها من كلابات سرطان البحر Lobster chela) ترمز إلى الحلقة الرابطة بين المادة الأصلية والأيون الفلزّي وكل حلقة تعطي الانطباع وكأن الأيون الفلزّي مقيد بـكلاية أو كـماشة Pincer . وترجع أهمية المواد الكلايية إلى أنها تمدنا بوسيلة للتحكم في خواص الأيونات

الفلزية، لأن الأيون الفلزّي بعد اتحاده مع هذه المواد تصبح له صفات مختلفة تماماً خاصة من ناحية الذوبانية. ومن بين المواد التي لها خواص كلابية نجد عديدي الفوسفات Polyphosphates والأحماض الكربوكسيلية الأمينية Aminocarboxylic acids وعديدي الأمينات والفينولات الأمينية وبعض اللدائن مثل البولي إيثيلين أمين والبولي ميثاكريلوأسيتون.

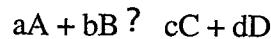
ومن أهم صفات المواد الكلابية:

- (١) تنحية الأيونات (S19) Sequestration وهي تعني إعاقة ظهور بعض خواص الأيونات الفلزّية دون ما حاجة لإزالتها من الوسط الذي توجد فيه، وتستخدم هذه الخاصية في التحكم في عسر الماء.
- (٢) الإذابة Solubilization بجعل مكونات طور من الأطوار تذوب في وسط هي عادة لا تذوب فيه، ويستفاد من هذه الخاصية في التخلص من قشور الغلايات والمبادلات الحرارية.
- (٣) التنظيم أو التخميد Buffering ويعني الإقلال من تأثير إضافة أو إزالة كمية كبيرة من أيون فلزي على تركيزه في المحلول، وهذه الخاصية تجد استخداماً في تحضير مغذيات دقيقة من الأيونات الفلزّية Micronutrient metal ions لاستعمالها بتركيز منخفضة جداً في أوساط النمو البيولوجي.

C15

## الالتزان الكيميائي Chemical equilibrium<sup>(10,11)</sup>

التفاعلات الكيميائية لا تتجه إلى الاكتمال، أي إلى أن تختفي جميع المواد المتفاعلة وتستبدل بالمواد الناتجة، ولكنها تتجه إلى أن تصبح المواد المتفاعلة المتبقية والمواد الناتجة فيما يسمى بحالة التوازن أو التوازن الكيميائي. ويقاس مكان هذا التوازن بما يسمى بثابت التوازن  $K_e$  فإذا كان هناك تفاعل مثل:



فإن ثابت التوازن  $K_e$  يساوي

$$K_e = [C]^c [D]^d / [A]^a [B]^b$$

حيث ترمز الكميات التي بين الأقواس [ ] إلى التركيز المولاري للمواد المتفاعلة والناتجة.

ومن قوانين علم الحركة الحراري Thermodynamics يمكن الوصول إلى العلاقة التي تربط ثابت

الالتزان بالطاقة الحرة  $\Delta G$  Free energy (F33) والطاقة الحرة القياسية  $\Delta G^\circ$

$$\Delta G = \Delta G^{\circ} + RT \ln K_c$$

وإذا علمنا أن المواد الناتجة والمتفاعلة يكون لها نفس الطاقة الحرة عند حالة التوازن أي أن  $\Delta G = 0$ ، من ذلك نجد أن

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_c$$

أي أن مكان التوازن يرتبط مباشرة بقيمة الطاقة الحرة القياسية. وعلى ذلك فإذا عرفنا قيمة الطاقة الحرة القياسية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة من الممكن حساب الطاقة الحرة القياسية للتفاعل

$$\Delta G^{\circ} = [c(\Delta G^{\circ})_c + d(\Delta G^{\circ})_d] - [a(\Delta G^{\circ})_a + b(\Delta G^{\circ})_b]$$

ومن هذه يمكننا حساب قيمة  $K_c$

$$K_c = e^{-RT/\Delta G^{\circ}}$$

وكما زادت قيمة  $K_c$  فإن ذلك يعني زيادة المواد الناتجة أي أنه كلما زادت قيمة  $K_c$  كلما اقترب التفاعل من التمام.

C16

## Chemical oxygen demand<sup>(1,2,9)</sup> الاحتياج الكيميائي للأكسجين

كمية الأكسجين (جزء لكل مليون جزء ppm) التي يتم استهلاكها (تحت ظروف محددة) لأكسدة المواد العضوية الموجودة في الماء سواء كانت قابلة للتكسر بيولوجيا أم لا وكذلك المواد غير العضوية القابلة للأكسدة بما فيها الأملاح غير العضوية مثل الكبريتيدات وأملاح الفلزات ذات التكافؤ المنخفض. والطريقة النمطية لتعيين الاحتياج الكيميائي للأكسجين هي بوضع كمية معينة من الماء في دورق يحتوي على ثاني كرومات البوتاسيوم وحمض كبريتيك (الذان يعطيان حامض كروميك وهو عامل مؤكسد قوي) وبعد الغليان المرند Refluxing لمدة ساعتين يبرد المحلول ويتم تعيين ما تبقى من الكرومات بمعايرة الأخدسة Redox titration. ومن كمية الكرومات التي استهلكت في عملية الأكسدة يمكن حساب الاحتياج الكيميائي للأكسجين.

C17

## التثبيت الكيميائي للحمأة Chemical stabilization of sludge<sup>(1,9)</sup>

من الطرق المستخدمة لتثبيت الحمأة Sludge stabilization (S37) معالجتها كيميائيا إما باستعمال الكلور أو الجير. وللتثبيت بالكلور تحقن الحمأة بجرعات كبيرة من الكلور تزيد على ٢٠٠٠ مجم/لتر في صهاريج مغلقة، وينتج عن ذلك حمأة جاهزة لعملية نزع الماء Dewatering (D16) الذي غالبا ما يتم باستخدام مرشحات مضغوطة ويلاحظ أن الرشيق الناتج وقوالب الحمأة كلاهما حمضي، ويتطلب ضبط الرقم الهيدروجيني. أما المعالجة بالجير فتشتمل على إضافة الجير لرفع الرقم الهيدروجيني إلى ١١ أو أكثر. ولضمان تثبيت الحمأة وقتل الميكروبات يرفع الرقم الهيدروجيني إلى ١٢,٢-١٢,٤ على أن يحتفظ به أعلى من ١١ لمدة تزيد على أسبوعين، وتعتمد الكمية اللازمة من الجير لتحقيق ذلك على نسبة المواد الصلبة الموجودة في الحمأة، فمثلا تحتاج الحمأة المحتوية على ١% مواد صلبة إلى ٢٦٠٠ مجم/لتر وإلى ٥٠٠٠ مجم/لتر للحمأة المحتوية على ٣% مواد صلبة وذلك لرفع الرقم الهيدروجيني إلى ١٢.

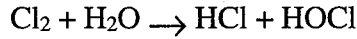
C18

## الكلورة Chlorination<sup>(3,6,9)</sup>

الكلورة هي أكثر الطرق استعمالا في تطهير الماء Disinfection (D27) من الميكروبات وفيها يستخدم غاز الكلور أو الهيبوكلورينات أو ثاني أكسيد الكلور. وفعالية هذه المواد في تطهير الماء تعتمد على الجرعات المستخدمة وعلى زمن التلامس، ففي حين تكفي جرعة صغيرة إذا أعطيت وقت تلامس طويل بالقدر الكافي فإنه إذا كان وقت التلامس محدودا لزم استخدام جرعات كبيرة للحصول على درجة التطهير المستهدفة.

وبعد التثبيت السريع للمادة المستخدمة عند نقطة إضافتها يجب إعطاء زمن تلامس ما بين ١٥-٣٠ دقيقة ويعتبر الكلور المتبقي أهم المؤشرات التي يجب قياسها مباشرة بعد المعالجة للدلالة على درجة التطهير ومقدار استكمال التفاعلات الأخرى التي تتم مع الكلور خلال فترة التلامس، وعادة ما يكون من المطلوب الحصول على كلور متبقي في حدود ٠,٥ مجم/لتر. [أنظر أيضا الكلور المتبقي (R14) Residual chlorine].

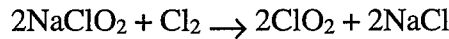
وعند استخدام غاز الكلور كمادة مطهرة فإنه يتفاعل مع الماء منتجا حامض هيدروكلوريك وحامض هيبوكلوروز



وحامض الهيبوكلوروز يعتبر من أكثر المطهرات فعالية عند رقم هيدروجيني ما بين ٦,٥، ٧,٥ وإبقاء الرقم الهيدروجيني أقل من ٧,٥ يجعل حامض الهيبوكلوروز أقل قابلية للتحلل وبالتالي يكون أكثر فاعلية وفي مياه الصرف المحتوية على النوشادر يتحد الكلور معها مكونا أحادي الكلورامين وهي مادة مطهرة في حد ذاتها ولكنها أبطأ فاعلية.

أما الهيبوكلوريتات فأكثرها استخداما هيبوكلوريت الكالسيوم والصوديوم وللهيبوكلوريتات نفس قدرة الكلور على الأكسدة وبالتالي التطهير. والمفاضلة بين الكلور والهيبوكلوريتات يعتمد على النواحي الاقتصادية فالبرغم من أن الهيبوكلوريتات أكثر أمانا في استخدامها إلا أن تكاليف التشغيل أعلى منها في حالة الكلور.

ومن المواد الأخرى المستعملة لنفس الغرض ثاني أكسيد الكلور ( $\text{ClO}_2$ ) وهو غاز سريع التفكك ومسبب قوي للتآكل Extremely corrosive ولذلك عادة ما يتم تحضيره أولا بأول في موقع العمل بخلط كلوريت الصوديوم مع الكلور في وجود الماء



ومن أهم مميزات ثاني أكسيد الكلور فعاليته عند مدى أوسع من الرقم الهيدروجيني ولكنه أعلى من غيره من مواد الكلورة. [أنظر أيضا مبيدات الميكروبات (M18)].

C19

Clarification<sup>(3,9)</sup>

الترويق

الترويق من أقدم طرق معالجة المياه ويقصد به أساسا تخليص المياه السطحية من المواد العالقة والمواد الغروية التي تعكر الماء وتسبب تغيير لونه. والترويق في الأعم يشمل عمليات عديدة منها التخثر Coagulation (C21) والتدمج Flocculation (F20) والترسيب Sedimentation (S16) ونادرا ما يتم ترسيب المواد العالقة خاصة المواد الغروية من غير استخدام التخثر الذي يستلزم إضافة مواد كيميائية تسمى المخثرات Coagulants (C20) تعمل على التخلص من الشحنات الكهربائية التي تمنع تجمع المواد العالقة على هيئة حبيبات. أما التدمج ففيه يجري التقليل البطيء الذي يساعد على تجميع هذه الحبيبات بحيث يسهل ترسيبها، ويجب أن يتم التحكم في سرعة التقليل حتى لا تؤدي زيادة

سرعته عن الحد المطلوب إلى تفتت هذه التجمعات. وفي الخطوة الأخيرة وهي الترسيب تتجه التجمعات الحبيبية إلى أسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية مكونة ما يسمى بالحماة (S28) Sludge تاركة الماء المروق في الجزء العلوي من صهريج الترويق. وبالرغم من أن أجهزة الترويق قد تختلف في أشكالها وأحجامها إلا أنها جميعا يجب أن توفر الجو اللازم لإجراء العمليات الثلاث بالكفاءة المطلوبة.

C20

Coagulants<sup>(3,9)</sup>

المخثرات

هي عبارة عن مواد كيميائية إذا أضيفت إلى الماء فإنها تعمل على زعزعة ثبات العوالق الغروية والتي لكونها دقائق تحمل شحنة كهربائية متماثلة فإنها تتنافر ولا تتجمع، وبالتالي تبقى عالقة ويلزم لتجميعها أن تتم معادلة الشحنات التي تحملها. والمخثرات التي شاع استخدامها في معالجة المياه منذ أواخر القرن الماضي، هي عبارة عن أملاح غير عضوية، الكاتيون فيها عديد التكافؤ (ثنائي أو ثلاثي). وتزداد قدرة التخثر بازدياد تكافؤ الأيون الحامل للشحنة المضادة للشحنة الموجودة على الدقائق الغروية، التي عادة ما تكون سالبة مما يجعل كفاءة المخثر تزداد بازدياد تكافؤ الكاتيون. وهذا يفسر شيوع استخدام كبريتات الألومنيوم وكلوريد الحديدك. وأكبر عيوب كبريتات الألومنيوم هي أن فاعليته تقتصر على مدى محدود من الرقم الهيدروجيني (6,8-7,5). في حين تمتد فعالية كلوريد الحديدك من رقم هيدروجيني 4 إلى 11. ويكثر استعمال الجير كمادة مخثرة لرخص ثمنه وفعاليته العالية، ولكنه حساس جدا للرقم الهيدروجيني وكمية الحمأة المترتبة على استخدامه كبيرة جدا إذا ما قورن بغيره من المخثرات.

C21

Coagulation<sup>(3,9)</sup>

التخثر (التجلط)

تحويل الجسيمات الغروية (قطرها أقل من 0,001 مم) والجسيمات العالقة (قطرها بين 0,001 و 0,1 مم) إلى جسيمات تُرى بالعين المجردة تتراوح أقطارها بين 0,1 مم و 1 مم، بواسطة إضافة مواد مخثرة Coagulants (C20) تقوم بإضعاف أو معادلة الشحنة الكهربائية التي تحيط بالجسيمات العالقة وبذلك تقلل من التناثر الموجود بين هذه الجسيمات. والتخثر وهو عملية كيميائية عادة ما تسبق التمتعج Flocculation (F20) وهو عملية فيزيائية يتم من خلالها تجميع أو دمج الجسيمات التي هي أصغر من أن ترسب تلقائيا بفعل الجاذبية إلى تجمعات يسهل ترسيبها.

C22

## Colloids<sup>(2)</sup>

## الغرويات

هي عبارة عن جسيمات صلبة صغيرة إلى الحد الذي يجعلها لا ترسب بفعل الجاذبية إذا وجدت في الماء ولا يمكن فصلها منه إلا بواسطة التخثر (C20) Coagulation أو بالطرق البيوكيميائية أو بالترشيح الغشائي. وهي تكوّن مع الماء ما يعرف بالمحاليل الغروية والتي يتوسط حجم الجسيمات الموجودة فيها بين المزيج المعلق Suspension والمحلّول الحقيقي True solution ، فتكون أحجامها عادة بين 10-10<sup>4</sup> أنجستروم. والعوالق الرغوية تتميز بثبات كبير بفعل التذاب Solvation (S44) أو كنتيجة للقوى الكهروستاتيكية الناتجة عن وجود شحنة كهربائية على سطح الجسيمات (والتي غالبا ما تكون سالبة) تعمل على تنافر هذه الجسيمات بعيدا عن بعضها مما يعوق اندماجها.

C23

## Compaction of membranes<sup>(6)</sup>

## انضغاط الأغشية

تقع الأغشية المستخدمة في التناضح العكسي أثناء التشغيل تحت ضغوط عالية تتسبب في انضغاطها مما يجعل نفاذيتها تتناقص مع الوقت وعادة ما يعزى تناقص معدل التدفق (F25) Flux decline خلال الأغشية إلى هذه الظاهرة.

وتختلف الآراء في مكان حدوث الانضغاط، هل هو في الطبقة الفعالة Active layer أم في التكوين المسامي تحتها Porous substructure أو بينهما. وتبذل جهود كبيرة في إنتاج أغشية تقاوم هذه الخاصية. وتتركز هذه الجهود بالنسبة لأغشية أسيتات السيلولوز في استخدام أغشية أقل سمكا، وتجربة تأثير الوزن الجزيئي ودرجة ونوعية المجموعات التي يتم إدخالها على جزيئ أسيتات السيلولوز. كما أنه قد تمت محاولات لزيادة مقاومة الأغشية للانضغاط باستخدام مواد مألوفة كالكربون وسيليكات الألومنيوم، وكذلك بواسطة تطعيم جزيئ أسيتات السيلولوز بسلاسل جانبية Side chains بها مجموعات عليها شحنات كهربائية Charged groups. وبالرغم من أنه من المؤكد أن الانضغاط يساهم مساهمة كبيرة في تناقص معدل التدفق فإن الآراء تختلف في أيهما أكبر أثرا الانضغاط أم الاتساخ (F28) Fouling .

C24

## الاستقطاب التركيبي Concentration polarization<sup>(6)</sup>

عندما يتخلل الماء الأغشية شبه النفاذة الطاردة للأملاح (كما في أجهزة التناضح العكسي) فإن الأملاح الذائبة في الماء، والتي تمنعها الأغشية من المرور، تتركز في الطبقة الملاصقة لسطح الغشاء، ويسمى هذا التراكم للأملاح الاستقطاب التركيبي، الذي له عدة مضار من أهمها:

(١) لما كانت الأغشية لاتمنع مرور الأملاح منعاً باتاً فإن معدل مرور الأملاح خلالها سيزداد في وجود الاستقطاب التركيبي وبالتالي سيزيد تركيز الأملاح في الماء المنتج.

(٢) إن تراكم الأملاح قرب سطح الغشاء سيزداد معه الضغط التناضحي (الأسموزي) للمحلول في هذه المنطقة مما يقل معه فرق الضغط الفعال والذي يعتمد على قيمته معدل تدفق الماء Flux وبالتالي إنتاجية وحدة التناضح العكسي.

(٣) إذا زاد الاستقطاب التركيبي إلى الحد الذي تبدأ عنده بعض الأملاح في الترسيب فإن ذلك ينتج عنه تكوين قشور على سطح الغشاء مما يتسبب في تدهور حالة سطحه الحساس وما يتبع ذلك من آثار ضارة.

ويتوقف المدى الذي يصل إليه الاستقطاب التركيبي بالدرجة الأولى على التناقص بين معدل حمل الأملاح تجاه الغشاء ومعدل انتشارها في الاتجاه المعاكس بفعل الفرق بين التركيز المرتفع عند سطح الغشاء والتركيز الأقل بعيداً عنه.

غير أن الاستقطاب التركيبي يعتمد على عوامل أخرى منها:

- أ. نبيذ الأملاح Salt rejection (S5) بفعل الغشاء.
- ب. وجود السريان المتقاطع Cross flow مع سطح الغشاء.
- ج. الشكل والأبعاد الهندسية للمسارات الموجودة فيها الغشاء.
- د. عدد ونوعية الأملاح الذائبة في الماء.

C25

## الموصلية الكهربائية Conductivity, Electrical<sup>(2,6,31)</sup>

الموصلية هي مقياس لقدرة المحاليل المائية على توصيل التيار الكهربائي وهي إحدى الوسائل السريعة لتقدير تركيز الأملاح الذائبة في الماء ولما كانت أغلب الأملاح التي تذوب في الماء تتأين فيه فهي بذلك تساهم بالجانب الأكبر من القدرة على التوصيل الكهربائي. وبالرغم من أن هذا المقياس يعتمد على نوع الأيونات والتركيز النسبي لكل نوع منها وعلى القوة الأيونية



(I17) Ionic strength للمحلول وعلى حركية الأيونات (I16) Ionic mobility . فإن قياس الموصلية الكهربائية مازال يعتبر وسيلة عملية للتعرف على التغير الذي يحدث في محتوى المحلول من الأملاح وباستخدام علاقات استنباطية Empirical relations يمكن حساب محتوى المحلول من الأملاح الذاتية. وإذا كانت الناقلية (C) Conductance هي معكوس المقاومة (R) Resistance فإن وحدات قياس المقاومة المعروفة بالأوم (Ohm) تجعل وحدات قياس الناقلية بمعكوس الأوم والذي يطلق عليه في بعض الأحيان الموه (Mho) . وعادة ما تقاس ناقلية محلول ما باستخدام قطبين ثابتين بينهما المحلول وتتناسب الناقلية تناسباً طردياً مع مساحة القطب (A) وعكسياً مع المسافة بينهما (L) وثابت هذا التناسب هو (k) الموصلية الكهربائية للمحلول، أي أن:

$$C = k \left( \frac{A}{L} \right)$$

الموصلية (k) Conductance (وهي الاسم المفضل على الناقلية النوعية Specific conductance) وحدات قياسها (أوم سم)<sup>-1</sup> أو (موه/سم) وعادة ما تعطى قيمتها بالميكرومواه لكل سم (μmho/cm) . وفي نظام وحدات القياس العالمي (SI) يطلق على معكوس (الأوم.سم) اسم سيمنز (S) Siemens . ومن ثم فإن وحدات القياس المستعملة للموصلية هي ميلي سيمنز/متر وهي تساوي ١٠ ميكرومواه/سم (1mS/m = 10 μmho/cm) . وكذلك الميكروسيمنز/سم والذي يساوي ١ ميكرومواه/سم. ومما يستحق الذكر أن الماء المقطر المحضّر في المعمل تتراوح موصليته بين ٠,٥ إلى ٣ ميكرومواه/سم (ميكروسيمنز/سم) أما الماء الصالح للشرب فموصليته ٥٠-١٥٠٠ ميكروسيمنز/سم في حين أن مياه الصرف الصناعي قد تزيد موصليتها عن ١٠٠٠٠٠ ميكروسيمنز/سم. وتعرف الموصلية المكافئة Equivalent conductivity (C<sub>E</sub>) لمحلول ما بأنها الموصلية لكل وحدة تركيز وكلما اقترب التركيز من الصفر (التخفيف المتناهي Infinite dilution) كلما اتخذت الموصلية المكافئة قيمة ثابتة تسمى (C<sub>E</sub><sup>0</sup>) الموصلية المكافئة عند التخفيف المتناهي).

وإذا كانت k تقاس بوحدات ميكرومواه/سم والتركيز وحده مكافئ لكل لتر فإن

$$C_E = 0.001 k / \text{concentration}$$

وعلى ذلك تكون وحدات C<sub>E</sub> (موه.سم/٢ مكافئ)

ويبين الجدول (١) الموصلية المكافئة والموصلية لمحلول كلوريد بوتاسيوم عند ٢٥°م.

جدول (١)  
الموصلية المكافئة  $C_E$  والموصلية  $k$   
لمحاليل كلوريد البوتاسيوم عند ٢٥ م

الموصلية $k$ ميكروموم/سم	الموصلية المكافئة $C_E$ موم سم <sup>٢</sup> /مكافئ	تركيز محلول KCl مكافئ/لتر
-	١٤٩.٩	صفر
١٤.٩	١٤٨.٩	٠,٠٠٠١
١٤٦.٩	١٤٦.٩	٠,٠٠١
١٤١٢	١٤١,٢	٠,٠١
٢٧٦٥	١٣٨,٢	٠,٠٢
٦٦٦٧	١٣٣,٣	٠,٠٥
١٢٨٩٠	١٢٨,٩	٠,١
٥٨٦٧٠	١١٧,٣	٠,٥
١١١٩٠٠	١١١,٩	١

ومن أهم مشاكل الحصول على نتائج دقيقة لقياسات الموصلية سرعة اتساخ أقطاب أجهزة القياس ولذلك فإن قياس الموصلية الأكبر من ١٠,٠٠٠ إلى ٥٠,٠٠٠ والأقل من ١٠ يحتاج إلى أجهزة خاصة. ومن الاستخدامات الهامة لقياسات الموصلية ما يلي:

- (١) تحديد درجة التملح Degree of mineralization لتقييم تأثير التركيز الكلي للأيونات على الاتزان الكيميائي، وعلى التأثير الفسيولوجي للأملاح في النبات والحيوان، وعلى معدلات التآكل.
- (٢) تحديد تركيز الأملاح في الماء المقطر والماء منزوع الأيونات Deionized.
- (٣) تحديد تأثير التغير في المحتوى الذائب من الأملاح في المياه الطبيعية وفي مياه الصرف.
- (٤) تحديد كميات المواد اللازمة لبعض تفاعلات الترسيب والمعادلة والتي تظهر نقطة النهاية End point فيها كنغير واضح في ميل المنحنى البياني المرسوم بين الموصلية وكمية المحلول المستخدم (قراءة السحاحة Burette reading).

(٥) من أهم الاستخدامات وأكثرها شيوعاً قياس الموصلية لتقدير الكمية الكلية للأملاح الذائبة (TDS مجم/لتر) وذلك بضرب الموصلية (ميكروموه/سم) × معامل استنباطي Empirical factor يتراوح بين ٠,٥٥-٠,٩٠ اعتماداً على نوعية الأملاح الذائبة وعلى درجة الحرارة. وعادة ما تستخدم المعاملات العالية للمياه المالحة أما المعاملات المنخفضة فتكون مع المياه المحتوية على هيدروكسيدات أو أمضاض. ويجرى تعيين المعامل الاستنباطي بقسمة محتوى الأملاح الذي يتم تعيينه معملياً بالتبخير على موصلية المحلول التي يمكن قياسها بدقة.

C26

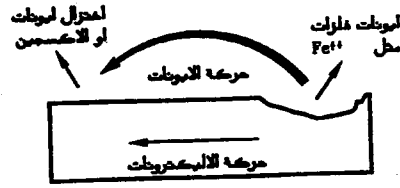
Corrosion<sup>(1,4,7)</sup>

التآكل

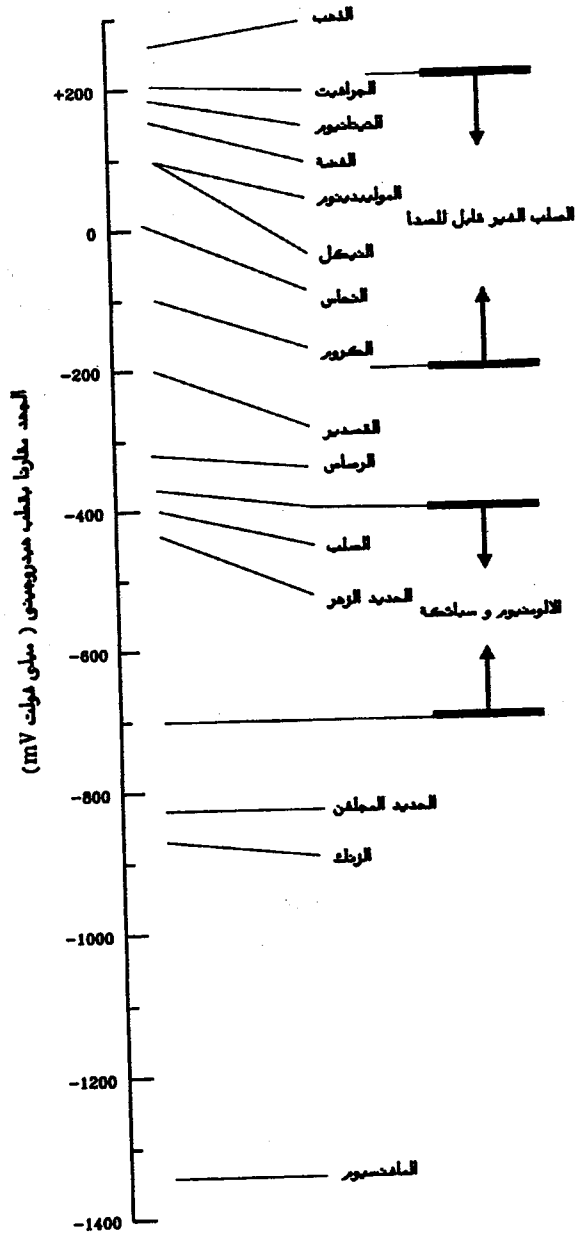
التآكل عملية كهروكيميائية تبدأ عندما يكون هناك فرق في الجهد الكهربائي بين معدنين مختلفين أو موضعين مختلفين في معدن واحد. ويؤدي فرق الجهد هذا، إلى أن تصبح نقطة الجهد العالي مهبطاً ونقطة الجهد المنخفض مصعداً مكونين بذلك ما يعرف بخلية التآكل (الشكل ٦) فمثلاً بالنسبة للحديد فإن ما يحدث عند المصعد هو ما يلي:



ومن ثم تذوب أيونات الحديد في الماء ثم تسري الإلكترونات الناتجة من التفاعل خلال المعدن متجهة إلى المهبط وهناك تقوم بالتفاعل بإحدى التفاعلات الاختزالية والتي أهمها:

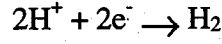


شكل (٦) خلية التآكل CORROSION CELL

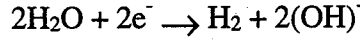


شكل (٧) نماذج لبعض المعادن والسبائك من السلسلة الجلفاتية

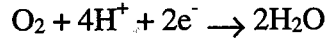
(أ) اختزال أيونات الهيدروجين



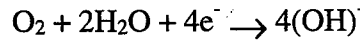
(ب) اختزال الماء



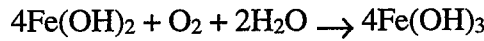
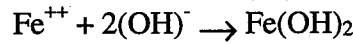
(ج) اختزال الأكسجين



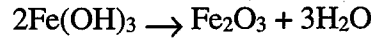
(د) اختزال أكسجين الماء



ثم تسري الأيونات السالبة (الهيدروكسيل) تجاه المصعد فتتحد بأيونات الحديدوز الناتجة عن تآكل المصعد مكونة هيدروكسيد الحديدوز الذي سرعان ما يتأكسد إلى هيدروكسيد الحديدك



وعندما يفقد هذا الهيدروكسيد الماء يتحول إلى نواتج التآكل التي عادة ما تُرى على السطوح الحديدية وهي الصدأ الأحمر وأكسيد الحديد المميا



ويصاحب ترسيب هذه المواد على السطح ترسيب أملاح أخرى أو عوالق كالطين والرمل وما إلى ذلك.

وعندما يغمر أي معدن في الماء، فإنه يُنتج جهدا كهربائيا يمكن قياسه. وبترتيب المعادن والسبائك المختلفة ترتيبا تنازليا حسب الجهد الكهربائي لكل منها ويعرف هذا التتابع بالسلسلة الجلفانية (أنظر الشكل ٧) والتي يوجد على قممها المعادن الكريمة ذات الجهد العالي والتي لا تتآكل وكلما انخفض الجهد زادت قابلية المعدن للتآكل فتنتهي السلسلة بما يعرف بالطرف المصعدي (الأنودي) وهو يمثل أكثر المعادن تآكلا في حين يسمى طرف المعادن الكريمة بالطرف المهبطي (الكاثودي).

وعندما يتم توصيل المعادن ببعضها فإن المعدن الذي يكون في موقع منخفض في السلسلة الجلفانية هو الذي يتآكل إذ أنه سوف يمثل المصعد في خلية التآكل.

وتتحكم في سرعة التآكل مجموعة من العوامل منها عوامل كيميائية وأخرى فيزيائية:

#### (١) العوامل الكيميائية

##### ١/١ الرقم الهيدروجيني:

إن التأثير الفعلي للرقم الهيدروجيني يتوقف على خواص أكسيد المعدن فإذا كان الأكسيد يذوب بسرعة في المحاليل الحمضية فإن المعدن يتآكل بسرعة في الوسط الحمضي والعكس بالعكس. غير أن أغلب المعادن هي من الصنف الأول كما أن هناك بعض الأكاسيد التي تذوب في المحاليل الحمضية والقلوية على حد سواء وهذه الأكاسيد تسمى الأكاسيد الأمفوتيرية (A27) Amphoteric مثل الزنك والألمنيوم وفي هذه الحالة فإن المعدن يكون في أكبر حالات مقاومته للتآكل عند منطقة متوسطة من الرقم الهيدروجين (٦,٥ إلى ١١,٥ في حالة الزنك والألمنيوم) أما المعادن الكريمة والتي تقع في أعلى السلسلة الجلفانية فإنها لا تتآكل لأن أكاسيدها لا تذوب عند أي رقم هيدروجيني.

##### ٢/١ الغازات الذائبة

١/٢/١ ثاني أكسيد الكربون: يقلل من الرقم الهيدروجيني وبذلك يساعد التآكل الحمضي.

٢/٢/١ الأكسجين: يزيل الاستقطاب عند المهبط (الكاثود) وبالتالي يزيد من التآكل، أما المواضع المفتقرة للأكسجين فإنها تصبح مصعدية (أنودية). وعندما يختلف تركيز الأكسجين من موضع إلى آخر فإن ذلك يؤدي إلى ما يعرف باسم خلية التهوية التفاضلية (D21) Differential aeration cell، وتوجد هذه الخلايا بوضوح في حالة وجود رواسب مسامية على السطح سواء كانت أملاح مترسبة أو مواد عالقة ترسبت أو نمو بيولوجي، والتي دائما ما يوجد تحتها مناطق تفتقر إلى الأكسجين مما يجعل المنطقة تحت الرواسب مصعدية مسببا تآكلا موضعيا شديدا.

٣/٢/١ النيتروجين: وجوده يزيد من احتمال حدوث تجوف (C9) Cavitation والذي يصاحبه فرقة تنكسر بسببها الطبقة الواقية من التآكل مؤدية إلى ما يعرف بالتآكل التجوفي Cavitation corrosion.

٤/٢/١ الفوساد: يتسبب في زيادة تآكل النحاس وسبائكها بفعل مركبات النحاس النوشادرية التي تذوب في الماء مسببة زيادة التآكل زيادة كبيرة.

٥/٢/١ كبريتيد الهيدروجين: من أشد الغازات ضررا فهو يزيد من التآكل عن طريقين، الأول لكونه حمضيا يخفض الرقم الهيدروجيني والثاني لتفاعله مكونا كبريتيد الحديد وهو مهبطي بالنسبة للحديد مما يتسبب في التآكل الجلفاني.

٦/٢/١ الكلور: يتفاعله مع الماء يعطي حامض الهيبيكلوروز والهيدروكلوريك مما يخفض الرقم الهيدروجيني ويزيد من التآكل كما أن الكلور يعوق في كثير من الأحيان تكون الطبقة الواقية لمثبطات التآكل (C27) Corrosion inhibitors أو يزيلها إذا كانت قد تكونت.

### ٣/١ الأملاح الذائبة

في المحاليل المخففة تزداد موصلية المحلول Conductivity (C25) وبالتالي يزداد معدل التآكل مع زيادة تركيز الأملاح الموجودة في المحلول ولكن عندما يزداد التركيز زيادة تصل ببعض الأملاح إلى حاصل ذوبانيتها (S43) Solubility product فإنها تترسب مكونة غطاء ملحيا قد يساعد على خفض معدل التآكل. أما المكونات الأيونية للمحلول فقد يختلف أثر كل منها عن الآخر، فنجد أن أيونات الكلوريد وإلى درجة أقل أيونات الكبريتات عندها القدرة على تخلل الطبقة الحامية للسطح مكونة مواضع أنودية غاية في النشاط مما يرفع معدل التآكل في حين أن الأيونات القلوية والمسببة لعسر الماء Hardness (H1) لها أثر مثبط للتآكل عندما تترسب على هيئة قشور تعمل على وقاية السطح من التآكل. [أنظر أيضا الطبقة الواقية (P26) Protective layer].

### ٤/١ المواد العالقة

عندما تترسب المواد العالقة فإنها في الغالب تكوّن رواسب مسامية تساعد على تكوين خلايا تهوية تفاضلية Differential aeration cells (D21) مسببة زيادة التآكل.

### ٥/١ الكائنات الحية الدقيقة

وجود الكائنات الحية الدقيقة يساعد على النمو البيولوجي الذي بالتصاق نواتجه بالسطح يعمل على تكوين خلايا تهوية تفاضلية كما أن كثيرا من الكائنات تستهلك الهيدروجين وبذلك تعمل على إزالة الاستقطاب المهبطي Cathode polarization (C5) بطريقة مماثلة لما يسببه الأكسجين الذائب وهذا يزيد من التآكل. كما أن بعض هذه الكائنات تفرز مواد حمضية تقلل من الرقم الهيدروجيني وتزيد من التآكل [أنظر التآكل البكتيري (B3) Bacterial corrosion].

### (٢) العوامل الفيزيائية

#### ١/٢ درجة الحرارة

في الأنظمة المفتوحة Open systems يزيد ارتفاع درجة الحرارة من معدل التآكل ويعزى ذلك إلى أن زيادة معدل انتشار الأكسجين تفوق في أثرها انخفاض ذوبانية الأكسجين بحيث تكون المحصلة النهائية ازدياد ما يصل منه إلى السطح ويستمر ذلك حتى ٨٠م ثم تنعكس الآية إذ تبدأ كمية الأكسجين في التناقص فيبدأ معدل التآكل في الانخفاض. أما في الأنظمة المغلقة Closed systems فيزداد التآكل باستمرار مع ارتفاع درجة الحرارة لأن الأكسجين مهما قلت ذوبانيته فهو لا يستطيع الهروب فيبقى المتاح منه كافيا لاحتياجات زيادة الانتشار وبالتالي زيادة التآكل.

#### ٢/٢ المساحة النسبية للأقطاب

يعبر عنها بالنسبة بين مساحة المهبط إلى مساحة المصعد وكلما زادت هذه النسبة فإن معدل التآكل يزداد. وكما سبق ذكره فإن توصيل معدنين مختلفين يعطي ما يعرف بخلية التآكل والتي يمثل

المعدن ذو الجهد الأقل فيها المصعد (الأنود) والمعدن ذو الجهد الأكبر المهبط (الكاثود)، ووجود المصعد ينبئ فقط بوجود إمكانية التآكل ولكنه لا يعطي فكرة عن المعدل الذي يمكن أن يتم به التآكل. وهذا المعدل يعتمد على المساحة النسبية بين الأقطاب.

وإذا أخذنا كمثال معدني النيكل والصلب فالسلسلة الجلفانية تدل على أن النيكل سيكون مهبطا بالنسبة للصلب عند اتصالهما، ولييان تأثير المساحة النسبية فلنأخذ مثلا حالة تصنيع مبادل حراري لتسخين ماء البحر فإذا كانت لنا حرية الاختيار بين أن تكون الأنابيب من الصلب والقرص المثبتة فيه الأنابيب Tube sheet من النيكل أو العكس. فنظرا لأن نسبة مساحة القرص إلى مساحة الأنابيب صغيرة جدا، فإننا إذا جعلنا القرص هو المهبط بأن يكون من النيكل والأنابيب هي المصعد فتكون من الصلب فإن ذلك يؤدي إلى معدل أقل في التآكل من الوضع العكسي. ونفس القاعدة يمكن استخدامها مع المعدن الواحد فإذا حدث شرخ في الغطاء الوقائي لسطح المعدن الذي عادة ما يكون من الأكسيد فإن الشرخ سيكون هو المصعد وباقي السطح هو المهبط، وفي هذه الحالة ستكون المساحة النسبية بين المهبط والمصعد كبيرة مما يؤدي إلى تآكل سريع.

ومما هو جدير بالذكر أن المساحة النسبية تزيد أهميتها كلما زادت موصلية المطول ولذلك نجد أن أهميتها تزداد من المحاليل المخففة إلى المياه متوسطة الملوحة (B20) Brackish water إلى مياه البحر.

٣/٢ سرعة السائل

زيادة السرعة تقلل من سمك الطبقة المتاخمة Boundary layer (B19) ومن ثم تزيد من معدل وصول الأكسجين إلى السطح وبذلك يزداد التآكل. كما أن السرعة إذا زادت إلى الحد الذي تزيل فيه الغطاء الواقعي للسطح فإن ذلك يزيد من التآكل أيضا ويطلق على هذا الصنف من التآكل اسم التآكل التصادمي Impingement corrosion أو التآكل بالحث Erosion corrosion [أنظر أيضا الحث (E21)]. كما أن انخفاض السرعة إلى الحد الذي يسمح بترسيب العوالق على السطح قد يزيد من احتمالات التآكل بتأثير تولد خلايا التهوية التفاضلية.



مثبطات التآكل هي مواد تعامل بها السطوح المعدنية بغرض إعاقة حدوث التآكل أو منعه إن أمكن ذلك وهي تقوم بهذا الدور عن طريق تأثيرها على المهبط أو المصعد أو كليهما من خلال إحدى الطرق الآتية:

(١) امتزاز Adsorption (A12) جزيئات مثبط التآكل على سطح المعدن لتكوّن طبقة واقية إما بمفردها أو بالتفاعل مع أيونات المعدن.

(٢) مساعدة سطح المعدن على تكوين طبقة واقية من أكسيده، تحميه من التآكل.

(٣) تفاعل المثبط مع المادة أو المواد التي يتوقع أن تسبب التآكل للتخلص منها ومن أثرها.

ويتوقف اختيار المثبط الملائم والكمية التي تستخدم منه على عوامل كثيرة تجعل من الصعب التعميم، فكل حالة تستحق الدراسة للوصول إلى أنسب النتائج اقتصادياً وفنياً. غير أن هناك بعض المؤشرات التي يمكن استنتاجها بوجه عام فيما يتعلق بكميات المثبطات. فإبنا نجد مثلاً أن استخدام السرعات العالية والتي عندها تكون الطبقة المتاخمة (B19) Boundary layer أقل سمكا تجعل انتشار المثبطات خلاله أسرع وبالتالي تكفي منها كميات أقل. أما درجات الحرارة العالية فهي تحتاج إلى كميات أكبر للتغلب على الزيادة في معدل التآكل الناتجة من رفع درجة الحرارة. كذلك فإن نوعية الأملاح الذائبة في الماء قد تؤثر في كفاءة التثبيط، ففي حين نجد أن المواد المسببة لعسر الماء والأيونات القلوية تساعد التثبيط بتكوينها طبقة واقية على سطح المعدن فإن الكلوريدات تزيد التثبيط صعوبة مع المواد الحديدية.

وتُقسّم المثبطات طبقاً للمكان التي تؤثر على النظام من خلاله، فالمثبطات المصعدية تكوّن طبقة واقية على الأماكن المصعدية لتزيد من جهد الكهربي فيقل التآكل، وبالرغم من أن التغطية تبدأ عند المصعد إلا أنها قد تنتشر فتعم السطح كله. ولما كان الغطاء الواقى للمثبطات المصعدية لا يرى بالعين المجردة فإن المظهر العام لسطح المعدن يظل كما هو دون تغيير، وذلك على النقيض من المثبطات المهبطية والتي تكوّن طبقة مرئية تقي السطح بواسطة استقطابه عن طريق تقييد وصول الأكسجين إليه.

ومن أمثلة المثبطات المصعدية عديدي الفوسفات والفوسفات وأملاح الزنك أما المثبطات المهبطية فمنها الكرومات والنيتريتات والسيليكات والبنزوات. وفي كثير من الأحيان يخلط الصنفان ليعطيا وقاية أكبر مثل خليط أملاح الزنك والكرومات، والكرومات مع عديدي الفوسفات، وعديدي الفوسفات مع السيليكات.

D1

Deaeration<sup>(1.5.6)</sup>

نزع الهواء

يتسبب وجود غازات ذائبة في الماء في أثرين ضارين أولهما ميل هذه الغازات إلى تغليف أسطح الانتقال الحراري بطبقة غازية أكثر مقاومة لانتقال الحرارة خلالها، مما يخفض من معدل السريان الحراري، والثاني أنه إذا كان من بين هذه الغازات غاز الأكسجين فإنه يساهم في تآكل هذه الأسطح المعدنية التي يلامسها الماء. ومن ثم فعادة ما يمرر الماء المغذي لوحدات التحلية الحرارية أو مولدات البخار عموماً على نازع للهواء (D2) Deaerator، وتتوقف كمية الغازات المطلوب إزالتها على مقدار ما هو ذائب منها في الماء.

ومن المعروف أن الماء يستطيع أن يذيب بالإضافة إلى الأملاح المعدنية والمواد العضوية عدداً كبيراً من الغازات، ولكن لما كان الأكسجين والنيتروجين هما المكونان الرئيسيان للغلاف الجوي فإن المياه السطحية عادة ما تحتوي على قدر من كل منهما ذائباً فيها. كما أن ثاني أكسيد الكربون هو أيضاً أحد الغازات التي توجد ذائبة في المياه السطحية ولكن تركيزه يختلف من مكان لآخر طبقاً لمقدار النشاط الصناعي الموجود في المنطقة.

ومما يستحق الذكر أن محتوى المياه السطحية من الغازات المختلفة يتأثر إلى حد كبير بالتفاعلات الحيوية التي تتم فيه، فالتحالب في وجود أشعة الشمس تستهلك ثاني أكسيد الكربون في عملية التمثيل الضوئي منتجة كربوهيدرات وأكسجين، في حين أن البكتيريا تستهلك الأكسجين في عملية الأيض الهيمي (C4) Catabolism منتجة ثاني أكسيد الكربون.

والكمية التي تذوب من غاز في الماء تتناسب مع الضغط الجزئي لهذا الغاز في الجو الملامس للسطح، وتسمى العلاقة التي تربط بينهما بقانون هنري (Henry's law) (H15)، كما أن زيادة الضغط الكلي تزيد من الضغط الجزئي، وبالتالي فإنها تزيد من كمية الغاز التي يمكنها أن تذوب في الماء والعكس بالعكس. أما ارتفاع درجة الحرارة فهو يزيد من الضغط البخاري للماء بحيث تتراحم جزيئات الماء وهي خارجة من السطح الفاصل بين الماء والغاز الملامس له، وبذلك لا تترك فرصة لجزيئات الغاز كي تنتقل إلى الماء أي تذوب فيه، والمحصلة النهائية لذلك انخفاض ذوبانية الغازات مع ارتفاع درجة الحرارة. هذا بالنسبة لكمية الغاز التي تذوب في الماء أما معدل انتقال الغاز إلى الماء في عملية الامتصاص (A1) Absorption أو معدل نزع الغاز من الماء في عملية المخرج (Desorption) والذي عادة ما يرمز له برمز (Q)، فإنه يتناسب تناسباً طردياً مع الفرق بين الضغط الجزئي في الطبقة المتاخمة لسطح السائل (B19) Boundary layer والضغط الجزئي لنفس الغاز في عمق الطور الغازي Bulk partial pressure والذي يرمز له عادة بالرمز ( $\Delta P$ ) كما أنه يتناسب طردياً مع مساحة سطح الماء المعرض للغاز (A) أي أن:  $Q \propto A\Delta P$ . وفي حالة مياه البحر فإنه عادة ما يفترض

أن تعرّض هذه المياه الدائم للجو يجعلها مشبعة بالغازات الموجودة فيه، وبالإضافة إلى ذلك فإنه نظرا لأن وحدات التحلية الحرارية تستخدم الأحماض للتحكم في تكوين القشور (S10) Scale control فإن مياه التغذية في هذه الوحدات عادة ما تحتوي على ثاني أكسيد الكربون، الذي يتكون عند تفاعل الحامض مع البيكربونات الموجودة في الماء المالح، وتتوقف كمية ثاني أكسيد الكربون هذه على تركيز البيكربونات الموجودة أصلا. فإذا افترضنا أن هذا التركيز هو حوالي ٤٠ جزء في المليون في ماء البحر العياري (S14) Standard seawater ، فإن ثاني أكسيد الكربون الذي سيتولد عن التحميص سيكون حوالي ١٠٠ جزء في المليون. وعلى ذلك فعادة ما يطلق تعبیر نزع الهواء على إزالة الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون.

والأسلوب الذي يتم به نزع الهواء يكون عادة بتعريض السائل على هيئة سطح كبير جدا بحيث تكون عملية النزع هذه سهلة. ويتحقق ذلك إما بتفتيت الماء إلى قطرات صغيرة (رذاذ) أو بجعله يسري على هيئة طبقة رقيقة فوق مواد حشو أو فوق صواني مثقبة Perforated plates وفي بعض الأجهزة يدخل الماء على هيئة رذاذ ثم يسري خلال مواد حشو وبذلك يمكن الاستفادة من مزايا الطريقتين.

وكما سبق بيانه فإن نزع الغازات يساعده ارتفاع درجة الحرارة كما يحدث في نازعات الهواء الحرارية Thermal deaerators ويساعده انخفاض الضغط الكلي في نازعات الهواء بالتفريغ Vacuum deaerators.

## D2

### Deaerators<sup>(1.4.7)</sup>

### نازعات الهواء

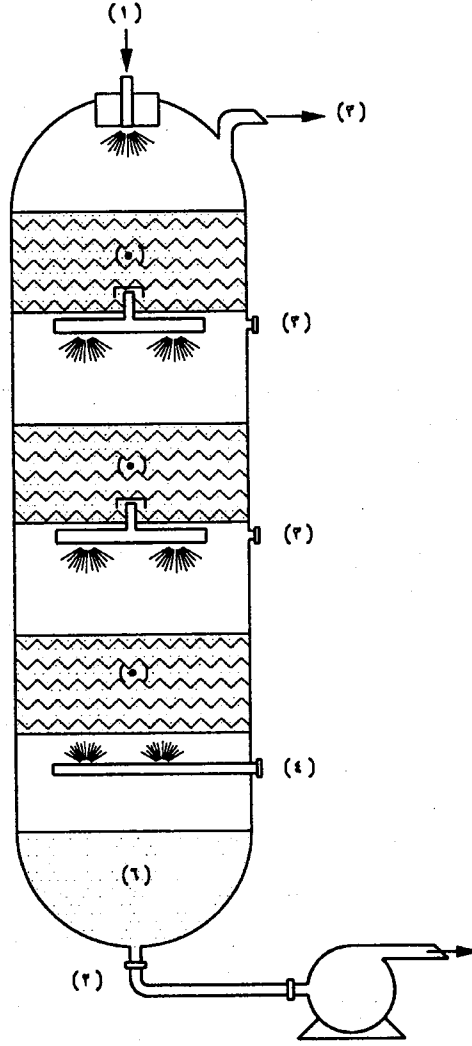
منذ زمن بعيد ونزع الهواء من الماء يستخدم في محطات القوى لتخليص ماء الغلايات من الأكسجين. وأقدم الأجهزة المستخدمة لهذا الغرض النازعات الحرارية Thermal deaerators ، وفي هذه الحالة يكون نازع الهواء كمسخن مبدئي للماء يعمل عند ضغط أعلى قليلا من الضغط الجوي. يدخل الماء من أعلى الجهاز وينتشر على سطح طبقات من مواد الحشو أو عدد من الصواني المثقبة هابطا خلالها، في الوقت الذي يتم فيه إدخال البخار من أسفل ليصعد خلال الماء حيث يتكثف الجزء الأكبر منه فيسخن الماء إلى حوالي ١٠٠م، أما الجزء المتبقي من البخار فيغادر الجهاز مع الغازات غير المرغوب فيها. ولما كان الضغط أعلى من الضغط الجوي فإن ذلك يساعد على خروج هذه الغازات دون ما حاجة لاستخدام مضخة. أما نزع الهواء بالتفريغ فهو يعتمد على أن انخفاض الضغط يخفض ذوبانية الغازات مما يجعل نزعها من الماء أسهل. ونازع الهواء الخوائي Vacuum deaerator المبين في شكل (٨) يتكون من برج اسطوانى بداخله واحدة أو أكثر من الطبقات التي يحمل كل منها حشوا مكونا من

حلقات راشيچ Raschig rings أو ما شابهها وكل واحدة من هذه الطبقات تمثل مرحلة من مراحل العملية. ويتوقف عدد الطبقات أو المراحل اللازمة على كمية الغاز المراد نزعها وعلى التركيز النهائي المطلوب الوصول إليه. وفي نازع الهواء ثلاثي المراحل المبين بالشكل المذكور يتم رش الماء على سطح الطبقة الأولى ويمر من خلال الحشو ثم يتجمع أسفله حيث يعاد توزيعه على المرحلة التالية ويتكرر ذلك حتى المرحلة الأخيرة. علما بأنه يتم ضبط الضغط بحيث يكون في كل مرحلة أقل منه في المرحلة السابقة لها. وبعد نزول الماء من المرحلة الأخيرة يتجمع في أسفل الجهاز ويتم سحب الماء منزوع الهواء بواسطة مضخة، ويلاحظ أن الماء المتجمع يكون تحت نفس ضغط المرحلة الأخيرة. وفي بعض الأحيان يجهز هذا الصنف من نازعات الهواء بموزع للبخار الذي يدفع تحت آخر طبقة أسفل الجهاز. واستخدام البخار يرفع من درجة الحرارة وبالتالي يسمح باستخدام تفرغ أقل (ضغط أعلى) نسبيا مما يلزم إذا ما تم نزع الهواء عند درجات الحرارة العادية.

وبالرغم من أن طرق نزع الهواء المستخدمة في محطات القوى فيها خصائص الطرق التي تستخدم في محطات التحلية الحرارية إلا أن هناك اختلافان أساسيان، أولهما حجم الأجهزة المستخدمة والثاني درجة الحرارة التي يتم عندها نزع الهواء. وذلك راجع إلى أن أصغر محطات التحلية تحتاج لكميات مياه أكبر كثيرا مما تحتاجه أضخم محطات القوى، بالإضافة إلى أن درجة الحرارة التي يتم عندها نزع الهواء في محطات التحلية هي حوالي 30-35 م.

ونظرا لوجود كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون ذائبة في الماء بعد المعالجة المسبقة بالأحماض، فعادة ما تتم عملية نزع الهواء وثاني أكسيد الكربون على مرحلتين، تشتمل المرحلة الأولى على برج أشبه ما يكون بأبراج تبريد المياه، يدخله الماء من أعلى ثم يسيل عبر عوارض خشبية أو مواد حشو مناسبة في الوقت الذي يدفع بتيار من الهواء من أسفل البرج فيصعد الهواء إلى أعلى فيعمل على تجريد الماء مما به من ثاني أكسيد الكربون بحيث ينخفض تركيزه إلى حوالي 10 جزء في المليون. وبالإضافة إلى الجزء المتبقي من ثاني أكسيد الكربون يخرج الماء مشبعًا بالأكسجين والنيتروجين إلى المرحلة الثانية التي تتم عند ضغط ودرجة حرارة منخفضين نسبيا.

وأغلب نازعات الهواء المستخدمة في محطات التحلية تكون على هيئة أبراج محشوة بحلقات راشيچ. وبالرغم من عدم وجود تصاميم قياسية لمثل هذه الأجهزة إلا أنها تصمم عادة بحيث يكون معدل سريان الماء حوالي 1,63 متر مكعب/دقيقة لكل متر مربع من مساحة البرج.



- (٢) مخرج الماء منزوع العواء.  
 (٤) مدخل البخار أو أي مواد أخرى  
 (٦) مجمع الماء منزوع العواء

- (١) مدخل الماء المراد نزع عوائده  
 (٣) سحب العواء ( تفرغ )  
 (٥) الحشو ( حلقات راشيخ )

شكل (٨) نازع هواء خواشي ثلاثي المراحل

D3

Decarbonator<sup>(7)</sup>

نازع ثاني أكسيد الكربون

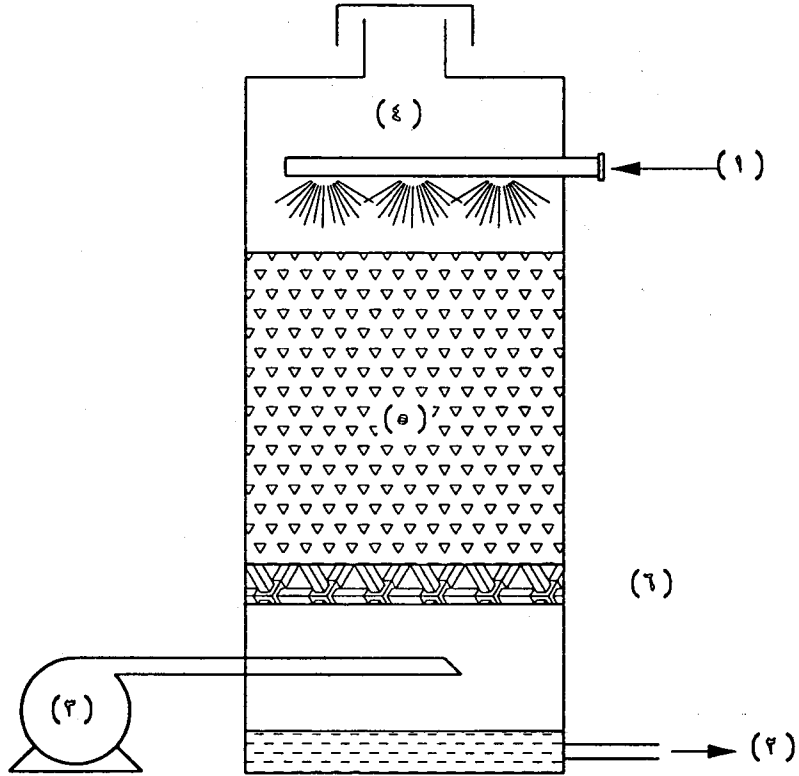
يطلق هذا الاسم على الأجهزة التي تستخدم لإزالة ثاني أكسيد الكربون من الماء ويمكن القيام بذلك إما بطريقة فيزيائية بواسطة مج Desorption ثاني أكسيد الكربون من الماء باستخدام غاز آخر كالهواء أو بطريقة كيميائية بجعله يتفاعل مع الجير أو الصودا الكاوية أو كربونات الصوديوم. وتعتمد الطريقة الفيزيائية وهي الأكثر شيوعاً على استخدام الهواء في عملية المج التي تتم عادة بإمرار الماء والهواء في اتجاهين متعاكسين داخل برج اسطواني محشو بحلقات راشيغ أو مادة حشو أخرى مناسبة، حيث يدخل الهواء إلى البرج على هيئة تيار قوي بما يعادل ٥٠ ضعفاً لمعدل سريان الماء الذي يكون في حدود ٣٠-٥٠ متر مكعب في الساعة لكل متر مربع من مساحة مقطع البرج ويتم رش الماء كما هو مبين بالشكل (٩) من أعلى البرج فوق سطح الحشو الذي يكون ارتفاعه في حدود حوالي ١,٥-٢,٥ متر. ويتوقف تركيز ثاني أكسيد الكربون المتبقي في الماء على درجة الحرارة السائدة في البرج وعلى معدل سريان الماء والهواء.

D4

Dechlorination<sup>(6,9)</sup>

إزالة الكلور

يتزايد الوعي بالنسبة للأخطار التي يتعرض لها الإنسان أو الأحياء المائية من المركبات العضوية الهالوجينية الناتجة عن كلورة مياه الشرب لتعقيمها وعن كلورة مياه الصرف للتخلص مما يكون بها من ميكروبات. هذا بالإضافة إلى كون بعض أصناف الأغشية المستخدمة في تحلية المياه المعالجة بواسطة التناضح العكسي حساسة جداً لوجود أي أثر للكلور مما يتطلب إزالته تماماً قبل دخول الماء إلى وحدات الأغشية. لكل ذلك فإن إزالة الكلور أصبحت لها أهميتها الخاصة. وتتم إزالة الكلور عادة باستخدام عوامل اختزال مثل ثاني أكسيد الكبريت أو كبريتيت الصوديوم أو بامتزازه بواسطة الكربون المنشط.



(٢) مخرج الماء.

(١) مدخل الماء.

(٤) موزع الماء.

(٣) نافع الهواء.

(٦) حامل للحثو

(٥) حثو ( حلقات راشيخ )

شكل (١) نازع ثاني اكسيد الكربون

وتعد الطريقة التي يستخدم فيها ثاني أكسيد الكبريت أكثر الطرق تطوراً وأكثرها فاعلية وأقلها تكلفة، وتشتمل هذه الطريقة على إذابة ثاني أكسيد الكبريت الذي يتحول مباشرة إلى حامض الكبريتوز الذي يتفاعل أنياً مع الكلور الحر أو المتحد وينتج عن التفاعل كمية صغيرة من حامض الهيدروكلوريك وحامض الكبريتيك، وهذه الأحماض يمكن معادلتها بسهولة. ويتم إضافة ثاني أكسيد الكبريت على هيئة غاز وعادة ما يضاف بمعدل ١,٥ مجم لكل لتر ماء إذا ما كان تركيز الكلور أيضاً حوالي ١ مجم في اللتر، وإذا كانت الإضافة في صهريج فإنه يلزم عمل تصميمه بحيث يسمح بزمن استبقاء (R13) Residence time قدره حوالي خمس دقائق. غير أنه من الممكن كذلك حقن الغاز في خط المياه مباشرة نظراً لأن التفاعل سريع بالقدر الذي يسمح بذلك.

وإذا كانت كمية الماء المراد معالجتها أقل من مليون جالون في اليوم (٣٨٠٠ متر مكعب في اليوم) فإن أملاح الكبريتيت تصبح بديلاً مناسباً لثاني أكسيد الكبريت في إزالة الكلور إذ أن هذه الأملاح تتفاعل بمثل سرعة تفاعل ثاني أكسيد الكبريت واستخدامها سهل ومُجد جداً. وكما سبق ذكره فإن إزالة الكلور في وحدات التحلية التي تستخدم الأغشية المصنوعة من الأמידات الأروماتية Aramid يحتل أهمية خاصة وذلك لأن استخدام الكلور للإقلال من احتمالات الاتساخ البيولوجي للأغشية Membrane biofouling (M5) يتولد عنه تكوين حمض الهيبوكلوروز HOCl بالإضافة إلى أن وجود حوالي ٦٥ مجم أيونات بروميد في كل لتر ماء بحر ينتج عنه تكوين حامض الهيبوبروموز، وهذان الحامضان يتفاعلان مع طبقة حامض التانيك Tannic acid المعالج بها أغشية الأراميد مما يتسبب في زيادة نفاذية الأملاح إلى ضعف أو ثلاثة أضعاف قيمتها كما أن تفاعل هذه الأحماض مع مادة الغشاء نفسها يؤدي إلى انخفاض كبير في إنتاجية هذه الوحدات، وإذا تعرض الغشاء إلى هذين الحامضين لمدة قصيرة فإن استعادة نفاذية الأملاح إلى معدلها الطبيعي يكون ممكناً بإعادة معالجة الغشاء بواسطة حامض التانيك أما انخفاض الإنتاجية فهو أمر لا يمكن علاجه، وإذا كان التعرض لفترة طويلة فإن ذلك يؤدي إلى تحلل الغشاء وارتفاع نفاذية الأملاح ارتفاعاً ليس له علاج. ومن ثم فمن المحذور أن تكون المياه الداخلة إلى وحدات الأغشية بها أي أثر لهذين الحامضين.

ومن الممكن إزالة الكلور والبروم من الماء بإمراره في مرشحات ميكرونية تحتوي على كربون منشط أو بحقن الماء ببيكربيتيت الصوديوم  $\text{NaHSO}_3$  قبل دخوله إلى وحدات أغشية الأراميد (الأמידات الأروماتية). وبالنسبة لهذا الصنف من الوحدات يحظر تماماً استخدام كبريتيت الصوديوم  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  المنشط بالكوبالت إذ أن استخدامه يؤدي إلى تحلل الأغشية كما يحظر استخدام ثيوسلفات الصوديوم  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  إذ أن استخدامها قد يتسبب في ترسيب الكبريت على سطح الغشاء مؤدياً إلى اتساخه.



D5

Defoamers<sup>(19)</sup>

## مزيلات الرغوة

هي مواد إذا أضيفت بتركيز صغير جدا إلى سائل يميل إلى تكوين رغوة فإنها تمنع تكون الرغوة أو تزيلها إذا كانت قد تكونت. وهذه المواد هي عبارة عن خليط من عدد من المركبات العضوية. ولكي تصبح المادة صالحة تجاريا لاستخدامها كمزيل للرغوة فإنها يجب أن تحقق عددا من الشروط من أهمها أن تكون فوائدها تبرر تكلفتها وأن تكون سهلة التداول وألا يكون لها آثار ضارة بالبيئة التي ستنتهي إليها. كما أن مزيل الرغوة يجب ألا يتفاعل مع المنتج النهائي للعملية الصناعية وأن تكون مدة صلاحيته طويلة.

وتحتوي مزيلات الرغوة على المكونات الرئيسية التالية:

1. المكون الأساسي وهو المكون الفعال وهو عصب تركيبة إزالة الرغوة وعادة ما يتكون من مادة غير مiale للماء Hydrophobic (H27) مثل السيليكا المعالجة بالسيليكون أو الأميدات الدهنية أو الشموع الهيدروكربونية أو الأحماض الدهنية.
  2. المكون المساعد وهو مادة تعمل على التأثير على قدرة المكون الرئيسي على الانتشار وقابليته للذوبان في المادة الحاملة أو وسط الرغوة، ومن أمثلة هذه المواد الكحولات الدهنية والاسترات الدهنية والسيليكون وبعض البلمرات التي لا تذوب في الزيوت.
  3. المادة الحاملة هي أكبر مكون من مكونات التركيبة كمية، وعادة ما يكون عبارة عن زيت هيدروكربوني أو ماء أو كحول دهني أو مذيب عضوي.
  4. المستحلب أو المادة الناشرة وهذه المادة تعمل عن طريق نشر المكونات الثلاث الأولى داخل الوسط المستخدم فيه مزيل الرغوة علما بأن سرعة القضاء على الرغوة تتوقف على سرعة انتشار هذه المكونات.
- هذا بالإضافة إلى بعض المواد الأخرى الثانوية التي تساهم في ثبات التركيبة وزيادة مدة صلاحيتها.

D6

### Degasification<sup>(14)</sup>

### إزالة الغازات

تعني بوجه عام فصل الغازات الذائبة في وسط سائل، أما في مجال معالجة المياه فهي تعني على وجه التحديد إزالة الأكسجين لإعاقة التآكل [أنظر إزالة الهواء Deaeration (D1)] ، أو إزالة ثاني أكسيد الكربون الزائد [أنظر نازع ثاني أكسيد الكربون (D3)] Decarbonator أو إزالة الكلور Dechlorination (D4) ويتم ذلك عادة إما بطرق فيزيائية أو كيميائية أو مزيج منهما.

D7

### Degreasing<sup>(9)</sup>

### إزالة الشحوم

إزالة الشحوم في مجال معالجة المياه تعني التخلص من الزيوت والشحوم التي كثيرا ما تكون عالقة في مياه الصرف أو في الحمأة Sludge أو العوادم الصلبة. كما يطلق نفس التعبير على إزالة الشحوم والزيوت من على الأسطح المعدنية لتنظيفها.

تنتج المياه الملوثة بالزيوت والشحوم من عمليات إنتاج البترول وتكريره وتخزينه وفي مجموعات البتروكيماويات وفي بعض الصناعات المعدنية والغذائية، كما يأتي بعضها مع مياه الصرف المنزلي. ولذلك نجد أن الناتج من هذه المصادر المتنوعة يختلف اختلافا كبيرا في معدل سريانه وفي محتواه من الزيوت والشحوم فقد يتراوح معدله من لتر واحد إلى ١٠,٠٠٠ لتر في الثانية، كما يختلف تركيز الزيوت والشحوم فيه بين ١٠٠ إلى ١٠,٠٠٠ مجم/لتر ويتوقف اختيار طريقة فصل الزيوت من الماء على عوامل عدة من أهمها:

١. كمية الزيوت الموجودة في الماء.
٢. التوزيع الحجمي لقطيرات الزيت Oil droplets العالقة في الماء.
٣. وجود مخفضات التوتر السطحي Surfactants أو كيمائيات الاستحلاب Emulsifying chemicals.
٤. الكثافة النوعية للزيت وللمياه الصرف ذاتها.
٥. درجة الحرارة.
٦. تركيز المواد العالقة في الماء.

وعادة ما توجد الزيوت والشحوم في الماء إما طافية أو على هيئة مستحلبات Emulsions وهي محاليل غروية تنتج عن وجود الزيت على هيئة قطيرات أو جسيمات دقيقة يساعدها على البقاء عالقة مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية، أهمها كون هذه الجسيمات تحمل شحنة كهربائية عادة ما تكون سالبة، وعن طريق تناثر هذه الجسيمات المتماثلة فيما تحمله من شحنات كهربائية تظل

عالقة في الماء. ولكي يمكن تخلص الماء من هذه الزيوت يلزم زعزعة ثبات هذه المستحلبات بوسائل كيميائية أو اليكترولينية أو ميكانيكية. وتؤدي معادلة الشحنة الكهربية الموجودة على سطح هذه الجسيمات إلى ما يطلق عليه التخثر (C21) Coagulation والذي عادة ما تتبعه عملية تدمج (F20) Flocculation ينتج عنها طبقة زيتية سهل فصلها.

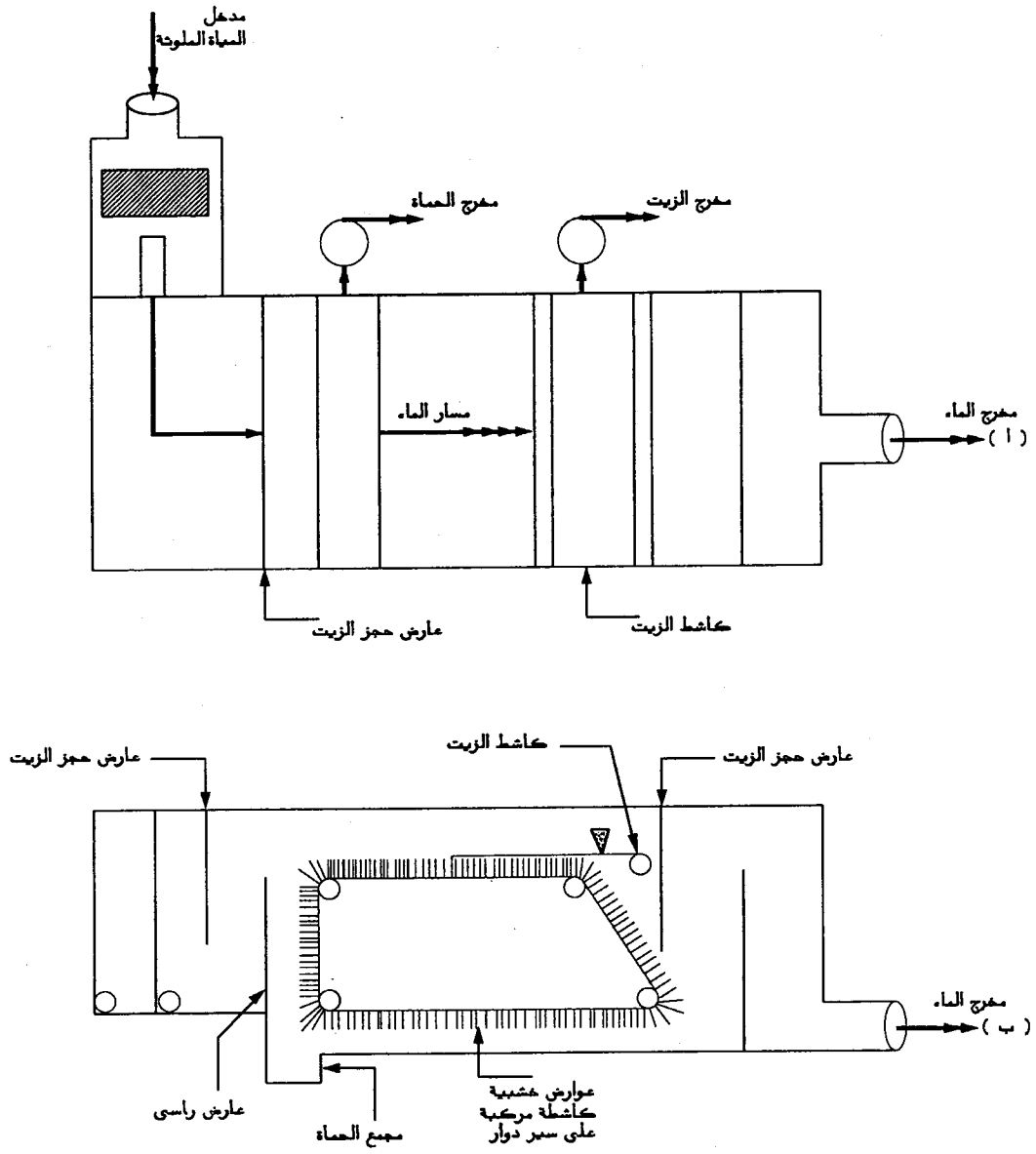
وهناك طرق عديدة لفصل الزيوت والشحوم عن الماء أهمها: الفصل بالجاذبية والتعويم بالهواء والتخثر الكيميائي والترشيح والطرق البيولوجية، إلى جانب طرق أخرى مازال استخدامها في نطاق ضيق مثل الطرق الغشائية والامتزاز على الكربون.

الفصل بالجاذبية وهي أبسط الطرق وأقلها تكلفة وهي وإن كانت تؤدي إلى فصل الزيت الحر، إلا أنها بالنسبة للزيت المستحلب فلا تفصل إلا القليل منه ، أما الزيت الذائب فلا يفصل. كما أن وحدات الفصل بالجاذبية تقتصر فعاليتها على إزالة القطيرات التي يزيد حجمها عن حوالي ٢٠ ميكرون ويبين الشكل (١٠) فاصل زيت بفعل الجاذبية.

الفصل بالتعويم يستخدم التعويم Flotation عندما لا تكون طريقة الفصل بالجاذبية كافية. ويتم التعويم بإدخال الهواء في الماء، أما عند الضغط الجوي (التعويم بالهواء المستحث (Induced air flotation) أو مذابا تحت ضغط (التعويم بالهواء المذاب (Dissolved air flotation) وبذلك تنتشر فقائيع الهواء في الماء وتلتصق بقطيرات الزيت ومن ثم تساعد على تعويمه على السطح حيث يسهل كشطه.

التخثر الكيميائي يستخدم التخثر (C21) Coagulation للمساعدة في فصل الزيوت والشحوم المستحلبة وذلك بإضافة مخثرات مثل الشبة أو كلوريد الحديدك أو عديدي الإليكتروليت، في وحدات الفصل بالجاذبية أو بالتعويم مما يرفع من كفاءة الفصل في هذه الوحدات.

الترشيح يستخدم الرمل أو الأنثراسيت أو الجرافيت أو خليط من هذه المواد لفصل الزيوت والشحوم. وتفضل هذه الطريقة في حالة وجود مواد صلبة عالقة إلى جانب أن فعاليتها كبيرة مع الزيت الطليق أو المعلق أو المستحلب على حد سواء غير أنها تحتاج إلى الغسيل بتيار منعكس من حين لآخر للتخلص من الزيوت والشوائب المتجمعة على وسط الترشيح.



شكل (١٠) فاصل زيت بفعل الجاذبية  
 (١) مسقط (ب) مقطع

D8

### درجة عسر الماء Degree of hardness<sup>(1)</sup>

يستخدم تعبير الدرجة في حسابات التكوين الكيميائي للمحاليل كوسيلة سهلة لبيان تركيز مكونات المحلول. وعلى ذلك فدرجة عسر الماء هي مقياس لتركيز الأملاح الذائبة في الماء والتي تسبب العسر Hardness (H1) وهناك أكثر من طريقة متبعة لبيان درجة العسر فهناك وحدة قياس عسر الماء الإنجليزية English degree of hardness (E14) ووحدة قياس عسر الماء الفرنسية French degree of hardness (F37) ووحدة قياس عسر الماء الألمانية (G3) German degree of hardness. هذا إلى جانب الطريقة التي تتبع في كثير من الأحيان في الإشارة إلى تركيز مسببات العسر محسوبة على أساس ما يكافئها من كربونات الكالسيوم (C1) Calcium carbonate equivalent.

D9

### إزالة المواد المتأينة Deionization<sup>(7)</sup>

يطلق هذا الاسم على أية عملية يتم من خلالها إزالة كل الأملاح القابلة للتأين في الماء مثل عملية التبادل الأيوني Ion exchange (I9) والتي يتم فيها استبدال أيونات الأملاح الموجبة الموجودة في الماء بأيونات هيدروجين والأيونات السالبة بأيونات هيدروكسيل ويتم هذا التبادل يصبح الماء خالياً من أيونات الأملاح. [أنظر أيضا الماء فائق النقاء (U2) Ultrapure water].

D10

### تميع Deliquescence<sup>(8)</sup>

هو تغير يطرأ على المواد التي تتميز بانخفاض ضغط أبخرة محاليلها المشبعة انخفاضاً شديداً مما يجعلها تمتص بخار الماء إذا تعرضت في حالتها الصلبة للهواء الرطب ويستمر امتصاصها لبخار الماء حتى تتسيل في النهاية.

ومن أمثلة هذه المواد كلوريد الكالسيوم (ضغط بخار الماء فوق محلوله المشبع عند ٢٠م هو ١٠٠٠ نيوتن/م<sup>٢</sup>) وهيدروكسيد الصوديوم (ضغط بخار الماء فوق محلوله المشبع عند ٢٠م هو ١٣٠ نيوتن/م<sup>٢</sup>). ولما كان ضغط بخار الماء في الهواء الجوي عند ٢٠م هو حوالي ٢١٠٠ نيوتن/م<sup>٢</sup>، فإن هذه المواد عندما تتعرض في حالتها الصلبة للهواء الرطب فإنها تواصل امتصاصها

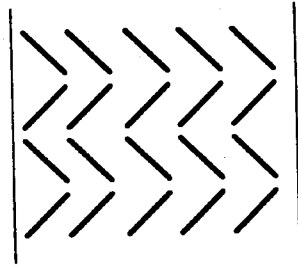
للماء حتى وإن كانت على هيئة محاليل مشبعة ويستمر ذلك حتى تصبح مخففة إلى درجة تجعل ضغط بخار الماء فوقها مساو لضغطه في الجو وهذا يفسر استخدام هذه المواد في المجففات Descicators وفي تجفيف الغازات، وهناك بعض المواد التي تمتص بخار الماء ولكنها لا توصل الامتصاص حتى تتسيل ولذلك لا تعتبر هذه المواد ممتيعة، ولكن يطلق عليها اسم مواد مسترطبة Hygroscopic ومن أمثلة المواد المسترطبة خامس أكسيد الفوسفور وبيركلورات الماغنسيوم.

D11

Demisters<sup>(9)</sup>

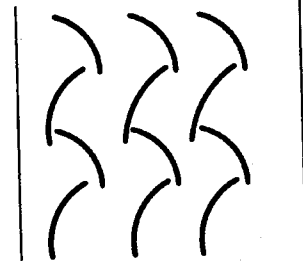
مزيلات الرذاذ

أجهزة تعمل على فصل قطيرات الماء (الرذاذ) وحبيبات المواد الصلبة الرطبة أو الضباب المتكثف Condensed mist . وهي في ذلك تعتمد على التغيير المتكرر لاتجاه مسار الغاز مما يساعد على ارتطام هذه الجسيمات وفقدانها لجزء من طاقتها الحركية وبالتالي على سهولة انفصالها عن الغاز بفعل الجاذبية. ويبين الشكل (١١) بعض التصميمات المستخدمة في هذه الأجهزة.



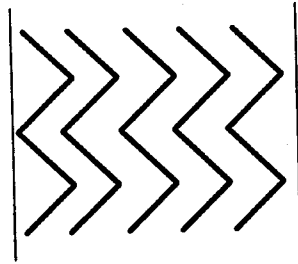
قواطع  
SLATS

OPEN-VANE DESIGN



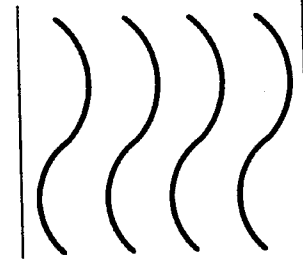
لوفرات  
LOUVERS

( أ ) التصميم ذو الريش المنفصلة



قواطع  
SLATS

CLOSED-VANE DESIGN



لوفرات  
LOUVERS

( ب ) التصميم ذو الريش المتصلة

شكل ( ١٩ ) امثلة لتصميمات مزيلات الرزاق  
DEMISTERS

D12

## إزالة المواد النيتروجينية / إنعكاس النترنة Denitrification<sup>(2,9)</sup>

يطلق هذا الاسم على عملية الاختزال البيولوجي للنيتريتات التي تنتج من عملية نترجة النوشادر Ammonia nitrification ، التي عادة ما تحدث في مياه الصرف. ويتم الاختزال بواسطة بكتريا (B2) Bacteria مخيرة أو Facultative أو عضوية التغذية Heterotrophic أو ذاتية التغذية Autotrophic وينتج عن الاختزال تحول المواد النيتروجينية إلى غاز نيتروجين. ولكي تتم هذه العملية يشترط غياب الأكسجين كما يشترط وجود مصدر للطاقة في صورة كربون قابل للتمثيل. وعادة ما يتم استيفاء الشرط الأخير بإضافة الميثانول وتعتمد كمية المضاف منه على درجة الحرارة وتتراوح هذه الكمية من ١ إلى ٢ كجم ميثانول لكل كجم نترات. [أنظر أيضا النترنة (N6) Nitrification].

D13

## تحلية / إغذاب / إزالة ملوحة Desalination<sup>(5,6)</sup>

تطلق هذه الأسماء على العمليات التي يتم من خلالها تخليص المياه المالحة مما بها من أملاح ذائبة، وينتج عن ذلك ماء عذب صالح للشرب. ويمكن الوصول إلى هذه النتيجة إما بفصل الماء عن الأملاح كما يحدث في عمليات التقطير Distillation أو التناضح العكسي Reverse osmosis (R19) (RO) أو التحلية بالتجميد Freeze desalination (F36) ، أو بفصل الأملاح عن الماء كما يحدث في عمليات الفرز الكهربائي الغشائي Electrodialysis (E8) أو التبادل الأيوني Ion exchange (I9) .

ولإتمام عمليات الفصل هذه يلزم استخدام طاقة حرارية كما في عمليات التقطير المختلفة مثل التقطير متعدد الأثر MED (M31) أو التقطير الومضي متعدد المراحل MSF (M32) أو التقطير بضغط البخار Vapour compression distillation (V1) أو باستخدام الطاقة الكهربائية على هيئة تيار متقطع كما في عملية التناضح العكسي أو تيار مستمر كما يحدث في عملية الفرز الكهربائي الغشائي Electrodialysis (E8) .



D14

Detention tank<sup>(14)</sup>

صهريج احتجاز

يطلق اسم صهريج الاحتجاز على أي وعاء يتم فيه احتجاز السوائل لفترة معينة بغرض الوصول إلى أحد النتائج التالية:

1. التخلص من أثر التغير الفجائي في معدل سريان السائل.
  2. إعطاء فرصة للمواد الصلبة العالقة حتى تترسب.
  3. إعطاء الوقت الكافي للتغيرات الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية لكي تتم إلى الدرجة المطلوبة.
- [أنظر أيضا أحواض الموازنة Equalizing basins (E18)].

D15

Detergents, Synthetic<sup>(2,12)</sup>

منظفات صناعية

هي مواد عضوية مصنعة، وهي إما أن تكون سائلة أو على هيئة مواد صلبة تذوب في الماء ولها القدرة على المساعدة على البلل Wetting والاستحلاب Emulsification. ويتعطل عمل هذه المنظفات إذا كان الماء عسرا، غير أنها تختلف عن الصابون في أن تصنيعها يتم من مواد عضوية غير الزيوت والشحوم التي يصنع منها الصابون.

وعادة ما تشتمل تركيبة المنظفات الصناعية إلى جانب المادة الأساسية على مواد أخرى مساعدة مثل عديد الفوسفات والكاربونات والسيليكات والمواد المبيضة والروائح وأملاح معدنية مائنة، وفي بعض الأحيان قد تحتوي أيضا على إنزيمات. وأهم خاصية للمادة الرئيسية في تركيبة المنظفات الصناعية هي قدرتها على خفض التوتر السطحي Surface tension (S50) للسائل مما يساعد على البلل، وبالتالي زيادة قدرته على التنظيف. وتحتوي خافضات التوتر السطحي Surfactants على مجموعتين عادة ما يكون أحدهما قطبي متأين يذوب في الماء والآخر هيدروكربوني يذوب في المواد العضوية. وتقسيم المنظفات يتوقف على نوع الشحنة الكهربائية التي يحملها الجزء الفعال في جزيئاتها وهو عادة الجزء الأكبر منها. فإذا كان هذا الجزء يحمل شحنة سالبة سميت منظفات أنيونية Anionic، وإذا كان يحمل شحنة موجبة سميت منظفات كاتيونية Cationic، وإذا لم يكن يحمل شحنة كهربائية سميت منظفات لا أيونية Nonionic، أما إذا كان يحمل شحنة سالبة وأخرى موجبة فتسمى منظفات أمفوتيرية Amphoteric.

وتعزى الذوبانية في المنظفات الأنيونية إلى مجموعة الكربوكسيل أو السلفونات أو الكبريتات أو الفوسفات، وفي المنظفات الكاتيونية تعزى الذوبانية إلى مجموعات أمينية أو أمونيومية،

أما المنظفات الأمفوتيرية فتحتوي على خليط من المجموعات الفعالة لكلا الصنفين السابقين بالإضافة إلى إمكانية وجود مجموعة إيثيرية أو هيدروكسيلية، أما الصنف الرابع من المنظفات وهو المنظفات اللاأيونية فيتم الذوبان فيها عن طريق تكوين روابط هيدروجينية حيث تقوم ذرات الأكسجين ومجموعات الهيدروكسيل بتكوين روابط هيدروجينية قوية مع جزيئات الماء.

وأقدم المنظفات استخدما والتي ظلت أوسعها انتشارا لفترة طويلة هي المنظفات الأنيونية، فلقد ظلت هذه المنظفات تمثل حوالي ٨٠-٩٠% من إنتاج المنظفات ولكن لما كانت قابليتها للتحلل البيولوجي ليست بالقدر المطلوب فقد قررت السلطات الصحية وجوب استبدالها بمنظفات قابلة للتحلل البيولوجي بنسبة لا تقل عن ٨٠%، وذلك لأن نواتج هذا التحلل ضررها قليل جدا إذا ما قورنت بالمركبات الأصلية. هذا وتستمر الأبحاث التي تهدف إلى الوصول إلى منظفات أنيونية أو لاأيونية تتحلل بيولوجيا تحللا كاملا.

وفي حين يقتصر استخدام المنظفات الأنيونية واللاأيونية على الأوساط المائية القلوية، فإن المنظفات الكاتيونية تستخدم في الأوساط الحمضية المائية والأوساط المائية، أما الأمفوتيرية فإنها تستخدم في مستحضرات التجميل نظرا لأنها ليست لها آثار مهيجة للجلد أو العينين.

D16

Dewatering of sludge

نزع ماء الحمأة

أنظر (S36) See Sludge dewatering

D17

Dialysis<sup>(2,5,7)</sup>

الفرز الغشائي

الفرز الغشائي هو عبارة عن عملية فصل انتقائي Selective separation للمواد الذائبة أو الغروية على أساس من الحجم الجزيئي وعن طريق الانتشار خلال أغشية شبه نافذة. ويكون انتقال جزيئات المواد المذابة Solute molecules أو المواد الغروية Colloids (C22) من الجانب الذي تكون فيه هذه الجزيئات أكثر تركيزا (الجانب الفارز Dialysate compartment) إلى الجانب الذي تكون فيه هذه المواد أقل تركيزا (الجانب المفروز Diffused compartment) ويتم هذا الانتقال عبر الغشاء وعبر طبقات السائل السطحية Liquid films التي تغطي جانبيه. والأغشية المستخدمة لهذا الغرض تمر الأيونات من خلال مسامها كل حسب حجمه. وعلى ذلك فالمواد الغروية التي أحجام جزيئاتها كبيرة نسبيا تمر

بمعدلات أقل من غيرها مما يجعلها تتركز على أحد جوانب الغشاء أما الماء فإنه عندما يمر فإن ذلك يتم بمعدل صغير وفي الاتجاه المعاكس للاتجاه الذي تسير فيه الأيونات وبفعل الضغط التناضحي Osmotic pressure ومن ثم يطلق على هذه الظاهرة اسم التناضح. كما يطلق على نسبة وزن الماء المنتقل إلى وزن المواد الذائبة المنتقلة اسم رقم الانتقال المائي Water transport number ومن أكثر الأغشية استخداما في هذا الغرض السيلوفان المميا Hydrated cellophane والذي يحضّر بطريقة تجعل لسطحه الخواص المسامية المناسبة لعملية الفصل المطلوبة. وتعتمد انتقائية الغشاء إلى حد كبير على حجم مسامه.

وبالرغم من أن الفرز الغشائي البسيط لا يستخدم في تنقية أو استرجاع الماء، إلا أنه يستفاد منه كوسيلة لاستعادة بعض الكيماويات بدلا من فقدانها في مياه الصرف وأكبر الصناعات استخداما للفرز الغشائي هي صناعة الحرير الصناعي وذلك لاسترجاع هيدروكسيد الصوديوم من محلوله المائي المختلط فيه مع العوالق النصف سيلولوزية Hemicellulose. ويتم ذلك بإمرار المحلول على جانب من جانبي الغشاء والماء على الجانب الآخر مما يؤدي إلى انتقال جزيئات هيدروكسيد الصوديوم تحت تأثير الاختلاف في التركيز أما العوالق النصف سيلولوزية فلا تمر نظرا لأكبر حجمها. كما يستخدم الفرز الغشائي أيضا في استعادة حامض الكبريتيك من المحاليل المبتذلة Waste liquor الناتجة عن عمليات تنقية النحاس.

D18

Diatoms<sup>(12)</sup>.

الدياتومات

الدياتومات التي مازال بعضها يعيش في المياه حتى الآن هي أصلا فطريات نباتية ميكروسكوبية وحيدة الخلية، كانت تعيش بكثرة في الماء منذ حوالي ٦٠ مليون سنة وظلت كذلك حوالي ١٠٠ ألف سنة مضت. وكانت تقوم باستخلاص السيليكا من الماء الذي تعيش فيه لتصنع منه غلافا صلبا يحيط بها ويحميها أثناء حياتها القصيرة جدا والتي كانت سرعان ما تنتهي بترسيبها إلى القاع حيث تبدأ المواد العضوية في التحلل تاركة خلفها الهيكل المكون من السيليكا والذي يشبه في بداية تكوينه ندف الجليد Snow flakes .

Diatomaceous earth<sup>(12)</sup>

## تراب الدياتوم

مادة رسوبية ناتجة عن تراكم الدياتومات (D18) Diatoms المتحللة. تتكون أساسا من ثاني أكسيد السيليكون. وهي مادة خاملة إلى حد كبير لا يؤثر فيها سوى القلويات القوية وحامض الهيدروفلوريك في حين لا تتأثر إلا قليلا بالأحماض الأخرى. ونظرا للتكوين المعقد لهياكل الدياتومات فإن تكوينها الفيزيائي يختلف عن غيره من أصناف السيليكا وتتراوح نسبة الماء المتحد فيه من ٢-١٠% أما الشوائب الأخرى فهي إما حفريات مائية Aquatic fossils أو طمي رملي أو تربة بركانية Volcanic ash أو كربونات كالسيوم أو ماغنسيوم مع قليل من المواد العضوية. ويبين الجدول التالي التركيب الكيميائي لعينتين نموذجيتين من الدياتوم.

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	
%	%	%	%	%	
١,٦٩	٠,٥٦	٠,٥٣	٣,٠	٨٨,٩	دياتوم من لومبرك (كاليفورنيا)
٢,٠	٠,٦٤	٢,٥	٤,٦	٨٣,١٣	دياتوم من بازلت (نيفادا)
					مواد عضوية وفاقد حريق
					%
					TiO <sub>2</sub>
					V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
					Na <sub>2</sub> O
					%
	٣,٦٣	٠,١٤	٠,١١	١,٤٤	دياتوم من لومبرك (كاليفورنيا)
	٥,٣٠	٠,١٨	٠,٠٥	١,٦٠	دياتوم من بازلت (نيفادا)

ولون تراب الدياتوم يكون أساسا أبيض ولكن ما يجعل لونه قاتما، هو وجود شوائب كربونية أو أتربة أو أكاسيد حديدية أو أتربة بركانية. ويتراوح معامل انكسار الضوء عليه بين ١,٤١ و ١,٤٨ وهو يقارب في ذلك معامل انكسار السيليكا المتألثة Opaline silica . والكثافة الظاهرية للدياتوم المطحون تتراوح بي ٠,١١٢ و ٠,٣٢ في سم<sup>٣</sup> في حين أن الكثافة الحقيقية هي ٢,٢-٢,١. وتراب الدياتوم المطحون (٥-١٠٠ ميكرون) ذو المسامية العالية له قدرة على امتزاز الزيوت والمركبات العضوية ولكن الخاصية الأهم له هي قدرته على الامتصاص وهي التي تجعل منه مادة مساعدة على الترشيح (F8) Filter aid واسعة الانتشار. وبالإضافة إلى ذلك فإن تراب الدياتوم يستعمل

كعازل حراري وكمادة مالئة في صناعة اللدائن (البلاستيك) والمطاط وتركيبات طلي الأسطح كما أنه يستخدم كمادة حاملة للعوامل المساعدة Catalysts (الحفازات) وفي أغراض أخرى كثيرة. ومن أهم استخدامات تراب الدياتوم في مجال المياه استعماله في المرشحات الفاصلة Septum filters التي تسمى كذلك مرشحات الدياتوم وتعتمد هذه المرشحات على ترسيب طبقة من مساعد الترشيح (الدياتوم) على فاصل مسامي حاجز Septum مما يعوق مرور المواد العالقة في الماء، الذي يُدفع إلى الفاصل أو يُسحب خلاله ويستمر ذلك حتى يزيد فاقد الضغط عن الحدود المقننة عندها تتم إزالة مساعد الترشيح والمواد المفصولة، وذلك إما بعكس اتجاه مرور تيار الماء أو بإمرار تيار من الهواء المضغوط. ونظرا لأن كمية مساعد الترشيح المطلوبة تكون كبيرة فإن تكاليف استخدام هذا النوع من المرشحات عالية مما يجعل استخدامه غير شائع في الصناعة. ويقتصر على الاستعمالات الخاصة مثل ترويق مياه حمامات السباحة وفصل الزيوت من البخار المنكثف.

D20

Dielectric constant<sup>(2)</sup>

ثابت العزل الكهربائي

هو عبارة عن مقياس لقدرة سائل ما (مذيب) على إضعاف قوى التجاذب بين الأيونات، بحيث كلما ارتفعت قيمة ثابت العزل الكهربائي كلما زادت مقدرة السائل على إذابة الأملاح القابلة للتأين. وقيمة ثابت العزل الكهربائي للماء ٨٠ ضعف قيمته في الهواء و ٤٠ ضعف قيمته للمواد البترولية وأكثر من ثلاثة أضعاف قيمته للكحول الإيثيلي وهذا يفسر قدرة الماء الفائقة على إذابة الأملاح.

D21

Differential aeration cells<sup>(1,4)</sup>

خلايا التهوية التفاضلية

عندما يوجد في الماء الملامس للمعادن منطقتين مختلفتين بينهما تركيز الأكسجين فإن ذلك يؤدي إلى ما يعرف باسم خلية التهوية التفاضلية. ومن أمثلة ذلك ما يحدث كنتيجة للرواسب التي تتكون على سطح المعادن، فسواء كانت هذه الرواسب قشورا ملحية أو عوالق لاصقة أو نموا بيولوجيا فإن ذلك يؤدي إلى أن تتكون تحت هذه الرواسب منطقة تفتقر إلى الأكسجين إذا ما قورنت بباقي المناطق. ولما كان الأكسجين بطبيعته مانعا كاثوديا للاستقطاب فإن افتقاده يؤدي إلى تكون منطقة أنودية،

في حين يبقى السطح الذي ليست عليه رواسب منطقة كاثودية مكونا بذلك خلية تآكل تتسبب في تآكل موضعي متمركز تتخلف عنه رواسب جديدة وهذه الرواسب تؤدي بدورها إلى تكوّن خلايا تهوية تفاضلية أخرى مما يدخل الوضع في سلسلة تفاضلية تزداد مع الوقت سوءاً، وليس من المستغرب أن تصل إلى حد إحداث تقوّب في المعدن. وإذا كان كل ما يتسبب في تكوّن ترسيبات مسامية على سطوح المعادن يمكن أن يؤدي إلى تكوّن خلايا التهوية التفاضلية ومن ثمّ إلى التآكل الموضعي المتمركز، فإن هذه المشكلة تزداد تفاقمًا في المبادلات الحرارية إذ أن الرواسب أو القشور تجعل معدل سريان الحرارة أقل في المناطق المغطاة بهذه الترسبات وهذا يؤدي بدوره إلى وجود اختلاف في درجات الحرارة بين منطقة وأخرى على السطح مما يحول المناطق الباردة إلى مناطق أنودية والساخنة إلى مناطق كاثودية ويترتب على ذلك مزيد من التآكل.

D22

Diffusion<sup>(3,6,20)</sup>

الانتشار

تعتمد ظاهرة الانتشار على النطاق الجزيئي، على الحركة العشوائية للجزيئات وهي وإن كانت تحدث في أي وسط سواء كان غازا أو سائلا أو مادة صلبة إلا أنها تكون في المواد الصلبة أبطأ جدا منها في الموائع إلا إذا ازدادت درجة الحرارة زيادة كبيرة.

وفي الموائع الساكنة التي تسري سريانا طبقيا (L3) Laminar flow إذا وجد بها مكونان أو أكثر يختلف تركيز أي منها من مكان إلى آخر، فإننا نجد أن كل مكون أثناء انتشاره يعمل على أن ينتقل في الاتجاه الذي يقلل من اختلاف التركيز وهذا هو ما يسمى بانتقال المادة الجزيئي Molecular mass transfer . ويتناسب معدل سريان مادة (A) في مادة أخرى (B) تناسباً طردياً مع مقدار التغير في تركيز هذه المادة في اتجاه سريانها  $(dC_A)/dy$  ومع مساحة السطح. وتمثل العلاقة التي تربط بين معدل السريان مقسوما على مساحة السطح الذي يتم الانتشار خلاله  $N_{AB}$  فيما يسمى بقانون فيك Fick's law .

$$N_{AB} = - D_{AB} \frac{(dC_A)}{dy}$$

وتدل الإشارة السالبة على أن الانتقال يكون في اتجاه تناقص التركيز أما  $D_{AB}$  فهو ما يسمى بمعامل الانتشار الجزيئي Molecular diffusion coefficient للمادة A في المادة B . ولكي تنتشر جزيئات المادة A في المادة B فإن على جزيئات A أن تدفع جزيئات B لتحل محلها. وعلى ذلك فإن عملية

الانتشار تكون أبطأ كلما زادت لزوجة B أو كثافته، وهذا يفسر انخفاض الانتشار في السوائل عنه في الغازات حيث تكون المسافات بين الجزيئات أكبر والانتشار أيسر وبالتالي معدله أكبر. وكما تنتشر المواد عبر السطوح الفاصلة بين الغازات والسوائل فإنها تنتشر عبر السطوح المسامية فيما يسمى بالتخلل Permeation. كما أن الجزيئات تنتشر من وسط درجة حرارته مرتفعة إلى وسط بارد بالانتشار الحراري Thermal diffusion .

وإذا وجدت تيارات حمل أو اضطراب في الموائع التي يحدث فيها الانتشار، فإن انتقال المادة يزداد معدله بفعل هذه التيارات ليعطي ما يسمى بالانتشار الدوامي Eddy diffusion .

وإذا كان الانتشار يؤدي إلى انتقال مادة داخل مادة أخرى تحت تأثير الاختلاف في التركيز فإن الاستفادة من هذه الظاهرة تتمثل في تطبيقها في عمليات الفصل كما يحدث مثلا في التقطير حيث يؤدي الالتقاء بين طور البخار المشبع والسائل عند درجة غليانه إلى انتقال المادة الأقل تطايرا من البخار إلى السائل، في حين تنتقل المادة الأكثر تطايرا من السائل إلى البخار. ومن خلال تكرار هذه العملية يمكن التوصل إلى درجة الفصل المنشودة. هذا ويستخدم انتقال المادة عبر السطح الفاصل بين سائلين لا يمتزجان فيما يسمى بعمليات الإستخلاص من سائل إلى سائل Liquid-liquid extraction ، وانتقال المواد من غاز إلى سائل في عمليات الامتصاص (A1) Absorption ، ومن غاز أو سائل إلى مادة صلبة في عمليات إلامتزاز (A12) Adsorption .

D23

Diffusion coefficient<sup>(10,20)</sup>

معامل الانتشار

معامل الانتشار هو الخاصية التي تعتمد عليها سرعة انتشار مادة ما في مادة أخرى تحت تأثير اختلاف التركيز Concentration difference ويرمز له على المستوى الجزيئي بالرمز  $D_{AB}$  ليعبر عن معامل الانتشار الجزيئي لمادة A في مادة B في حالة السكون أو السريان الطبقي وهو يمثل ثابت التناسب بين معدل السريان لكل وحدة سطح  $N_{AB}$  مول/(ساعة) (متر مربع) وبين مقدار التغيير في تركيز المادة في اتجاه سريانها  $(dC_A)/dy$  (مول/متر<sup>2</sup> ÷ متر) كما يظهر في قانون فيك Fick's law .

$$N_{AB} = - D_{AB} \frac{(dC_A)}{dy}$$

الذي يبين أن معامل الانتشار يقاس بوحدات مساحة لكل وحدة زمن أي متر مربع/ساعة أو سم<sup>2</sup>/ثانية.

ويعتمد معامل الانتشار على حجم جزيء المادة المنتشرة ووزنها الجزيئي. فيقل بازدياد كل منهما، كما يعتمد على لزوجة وكثافة المادة الأخرى، فيقل في السوائل عنه في الغازات، كما يتناسب عكسياً مع الضغط الكلي وطردياً مع درجة الحرارة. وفي حالة وجود سريان مضطرب (T9) Turbulent flow فإن انتقال المادة، يتم إلى جانب الانتشار الجزيئي، بواسطة الانتشار الدوامي Eddy diffusion مما يزيد من معدل الانتقال زيادة كبيرة يمكن التعبير عنها في قانون فيك بإضافة معامل انتشار دوامي ( $E_D$ ) إلى معامل الانتشار الجزيئي ( $D$ ). وبحيث تصبح العلاقة كما يلي:

$$N_A = -(D + E_D) \frac{dC_A}{dy}$$

ويعتمد معامل الانتشار الدوامي أساساً على نمط السريان Flow pattern بالإضافة إلى اعتماده على الخواص الفيزيائية للموائع التي يتم خلالها الانتقال.

D24

Digester<sup>(1)</sup>

وعاء الهضم

وعاء الهضم هو عبارة عن صهريج يستخدم لكي تتجمع فيه الحمأة ويتم فيه التحلل الهوائي أو اللاهوائي للمواد العضوية الموجودة فيها. ويشتمل في صورته العادية على صهريج، الجزء العلوي منه أسطواني والجزء السفلي مخروطي تدخل إليه الحمأة بمعدل لا يزيد عن ٣٠% من الحمل المقنن، وهنا يتم تسخين الحمأة وضبط الرقم الهيدروجيني والتقليب مع القيام بالقياسات اللازمة التي تضمن بدء الهضم بالطريقة المطلوبة، ثم تبدأ زيادة معدل دخول الحمأة تدريجياً. وأثناء عملية الهضم تتكون في الوعاء ثلاثة مناطق: منطقة تحتوي على الزبد العائم على السطح، ومنطقة متوسطة تشتمل على ما يسمى بالنطاق المائي وفيه يكون تركيز المواد الصلبة عند أدنى قيمة له، أما المنطقة الثالثة فتحتوي على طبقة الحمأة المهضومة أو التي في طريقها إلى الهضم. وتركيز المواد الصلبة فيها عند أعلى قيمة له. ويلاحظ أن يكون الجزء المخروطي من الوعاء، منحدر بشدة بحيث يسمح بسهولة انفصال السائل المتجه إلى أعلى والحمأة المترسبة إلى أسفل والتي يتم سحبها من أدنى جزء في الوعاء، في حين يسحب السائل الناتج بواسطة صمام تليسكريبي أو من خلال مجموعة من المخارج عند ارتفاعات مختلفة. أما الغاز المتكون أثناء عملية الهضم فيتم تجميعه في خازن غازات Gas holder يسمح بتخزين ٢٠-٤٠% من الغاز المتكون في اليوم. وعادة ما يستخدم هذا الغاز كوقود لتوليد البخار اللازم للتسخين.



D25

Digestion<sup>(1)</sup>

الهضم

يطلق تعبير الهضم في مجال معالجة مياه الصرف بوجه عام على عملية الأيض الهدمي Catabolism (C4) الذي يتم خلالها تحلل المواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة. وهو إذا تم في وجود الهواء نتج عنه ثاني أكسيد كربون وماء وطاقة [أنظر الهضم الهوائي (A18) Aerobic digestion] أما إذا تم في غياب الأكسجين فينتج عنه ثاني أكسيد كربون وميثان [أنظر الهضم اللاهوائي (A29) Anaerobic digestion] ويعتبر الهضم اللاهوائي من أفضل الطرق البيولوجية للتخلص من المواد العضوية.

D26

Disc filters<sup>(1)</sup>

مرشحات الأقراص

تستخدم الأقراص المعدنية أو الصوانية المثقبة في عمليات الترشيح إذا غطيت بقماش يحمل طبقة من مساعدات الترشيح (F8) Filter aids كالألياف السيلولوزية أو تراب الدياتوم (D19) Diatomaceous earth أو الكربون المنشط (A5) Activated carbon ويتم تنظيف هذه المرشحات من أن لآخر بدفع تيار من الماء في الاتجاه المعاكس لاتجاه مرور السائل المراد ترشيحه، ولضمان زيادة كفاءة الترشيح يمكن استخدام الهواء والماء في عملية التنظيف.

D27

Disinfection<sup>(3,9,13)</sup>

التطهير

معالجة مياه الصرف أو مياه الشرب باستخدام مطهرات بغرض قتل كل الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض أو إبطال فعاليتها أو جعلها بطريقة ما غير قابلة لنقل الأمراض. ومدلول الكلمة لا يتضح تماما إلا بتعريف حدودها كان يقال مثلا، بحيث لا يحتوي الناتج على أكثر من ٢٠٠ مستعمرة بكتريا كوليفورمية برازية Fecal coliform في كل ١٠٠ ميلي لتر من الماء. والاختيار من بين الأنواع المختلفة من المطهرات أو مبيدات الجراثيم (M18) Microbiocides يتوقف على الكائنات الحية الموجودة في الماء المطلوب معالجته، وعلى نوعية المياه المطلوبة فمياه الشرب (P22) Potable water تختلف في طريقة تطهيرها

عن المياه المستخدمة في الصناعة، وهذه تختلف في طرق معالجتها عن معالجة المياه المستخدمة في حمامات السباحة.

والتطهير من الممكن أن يتم عن طريق الأكسدة كما يحدث في عمليات الكلورة Chlorination أو من خلال المعالجة بالأوزون (O10) Ozonation ، وعن طريق استخدام مواد مطهرة غير مؤكسدة ومن هذا الصنف يوجد المطهرات الكاتيونية كالأمينات ومركبات الأمونيوم الرباعية (Q1) Quaternary ammonium compounds أو الفينولات الكلورة كثلاثي أو خماسي كلوريد الفينول التي تستخدم في تطهير مياه أبراج التبريد، أو مركبات الكبريت العضوية مثل ثيوسيانات الميثيلين Methylene bis thiocyanate التي تستخدم في تطهير مياه مصانع الورق ومياه التبريد، أو المواد العضوية الفلزية Organometallic compounds مثل أكسيد الخارصين ثلاثي البيوتيل الذي يستخدم في تطهير مياه مصانع الورق.

D28

Dispersants<sup>(1,4)</sup>

المشتتات

المشتتات هي مجموعة من المواد يمكنها أن تبقى الحبيبات الدقيقة من المواد الصلبة عالقة في السائل الموجودة فيه، مما يعوق تجمعها وبالتالي يمنع ترسيبها. وهذه المواد يمكنها أيضا تشتيت تجمعات الحبيبات فتحولها إلى محاليل غروية. وعلى ذلك فالمشتتات على وجه العموم مفيدة عندما نرغب في منع ترسيب Precipitation أو تجمع Agglomeration أو التصاق Adherence الحبيبات الدقيقة. كما أن اسم المشتتات يطلق أيضا على مجموعة من التركيبات ذات الملكية الخاصة Proprietary compositions التي تستخدم في تحضير البويات والأحبار والصبغات وما إلى ذلك، بغية إعطاء هذه المنتجات قواما متجانسا. كما أنه يطلق في بعض الأحيان على المواد نشيطة السطوح Surface-active التي تعمل على ثبات عوالق الزيوت في الماء Oil-water emulsions المطلوبة في صناعة زيوت التشحيم. وإذا كانت المدمجات Flocculants (F19) أو المخثرات Coagulants (C20) تساعد على تجميع الحبيبات الدقيقة الموجودة في الأوساط المائية، فإننا نجد أن المشتتات، على نقيض ذلك، تعمل على فصلها. وعادة ما تكون مواد غير متأينة أقل في وزنها الجزيئي من المدمجات ولكنها تكون مغطاة بشحنة كهربية أكبر من نظيرتها على المدمجات.

وهناك ثلاثة أصناف رئيسية من المشتتات:

(1) مواد تعمل أساسا على تفتيت تجمعات الحبيبات في العوالق المركزة بهدف تخفيض درجة لزوجتها أو قابليتها للتصاق. ويشترط في هذا الصنف أن يتم امتزاز Adsorption (A12) هذه المواد أولا

على السطح قبل أن تقوم بعملها وتعتمد درجة الامتزاز على قوة التفاعل السطحي وعلى وجود قوى فاندر فالية Van der Waal's forces أو Coloumbic وبمجرد امتزازها فإنها تقوم بتفتيت المواد غير الذائبة والمتجمعة في الوسط المائي.

(٢) مانعات التبلور أو مانعات القشور Antiscalants (A38) في الغلايات وأنظمة تدوير مياه التبريد وأجهزة تحلية المياه المالحة. وهذه المواد تعتبر من المانعات المشرفية (T4) Threshold inhibitors التي تعمل على إعاقة تكون البلورات أو الرواسب أو القشور.

(٣) كمكون هام من مكونات مساحيق الغسيل لتسهيل عملها وزيادة فاعليتها بتحتيتها (S19) Sequestration للأيونات المسببة لعسر الماء.

ومن أكثر المانعات المشرفية فاعلية الأملاح غير المتبلورة لعددات الفوسفات Amorphous polyphosphate salts والتي عادة ما تحضر بتحريض النسب الملائمة من أكسيد الصوديوم  $Na_2O$  وخامس أكسيد الفوسفور  $P_2O_5$  والماء تحت ظروف تشغيل متحكم فيها ليتكون المنتج المطلوب. وتستخدم هذه المنتجات أيضا كمواد مخففة Thinners للطينة المستخدمة في عمليات الحفر لاستخراج البترول كما تستخدم كأحد مكونات مساحيق الغسيل ومانعات القشور في أنظمة تدوير مياه التبريد.

وهناك أيضا البلمرات العضوية التي تعتبر عديدي الأكريلات من أسهلها إنتاجا بأوزان جزيئية وشحنات أيونية مختلفة كما أن تكاليف إنتاجها منخفضة إذا ما قورنت بعديدي الفوسفات، ولكنها أعلى تكلفة من عديدي الفوسفات. وبالرغم من أن هذه المواد تتمتع بالثبات والفاعلية الكبيرة كمشتتات إلا أنها لاتمنع التآكل. أما البولي مالبيت Polymaleate فلها خواص تماثل خواص البولي أكريلات ولكنها أنسب لعمليات التبخير.

D29

## منحنى تناقص الأكسجين الذائب Dissolved oxygen sag curve<sup>(9)</sup>

يتم التعبير عن كمية الأكسجين الذائب في المياه العذبة والمالحة ومياه الصرف محسوبة بالمليجرامات من الأكسجين الذائب في كل لتر من الماء أو جزء في المليون أو كنسبة تركيز الأكسجين في الماء إلى تركيزه عندما يكون الماء مشبعًا به عند نفس درجة الحرارة. ومما يستحق الذكر أن ذوبانية الأكسجين في الماء تقل بازدياد درجة الحرارة وتزداد بازدياد الضغط كما أنها تقل بازدياد ملوحة الماء. ولما كانت كمية الأكسجين الذائب في الماء لها أهمية خاصة فإن تتبع التغيير في هذا التركيز يكون ضروريا في كثير من الأحيان مما يستتبع عمل ما يسمى بمنحنى تناقص

الأكسجين الذائب، وهو عبارة عن منحني يمثل مسار محصلة التغيير في محتوى الأكسجين الذائب بالتناقص نتيجة استهلاكه في عمليات الأكسدة البيوكيميائية للمواد العضوية وبالإضافة نتيجة امتصاصه من الجو أو بالتهوية أو عن طريق عمليات التمثيل الضوئي.

D30

مقطر / قطارة / ناتج التقطير

القطارة هي السائل الذي يتكون عند تكثيف البخار المتولد عن تعريض سائل ما للتسخين إلى نقطة غليان (B17) Boiling point هذا السائل أو أحد مكوناته وفي حالة تقطير الماء المالح فإن القطارة تكون ماء نقيا خاليا من الأملاح.

D31

درجة التفكك

عندما يتفكك اليكتروليت (ملح متأيون) إلى أيونات فإن القدر الذي يتفكك به يسمى درجة التفكك والتي يعبر عنها عادة بنسبة مئوية أو كسر Fraction . ولقد افترض أرهينيوس Arhenius في نظرياته القديمة أن جميع الإليكتروليونات تتفكك تفككا كاملا عندما تكون في محلول لانهائي التخفيف Infinite dilution وأن درجة التفكك ( $\alpha$ ) عند أي تركيز آخر هي عبارة عن النسبة بين الناقلية المكافئة  $\wedge$  Equivalent conductivity [أنظر الموصلية الكهربائية (C25)] عند هذا التركيز وبين الناقلية المكافئة عند التخفيف اللانهائي  $\wedge_{\infty}$  أي أن:

$$\alpha = \frac{\wedge}{\wedge_{\infty}}$$

وفي نفس الوقت تقريبا كان فانت هوف Van t Hoff يدرس السلوك غير العادي للخصائص الارتباطية Colligative properties لمحاليل الإليكتروليونات واقترح استخدام المعامل I (والذي أطلق عليه فيما بعد اسم معامل فانت هوف) في التعبير عن هذه الخصائص كما يلي:

$$\begin{aligned} \Delta T_{bp} &= (im) K_{bp} && \text{ارتفاع نقطة الغليان} \\ \Delta T_{fp} &= - (im) K_{fp} && \text{انخفاض نقطة التجمد} \\ \pi &= i\pi_0 && \text{الضغط الاسموزي} \end{aligned}$$

حيث  $\pi_o$  هي الضغط الاسموزي إذا لم يكن هناك تفكك

$$\pi_o = m \frac{RT}{V}$$

والآن لنفترض أن ملحا في محلول مولالته (m) تفكك (تأين) وكانت درجة تفككه ( $\alpha$ ) معبرا عنها بكسر فإن مقدار الملح المتأين سوف يكون ( $\alpha m$ ) والذي لم يتأين ( $m - \alpha m$ ) ولنفترض أن كل جزيء عندما يتأين يعطي ( $v^-$ ) من الأيونات السالبة و ( $v^+$ ) من الأيونات الموجبة وأن مجموع الأيونات السالبة والموجبة التي تنتج من كل جزيء هي  $v^+ + v^- = v$  وهكذا يكون عدد الجسيمات بعد التأين (متأينة وغير متأينة)  $m(1-\alpha) + v\alpha m =$

$$\text{ومن ثم يكون} = \frac{\text{عدد الجسيمات في حالة التأين}}{\text{عدد الجسيمات الكلي قبل التأين}} = \frac{m(1-\alpha) + v\alpha m}{m} = \text{معامل فانت هوف}$$

أى أن

$$(1 - \alpha) + v\alpha = i$$

$$1 - \alpha + v\alpha = i$$

$$1 + \alpha (v - 1) = i$$

$$\alpha(v - 1) = i - 1$$

$$\frac{i - 1}{v - 1} = \alpha$$

ولقد استخدم فانت هوف هذه النتيجة لحساب درجة تأين عدد من الإليكترولبيات عند تركيزات مختلفة، وذلك عن طريق تعيين الخصائص الرابطة لهذه المحاليل. وبالرغم من أن النتائج كانت متوافقة إلى حد كبير مع نسب التأين المحسوبة من حسابات الناقلية الكهربائية، إلا أن النظريات الأيونية الحديثة جاءت لتؤكد أن الإليكترولبيات القوية Strong electrolytes مثل كلوريد الصوديوم تتفكك تفككا كاملا في محاليلها المائية عند أي تركيز، كما أن قياسات الامتصاص الطيفي Absorption spectra أثبتت خلو محاليل هذه الأملاح من جزيئات غير متأينة. أما تفسير انخفاض الناقلية الكهربائية مع زيادة التركيز فقد ثبت أنه يعزى إلى تباطؤ حركة الأيونات عندما يكثر عددها (مع زيادة التركيز)،

فإذا تصورنا أنه عندما يتحرك أيون ما فإن عددا من الأيونات المخالفة لشحنته تكون في أثره وتجذبه إليها معطلة حركته، بالإضافة إلى وجود سحابة من جزيئات المذيب نتيجة التذابوب (S44) Solvation تسبب مزيدا من التزاحم وتضخم هذا التعطيل. وكلما زاد التركيز كلما زاد هذا التباطؤ وتسبب في مزيد من انخفاض الناقلية الكهربائية التي تتوقف قيمتها على سرعة الأيونات التي تساهم في نقل التيار.

من كل ما تقدم يتبين أن الدقة تتطلب استخدام تعبير درجة التفكك مع الإليكتروليات الضعيفة فقط أما الإليكتروليات القوية فتسمى قيمة  $(\Lambda/\Lambda_0)$  نسبة الناقلية Conductance ratio أو درجة التفكك الظاهرية Apparent degree of dissociation وتصبح هذه مقياسا لتباطؤ أيونات هذه الإليكتروليات عندما يزيد التركيز. وفيما يتعلق بالإليكتروليات الضعيفة، فنظرا لأن تركيز الأيونات في محاليلها لا تكون كبيرة على أية حال، فلذلك لا يوجد تباطؤ لعدم وجود تزاحم ولهذا فمن الممكن اعتبار  $(\Lambda/\Lambda_0)$  مقياسا لدرجة التأين.

وهنا يلزم توضيح تعبيرتي القوية والضعيفة بالنسبة للإليكتروليات والمركز والمخفف بالنسبة للمحاليل فالإليكتروليات يكون قويا أو ضعيفا اعتمادا على تأينه فإذا كان تأينه كاملا وناقليته الكهربائية تتغير بالتركيز والتخفيف فهو قوي وإذا كان تأينه غير كامل وناقليته الكهربائية لا تتأثر كثيرا بالتركيز فهو ضعيف. أما كون المحلول مخففا أو مركزا فهذا يعتمد على كمية المذاب الموجود في وحدة الحجم من المحلول فمثلا حامض الكبريتيك حامض قوي مهما كان تركيزه وحامض الخليك Acetic acid حامض ضعيف حتى في محاليله المركزة.

D32

Donnan effect<sup>(6,10)</sup>

تأثير دونان

يطلق تأثير دونان على قابلية مادة ما على اجتذاب جزيئات الماء أكثر من جزيئات الأملاح، إذا ما لامس سطح هذه المادة محلول مائي لأحد الأملاح. وتظهر هذه الخاصية بوضوح مع السطوح التي تحمل شحنات كهربية مثل أغشية أو راتجات التبادل الأيوني Ion exchange resin (I11). غير أنها لا تقتصر على هذه الأغشية ولكنها تظهر أيضا مع الأغشية الأخرى كل بحسب الشحنات المتخلفة على سطح المادة المصنوع منها. فمثلا أغشية عديد الأميدات Polyamide توجد على سطوحها شحنة متخلفة موجبة تعمل على إبعاد الأيونات الموجبة للأملاح، وهذا لا يعني انعدام وجود هذه الظاهرة مع الأغشية الأخرى بل يمكننا أن نتوقع وجودها بقوى تختلف باختلاف مقدار الشحنة الموجودة على السطح، وهي بذلك تصل إلى أقصاها مع أسطح أغشية التبادل الأيوني

في حين تنخفض إلى أدنى درجة (ولكنها لا تنعدم تماما) مع الأغشية المتعادلة أي التي لا تظهر بوضوح على سطوحها شحنات كهربية مختلفة. وهذه الظاهرة تشارك في تفسير قدرة أغشية التناضح العكسي على نبذ واستبعاد الأملاح (S5) Salt rejection .

D33

### مضخة جرعات / مضخة حقن كيماويات سائلة / Dosing pump<sup>(11)</sup>

هي مضخة ترددية يمكن ضبط تدفقها بالتحكم في سعة اسطوانتها وسرعة ترددها، وهي إما تعمل بواسطة كباس Piston أو غشاء Diaphragm يعمل ميكانيكيا أو هيدروليكيًا وعادة ما يتم توصيفها طبقا لمعدل تدفق السائل منها أو حسب أقصى ضغط تعمل به أو منسوبا إلى مدى دقتها. ومضخات الكباس تمتاز بدقتها ولكنها لا تصلح لضخ المواد الحاكة Abrasive materials أو المسببة للتآكل مثل سيليكات الصوديوم وكلوريد الحديد إلا بعد اتخاذ الاحتياطات اللازمة. ويختلف تدفق هذا الصنف باختلاف قطر الكباس وشوط الشغل ويتراوح هذا التدفق بين أقل من ملي لتر واحد إلى عدة آلاف من اللترات في الساعة.

ومضخات الأغشية تعمل بواسطة غشاء إذا تم تحريكه ميكانيكيا فإن المضخة تكون أقل دقة من مضخات الكباس كما يندر أن يزيد تصريفها عن ٢٠ لترا في الساعة، أما إذا كان الغشاء يتحرك هيدروليكيًا فتكون المضخة أكثر دقة من مضخات الأغشية التي تتحرك ميكانيكيا ولكنها تظل أقل دقة من مضخات الكباس وعادة ما يستعمل هذا الصنف مع المواد الحاكة أو المسببة للتآكل أو غليظة القوام. ويمكن أن يصل تصريف مضخات الأغشية الهيدروليكية إلى ٢٥٠٠ لتر في الساعة.

D34

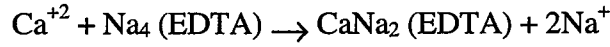
### مرشح ذو طبقتين / Dual-media filter<sup>(13)</sup>

عبارة عن مرشح يحتوي على مادتين كل منهما في طبقة منفصلة وعادة ما تكون الطبقة العليا من فحم أنثراسيت Anthracite (A35) حجم حبيباته يتراوح بين ٠,٨ و ١,١ مم بسمك ٥٠-٧٠ سم والطبقة السفلى من الرمل (سيليكيا) حجم حبيباته من ٠,٤ إلى ٠,٥٥ مم سمكها ١٥-٣٠ سم. [أنظر أيضا المرشحات متعددة الطبقات (M30) Multimedia filters].

E1

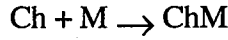
رباعي اسيتات الإثيلين ثنائي الأمين (رأث أ) EDTA<sup>(2,4)</sup>

يستخدم ملح الصوديوم لحلمض (رأث أ) EDTA Ethylene diamine tetracetic acid كمادة كلابية (C14) Chelating agent بحيث إذا أضيف إلى ماء يحتوي على أيونات مثل أيونات الكالسيوم أو الماغنسيوم فإنه يتفاعل معها بطريقة تجعلها تبقى ذائبة ولا تترسب.



وهو في ذلك يشبه ما يحدث مع راتجات التبادل الأيوني.

ومثلما يتفاعل (رأث أ) كمادة كلابية مع الكاتيونات الثنائية فإنه يتفاعل كذلك مع الكاتيونات الثلاثية مثل أيونات الحديدك ( $\text{Fe}^{+3}$ ) ومن الممكن التعبير عن هذا التفاعل بصورة عامة كما يلي:



وهذا التفاعل يكون ثابت اتزانته كالاتي:

$$K_{sc} = \frac{(\text{ChM})}{(\text{Ch})(\text{M})}$$

حيث

(Ch) هو تركيز المادة الكلابية (رأث أ)

و (M) هو تركيز الكاتيون

و (Ch M) هو تركيز المركب الناتج

ويكون ثابت الاتزان  $K_{sc}$  مقياساً لقوة تماسك المركب الناتج ChM كما أن قيمته تحدد أي الكاتيونات يتفاعل بكمية أكبر من غيره إذا كانت كمية المادة الكلابية الموجودة أصلاً لا تكفي للتفاعل مع كل الكاتيونات الذائبة في الماء فإن الكاتيون الذي يكون ثابت اتزانته أكبر يتفاعل بكمية أكبر إذا ما تساوى تركيزه مع غيره.

ولقياس مدى قابلية ترسب ملح من الأملاح يتكون من أحد الكاتيونات تركيزه (M) مع أنيون تركيزه (A) يجب أن يؤخذ في الاعتبار حاصل ذوبانية (S43) Solubility product هذا الملح  $K_{sp}$  حيث:

$$K_{sp} = (\text{M})(\text{A})$$



فإذا كان حاصل ضرب ثابت اتزان تفاعل المادة الكلابية في حاصل الذوبانية ( $K_{sp}$ ) يعطي مقدارا أقل من (١)

$$K_{sp} K_{sc} < I$$

فإن ذلك يدل على إمكانية ترسب الملح. وهناك طريقة أخرى للثبوت من ذلك فإذا كان  $\text{Log } K_{sc}$  أكبر من قيمة  $-\text{Log } K_{sp}$

$$\text{Log } K_{sc} > -\text{Log } K_{sp}$$

فإن الملح لا يترسب ويبقى الكاتيون ذائبا على هيئة  $\text{ChM}$  ويبين الجدول التالي قيم  $\text{Log } K_{sc}$  للتفاعل بعض الكاتيونات مع (ر أ ث أ) وكذلك ( $-\text{Log } K_{sp}$ ) لبعض المركبات

$-\text{Log } K_{sp}$	المركب	$\text{Log } K_{sc}$		
٣٠	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	١٠,٦	$\text{Ca}^{++}$	الكالسيوم
٤,٢	$\text{CaSO}_4$			
٨,١	$\text{CaCO}_3$			
١٣,٦	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	١٤,٣	$\text{Fe}^{++}$	الحديد
١٣,٨	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	٢٥,١	$\text{Fe}^{+++}$	
١٣,٨	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	١٨,٨	$\text{Cu}^{++}$	النحاس

وهذا يعني أن الكالسيوم يبقى ذائبا في وجود أنيونات الكبريتات والكربونات ولكن إذا كانت الفوسفات موجودة فإن الكالسيوم يترسب كفسفات كالسيوم. كما أن هذه الأرقام تدل على أن EDTA (ر أ ث أ) ليست له فاعلية كمادة كلابية مع الحديد والنحاس في وجود أيونات الهيدروكسيل (المياه القلوية). ويستخدم (ر أ ث أ) في معالجة المياه الداخلة إلى الغلايات ولكن لا يوصى باستعماله مع المياه منخفضة العسر لغلو ثمنه بالمقارنة مع الفوسفات. وبالإضافة إلى ذلك فإنه نظرا لقابلية جزئ (ر أ ث أ) للتكسر عند درجات الحرارة العالية فإن استعماله يقتصر على مياه الغلايات التي تعمل عند ضغوط أقل من ١٠٠ جوي.

ولما كانت مياه التبريد تحتوي في العادة على الكالسيوم بتركيز أكبر من ١٠٠٠ مجم/لتر فإن استخدام (ر أ ث أ) معها لا يكون اقتصاديا.

هذا ويستعمل (ر أ ث أ) لتعيين العسر عياريا ويعتمد في ذلك على وجود كشاف يتغير لونه عندما يكون (ر أ ث أ) أكثر من اللازم *In excess*، أي عندما تتفاعل كل الأيونات المسببة للعسر مع (ر أ ث أ). والكشاف الذي يستخدم عادة لهذا الغرض هو الإيكروروم الأسود *Erichrome black T (EBT)* ذو اللون الأزرق، الذي عندما يضاف إلى ماء عسر رقمه الهيدروجيني ١٠ يتحد مع أيونات الكالسيوم والماغنسيوم ليكوّن أيونا مركبا *Complex ion* لونه أحمر نبيتي *Wine red*



وأثناء عملية المعايرة تتحد كل الأيونات الحرة المسببة للعسر مع (ر أ ث أ) وبعد أن تنتهي هذه الأيونات ويتحرر ما اتحد منها مع EBT ، يرجع اللون الأزرق مؤذنا بانتهاء عملية المعايرة. وتعتبر هذه الطريقة هي الوسيلة المنتقاة لتعيين العسر بدقة.

E2

Ejectocompression

الضغط بالقذف

أنظر التقطير بضغط البخار (حراريا) (V1) Vapor compression distillation (Thermal VC)

E3

Ejector<sup>(6,13,20)</sup>

نفثات القذف / طارد الهواء

النفث هو عبارة عن صورة مبسطة من مضخة تفريغ أو مضخة كابسة تعمل بلا كباسات أو صمامات أو مراوح أو أية أجزاء متحركة. ويتكون النفث أساسا من أنبوب فنتسوري Venturi tube متصل بحجرة تغذية بها منفث Nozzle يندفع منه البخار المحرك Motive steam بسرعة كبيرة على هيئة نافورة فيتحول ضغط البخار إلى طاقة حركية يقل معها الضغط مما يساعد على سحب البخار المراد ضغطه (إذا كان النفث يعمل كمضخة كابسة) أو سحب الغازات والأبخرة من الوعاء المراد خلخلته (إذا كان النفث يعمل كمضخة تفريغ)، ويمر الخليط بعد ذلك في الجزء المجمع Converging part من الفنتسوري وتتزايد السرعة حتى تصل إلى أقصاها في المخنق Throat وعند مروره من المخنق يبدأ في التباطؤ في الجزء المفرق Diverging حيث تتحول الطاقة الحركية مرة أخرى إلى ضغط [أنظر أيضا نفثات قاذفة (J3)].

E4

Electrical conductivity

الموصلية الكهربائية

أنظر الموصلية (C25) Conductivity .

E5

Electrochemical corrosion

التآكل الكهروكيميائي

أنظر التآكل (C26) Corrosion .

E6

Electrode<sup>(2)</sup>

قطب كهربائي / مسرى / اليكترود

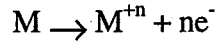
الخلية الكهربية عبارة عن جهاز يتم فيه تفاعل كيميائي بمساعدة تيار كهربائي فيسمى خلية اليكتروليتية، أو يتولد فيه تيار كهربائي كنتيجة لتفاعل كيميائي فيما يسمى بالخلايا الجلفانية. وأيا كان نوع الخلية الكهروكيميائية فإن التفاعل الأيوني الذي ينتج عنه اليكترونات أو يستهلكها يحدث عند سطح أو حيز منفصل من الخلية يسمى القطب. والأقطاب يجب أن تكون موصلة جيدة للإليكترونات. ويسمى القطب الذي يتم عنده تفاعلات تتولد عنها اليكترونات ( $M \rightarrow M^+ + e^-$ ) المصعد (الأنود)، أما القطب الذي تحدث عنده تفاعلات تستهلك اليكترونات ( $M^+ + e^- \rightarrow M$ ) فيسمى المهبط (الكاثود). ويمر التيار الكهربائي دائما خارج الخلية من المصعد إلى المهبط.

E7

Electrode potential<sup>(2,4,8)</sup>

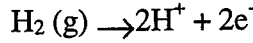
جهد القطب الكهربائي / جهد الاليكترود

عندما يوضع معدن ما في الماء فإن المعدن يظهر قابلية للانتقال إلى المحلول على هيئة أيونات وينتج عن ذلك تولد اليكترونات. هذه القابلية لفقدان الاليكترونات ينشأ عنها فرق في الجهد بين المعدن والمحلول يسمى جهد الاليكترود لهذا المعدن. ولما كان هذا التفاعل تفاعلا انعكاسيا



المتجه إلى اليمين منه تفاعل أكسدة والمتجه إلى اليسار تفاعل اختزال، فيستمر كلا التفاعلات حتى يصل إلى توازن معين يختلف اختلافا كبيرا من معدن إلى آخر.

ويتم قياس الجهد مقارنة بمرجع قياسي هو قطب الهيدروجين القياسي Standard hydrogen electrode والذي اختير لجهد قيمة افتراضية هي الصفر. ويمكن الحصول على قطب الهيدروجين القياسي بتعليق قطعة من البلاطين بواسطة سلك بلاطيني رفيع في أنبوب زجاجي مغمور جزئيا في محلول حمضي كما هو مبين بالشكل (١٢) ثم يمرر الهيدروجين عند ضغط واحد جوي فوق البلاطين الذي يقوم بدور العامل المساعد للتفاعل.

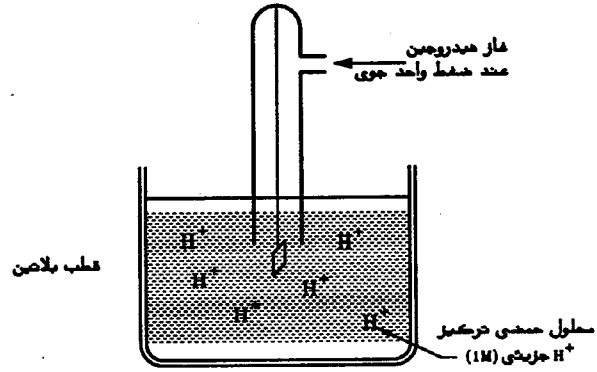


ولقياس جهد أي قطب معدني فإن القطب الهيدروجيني يوضع بحيث يشكل نصف خلية ويشكل النصف الآخر منها قطب من المعدن مغمور في محلول لأيوناته بتركيز (IM) كما هو مبين بالشكل (١٣) الذي يمثل خلية (Zn/H<sub>2</sub>) لقياس جهد الزنك العياري. ولما كان الزنك يفقد الاليكترونات أسهل مما يفقدها الهيدروجين، فإن الجهد القياسي للزنك يتم تسجيله بما يساوي (+٠,٧٦٢ فولت). وعلى العكس من ذلك فإن فقدان النحاس للاليكترونات (مثلا) أكثر صعوبة من فقدان الهيدروجين لها ولذلك فإننا نجد أن الجهد القياسي للنحاس هو (-٠,٣٤٤٨ فولت).

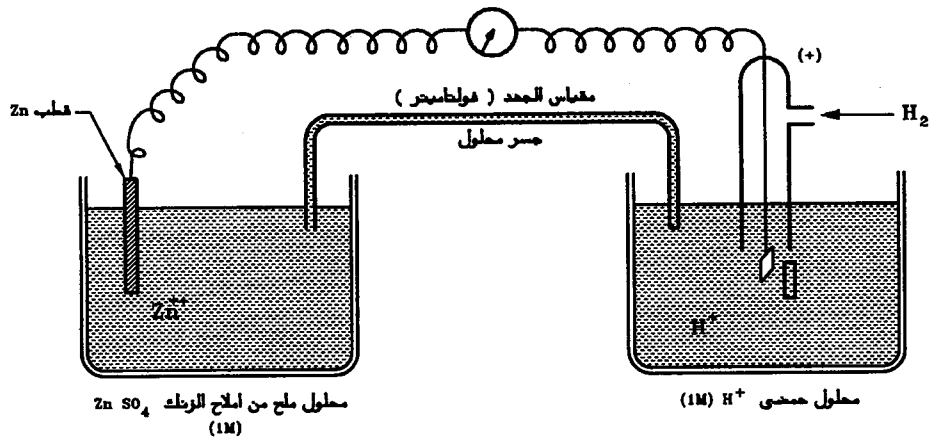
هذا وإذا شكلنا خلية جلفانية من الزنك والنحاس فإن النحاس يتعرض فيها لتفاعل اختزال والزنك لتفاعل أكسدة ويكون الجهد القياسي لهذه الخلية هو : ٠,٧٦٢ - (-٠,٣٤٤٨) = ١,١٠٦٨ فولت.

وتجدر الإشارة إلى أن جهد القطب يمكن أن يذكر على أنه جهد أكسدة باعتبار أن التفاعل فقدان للاليكترونات  $M \rightarrow M^{+n} + ne^-$  أو على أنه جهد اختزال للتفاعل العكسي  $M^{+n} + ne^- \rightarrow M$  وفي كل الحالات فإن القيمة الرقمية للجهد في الحالتين واحدة ولكن الإشارة تكون في الحالة الأولى عكس الثانية بأن نقول أن جهد الأكسدة للنحاس هو (-٠,٣٤٤٨) فولت أو أن جهد الاختزال للنحاس هو (+٠,٣٤٤٨) فولت. ويبين الجدول (٢) جهد الأكسدة القياسي لبعض المعادن.

والقيمة الموجبة لجهد الأكسدة هي مقياس لقابلية المعدن للأكسدة أو بمعنى آخر قدرته على اختزال غيره. ومن الجدول يمكننا استنتاج أن البوتاسيوم أحسن المعادن كعامل اختزال كما أن الذهب أضعف المعادن مقدرة عليه. كما أنه يمكننا أن نستنتج أن أي أيون معدني في الجدول يمكنه أن يؤكسد أي معدن يظهر أعلاه في نفس الجدول، فمثلا أيون الزنك يمكنه أكسدة معدن الماغنسيوم ولكن لا يمكنه أكسدة النحاس في حين أن أيون النحاس  $\text{Cu}^{++}$  يمكنه أكسدة معدن الزنك ولا يمكنه أكسدة الفضة.



شكل ( ١٢ ) قطب الهيدروجين العياري جهد قياسي = صفر ( فولت )



شكل ( ١٣ ) قياس جهد الاكسدة العياري للزنك باستخدام قطب الهيدروجين في خلية جلفانية ( جهد Zn العياري = + ٠,٧٦٢ فولت )

جدول (٢)

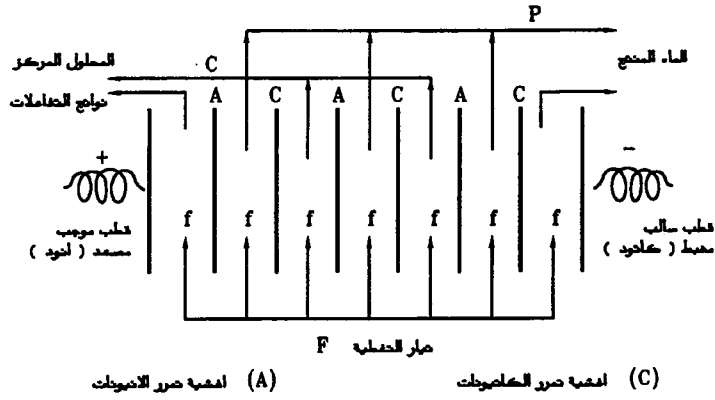
جهد الأكسدة القياسي لبعض المعادن

قيمة جهد الأكسدة

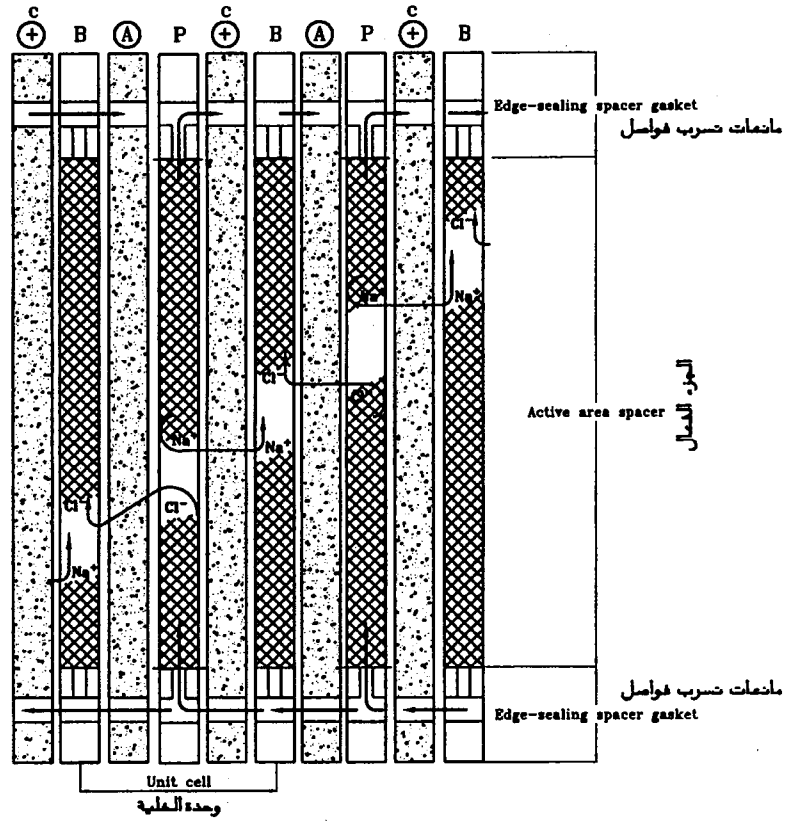
المعدن	التفاعلات القطبية	القياسي (فولت)
البوتاسيوم	$K=K^{+} + e^{-}$	٢,٩٢+
الكالسيوم	$Ca=Ca^{+2} + 2e^{-}$	٢,٧٦+
الصوديوم	$Na=Na^{+} + e^{-}$	٢,٧١+
الماغنسيوم	$Mg=Mg^{+2} + 2e^{-}$	٢,٣٤+
الألومنيوم	$Al=Al^{+3} + 3e^{-}$	١,٦٧+
المنجنيز	$Mn=Mn^{+2} + 2e^{-}$	١,٠٥+
الزنك	$Zn=Zn^{+2} + 2e^{-}$	٠,٧٦٢+
الكروم	$Cr=Cr^{+3} + 3e^{-}$	٠,٧١+
الحديد	$Fe=Fe^{+2} + 2e^{-}$	٠,٤٤+
النيكل	$Ni=Ni^{+2} + 2e^{-}$	٠,٢٥+
الرصاص	$Pb=Pb^{+2} + 2e^{-}$	٠,١٢٦+
الهيدروجين	$H_2=2H^{+} + 2e^{-}$	صفر
النحاس	$Cu=Cu^{+2} + 2e^{-}$	٠,٣٤٥-
	$Cu=Cu^{+} + e^{-}$	٠,٥٢٢-
الفضة	$Ag=Ag^{+} + e^{-}$	٠,٧٩٩٥-
البلاتين	$Pt=Pt^{+2} + 2e^{-}$	١,٢-
الذهب	$Au=Au^{+3} + 3e^{-}$	١,٤٢-
	$Au=Au^{+} + e^{-}$	١,٦٨-

## الفرز الغشائي الكهربائي / الديليزة الكهربائية / Electrodialysis<sup>(1,5,6)</sup>

الفرز الغشائي الكهربائي هو أحد عمليات الانتقال المستخدمة في تحلية المياه متوسطة الملوحة، يتم من خلاله فصل أيونات الأملاح الذائبة في الماء تحت تأثير تيار كهربائي مستمر Direct current ، يوضع في مساره أغشية شبه نفاذة من صنفين أحدهما يمرر الأيونات الموجبة دون السالبة (أغشية كاتيونية) والآخر يمرر الأيونات السالبة ولا يسمح بمرور الأيونات الموجبة (أغشية أنيونية). وتعزى هذه النفاذية الانتقائية Permselectivity (P5) إلى كون هذه الأغشية مصنوعة من مواد تبادل أيوني، فالأغشية الكاتيونية هي أغشية تبادل كاتيوني تسمح بمرور الكاتيونات ولكن الأيونات السالبة تلتصق بها ولا تستطيع أن تمر خلالها. وبالمثل فإن غشاء التبادل الأنيوني تمر من خلاله الأيونات السالبة ولكنه يعمل كحاجز يمنع مرور الأيونات الموجبة. وكما يتضح من الشكل (١٤) والشكل (١٥) فإنه يتم ترتيب الأغشية بالتناوب بين الصنفين المذكورين مع وضع لوح فاصل بين كل غشائين يسمح بانسياب الماء بينهما ويطلق على كل زوج من هذه الأغشية مع الفواصل والمسارات الموجودة بينهما اسم وحدة الخلية. وعندما يمر تيار كهربائي مستمر في الماء المالح فإن الأيونات الموجبة تتحرك في اتجاه القطب السالب (الكاثود أو المهبط) مارة من خلال الغشاء الكاتيوني (C) أما الأيونات السالبة فتتحرك في اتجاه القطب الموجب (الأنود أو المصعد) مارة من خلال الغشاء الأنيوني (A). وهذه الأغشية في الوقت الذي تسمح فيه بمرور الأيونات في الاتجاهات المذكورة فإنها تمنع مرورها في الاتجاه العكسي مما يساعد المحلول الموجود في الفراغ بين كل زوج من هذه الأغشية على أن يتخلص جزئياً مما به من أيونات فيصبح تركيز الأملاح فيه أقل، في حين تتركز الأملاح على الجانبين الخارجيين للخلية. ووحدات الفرز الكهربائي تشتمل أساساً على مصفوفة أغشية Membrane stack هي عبارة عن عدد كبير من الخلايا يوزع تيار التغذية الداخل إليها (F) إلى عدد كبير من التيارات التي يقل تركيز الأملاح في نصفها مكونة الماء المنتج (P) في حين يزيد التركيز في النصف الآخر مكونة المحلول الملحي (B). وكلما زاد عدد الخلايا الموضوعة بين الأقطاب الكهربائية كلما زادت كفاءة استخدام التيار الكهربائي. ويعتمد العدد الأمثل للخلايا على عوامل تتعلق بالتركيب الميكانيكي للوحدات ومنع التسرب والعزل الكهربائي والقدرة على التحكم في القيم الكبيرة لفارق الضغط الكهربائي للتيار المستمر. وعادة ما يتراوح عدد الخلايا بين ٢٧٥ و ٥٠٠ خلية لكل زوج من الأقطاب.



شكل ( ١٤ ) رسم تخطيطي للفرز الغشائي الكهربائي



شكل ( ١٥ ) مقطع في وحدة فرز غشائي كهربائي

- (C) أغشية صرر الكاتيونات Cation-permeable
- (A) أغشية صرر الأنيونات Anion-permeable
- (P) مسار الماء المنتج Product flow path
- (B) مسار المحلول الملحي Brine flow path



يتحكم فارق التركيز والخصائص الهيدروديناميكية للسريان في حركة الأيونات تجاه سطح الأغشية، ولما كان كل مسار به قلب دوامي (T9) Turbulent core وطبقتين متاخمتين Boundary layers (B19) لكل من الغشائين المحيطين بالمسار، فإننا نجد أن الأيونات تتحرك بسرعة في القلب الدوامي في حين تكون حركتها بطيئة في الطبقة المتاخمة. هذا بالإضافة إلى أن مرور الأيونات خلال الغشاء يساعد على تفريغ الطبقة المتاخمة من هذه الأيونات ويزيد من فرق الجهد عبرها إلى الحد الذي قد يسبب تأين الماء بما يعرف بظاهرة الاستقطاب. ونظرا لأن هذه الظاهرة تحدث بنسبة أكبر عند الأغشية الأنثونية فإن أيونات الهيدروكسيل المتولدة عن تأين الماء تمر من خلال هذه الأغشية في اتجاه مسار المحلول الملحي ومن ثم تزيد من رقمه الهيدروجيني وتتحد أيونات الهيدروكسيل مع أيونات الماغنسيوم الموجودة في الماء المالح، مكونة هيدروكسيد الماغنسيوم قليل الذوبان الذي يترسب على سطح الغشاء على هيئة قشور. وبالرغم من أن زيادة كثافة التيار الكهربائي Current density تقل معها مساحة سطح الأغشية اللازمة للعملية فإنه نظرا لأن الاستقطاب يزداد احتمال حدوثه مع زيادة كثافة التيار، فإن ذلك يضع حدا على قيمة كثافة التيار التي يمكن استخدامها دون التعرض للاستقطاب. ويطلق على قيمة كثافة التيار التي من المؤكد أن يحدث الاستقطاب إذا زادت الكثافة عنها، بكثافة التيار الحدية (L11) Limiting current density.

بالإضافة إلى ذلك فإن زيادة تركيز الأملاح بالقرب من سطح الأغشية المواجهة لمسارات المحلول الملحي إذا تعدت حدود الذوبانية فإنها قد تؤدي إلى ترسب الأملاح على هيئة قشور مثل كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنسيوم.

وتشتمل محطة الفرز الكهربائي عادة على:

- \* معالجة أولية لمنع دخول المواد التي تسبب اتساخ الأغشية وسد مسامها، ومعالجة الماء للإقلال من احتمال ترسب القشور. [أنظر أيضا المعالجة المسبقة (P24) Pretreatment].
  - \* مصفوفة الأغشية وهي عدد من خلايا الأغشية يتراوح بين العشرات والمئات.
  - \* مضخة تدوير ذات ضغط منخفض لتعويض فاقد الضغط أثناء مرور الماء عبر المسارات الضيقة للمصفوفة.
  - \* مصدر تيار مستمر عبارة عن مقوم Rectifier يتولى تحويل التيار المتذبذب إلى تيار مستمر .D.C.
  - \* معالجة نهائية لتعديل الرقم الهيدروجيني للماء وإزالة الغازات وإعداد الماء المنتج للتوزيع.
- [أنظر أيضا المعالجة اللاحقة (P21) Post-treatment].

ولقد بدأ استخدام الفرز الكهربائي في تحلية المياه متوسطة الملوحة على نطاق تجاري منذ عام ١٩٦٠ أي قبل التناضح العكسي بحوالي عشر سنوات. وطبقا للإحصائيات التي صدرت في آخر يونيو ١٩٩٨ فإن عدد وحدات الفرز الغشائي الكهربائي الموجودة عالميا هي ١٤٧٠ وحدة تنتج ١٢٦٢٩٢٩ متر مكعب في اليوم تمثل ٥,٥٥% من مجموع ما تنتجه جميع وحدات التحلية الموجودة في جميع أنحاء العالم، والتي تنتج أي منها ما يزيد عن ١٠٠ متر مكعب في اليوم. وبالرغم من وجود بعض وحدات الفرز الكهربائي التي تقوم بتحلية مياه البحر إلا أن الغالبية العظمى من الوحدات تقوم بتحلية مياه الآبار متوسطة الملوحة (B20) Brackish water.

## E9 الفرز الغشائي الكهربائي مع عكس القطبية

### Electrodialysis reversal (EDR)<sup>(6,15)</sup>

تستخدم هذه الطريقة نفس التجهيزات المستخدمة في الفرز الغشائي الكهربائي العادي، ولكن الفارق الهام هو في طريقة التشغيل، إذ تعمل الوحدة بالطريقة العادية حوالي ٢٠ دقيقة وبعد ذلك وعن طريق دائرة زمنية أتوماتيكية Automatic timing circuit تتم الخطوات التالية:

(١) تغيير اتجاه التيار المستمر وذلك عن طريق تغيير قطبية كل من القطبين بحيث يصبح القطب الموجب سالبا والقطب السالب موجبا، وكنتيجة لانعكاس اتجاه مرور الأيونات فإن حجيرات الماء الناتج تتحول إلى حجيرات ماء ملحي والعكس بالعكس.

(٢) تحول أتوماتيكي للصمامات بحيث تتدفق محتويات الحجيرات التي كانت تصب في مجرى الماء المنتج إلى المجرى النهائي للعادم مع محتويات الحجيرات الأخرى، ويستمر ذلك مدة دقيقة إلى دقيقتين. ويعمل انعكاس القطبية هذا على تكسير طبقات الاستقطاب كما يحمل الماء المنصرف خلال هذه الفترة ما يكون قد ترسب من قشور أو تكوّن من نويات Seeds لهذه القشور.

(٣) بعد انتهاء فترة انعكاس القطبية تعود الوحدة إلى فترة إنتاج عادية مدتها ٢٠ دقيقة متبوعة بفترة انعكاس قطبية مدتها ١-٢ دقيقة. وهكذا تتتابع هذه الفترات دون ما حاجة لإيقاف الوحدة لتنظيف الأغشية، وذلك لأن انعكاس القطبية يفيد في تحريك وإزالة القشور والمخلفات الأخرى من الخلايا بطريقة دورية كما أنه يسمح بتشغيل الوحدة بأقل قدر ممكن من المعالجة الأولية.

E10

Electrolyte<sup>(14)</sup>

الايكتروليت

يطلق هذا الاسم على المركبات التي يتولد عن ذوبانها في الماء تكوين أيونات تجعل المحلول موصلا للكهرباء وتشمل التسمية جميع الأملاح القابلة للذوبان في الماء والتي تتأين تحت تأثير ارتفاع ثابت العزل الكهربائي Dielectric constant (D20) للماء.

E11

Electrosmosis<sup>(6)</sup>

تناضح كهربائي

التناضح الكهربائي هو أحد تشكيلات الفرز الكهربائي الغشائي Electrodesialysis (E8) ولكن أهم اختلاف بينهما هو أن الناتج المطلوب في التناضح الكهربائي هو المحلول الملحي وليس الماء العذب. وهو لذلك يستخدم في اليابان لتركيز مياه البحر التي تخرج من الوحدة وقد تضاعف تركيز الأملاح فيها عدة مرات لتستخدم في إنتاج كلوريد الصوديوم.

E12

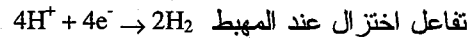
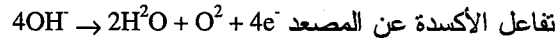
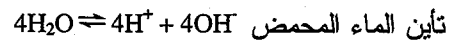
Electrolysis<sup>(8)</sup>

التحليل الكهربائي

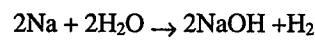
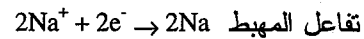
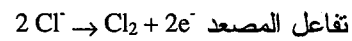
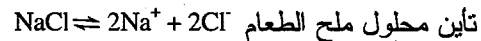
عند إمرار تيار كهربائي مستمر في محلول به أيونات فإن الأيونات الموجبة (الكاتيونات) تتجه نحو القطب السالب (المهبط/الكاثود) في حين تتجه الأيونات السالبة (الأنيونات) نحو القطب الموجب (المصعد/الأنود) وعندما تصل هذه الأيونات إلى الأقطاب تتعرض الأيونات لتفاعلات أكسدة عند المصعد كما تتعرض الكاتيونات للاختزال عند المهبط ويطلق على هذه العملية اسم التحليل الكهربائي.

ويستخدم التحليل الكهربائي في أغراض صناعية كثيرة منها:

(1) تحليل الماء لإنتاج الأكسجين والهيدروجين وفق التفاعلات الآتية:



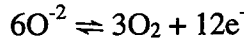
(2) تحليل محلول ملح الطعام لإنتاج الصودا الكاوية والهيدروجين والكلور:



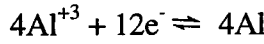
(٣) الطلاء الكهربائي للمعادن

(٤) تنقية المعادن

هذا ويمكن أن تتم عملية التحليل الكهربائي عند درجات حرارة عالية باستخدام مصهورات الأملاح كما يحدث في إنتاج معدن الصوديوم بالتحليل الكهربائي لملاح الطعام المصهور. وفي صناعة الألومنيوم تجرى عملية التحليل الكهربائي عند درجة ٢٠٠٠م على مزيج من أكسيد الألومنيوم (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) والكربوليت (Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>) باستخدام أقطاب من الكربون كمصعد حيث يحدث تفاعل الأكسدة.



وعند المهبط يتم الاختزال كما يلي:



E13

Energy recovery<sup>(6,21b,22)</sup>

استعادة الطاقة

يطلق هذا الاسم على أية عملية يمكن بها استعادة جزء من الطاقة التي عادة ما تُفقد مع العادم المنصرف إلى خارج وحدة ما. وفي مجال تحلية المياه المالحة بواسطة التناضح العكسي على وجه الخصوص يشير ذلك إلى استعادة جزء من الطاقة الموجودة في تيار المحلول الملحي (B21) Brine الذي يغادر وحدة التحلية، فمن المعروف أن تيار التغذية لمثل هذه الوحدات يتم رفع ضغطه إلى حد يزيد عن الضغط التناضحي Osmotic pressure (O5) المناظر لتركيز الأملاح الذائبة في هذا التيار، ولما كان هذا الماء لا يفقد من ضغطه إلا جزءاً بسيطاً منه أثناء مروره خلال الوحدة، فإن المحلول الملحي عند مغادرته لها يكون ضغطه مازال مرتفعاً بالقدر الذي يستأهل استعادة جزء من الطاقة الموجودة فيه. ويعتمد المقدار الذي يمكن استعادته من هذه الطاقة على كمية المحلول وضغطه وعلى كفاءة الأجهزة المستخدمة في استعادة الطاقة.

وفيما يتعلق بكمية المحلول الملحي فإنها تتراوح بين ١٥-٨٥% من كمية مياه التغذية وتختلف هذه النسبة باختلاف درجة ملوحة مياه التغذية إذ كلما زادت هذه الملوحة نقل نسبة المياه العذبة التي يمكن عملياً الحصول عليها وبالتالي تزيد نسبة المحلول الملحي المتبقي والعكس بالعكس. أما الضغط فهو يتراوح بين ٢٠٠ و ٩٥٠ رطل على البوصة المربعة. وهكذا فالمحلول الملحي تكون كميته وضغطه كبيران في وحدات تحلية مياه البحر في حين تكون الكمية والضغط منخفضان في وحدات تحلية المياه

متوسطة الملوحة (B20) Brackish water مما يمكن معه استنتاج أن استعادة الطاقة تكون جدواها الاقتصادية أكبر في حالة مياه البحر عن المياه متوسطة الملوحة.

ومن الممكن استخدام الطاقة المستعادة في أي غرض من الأغراض، ولكنها عادة ما تستعمل في إمداد المضخة الضاغطة لتيار التغذية بجزء مما تحتاجه من طاقة. وهذه الطريقة لا تؤدي فقط إلى ضغط تكاليف الطاقة اللازمة لإدارة المضخة ولكنها تسمح باستخدام محركات أصغر حجماً لإدارتها، مما يخفض الثمن الأساسي لهذه المحركات.

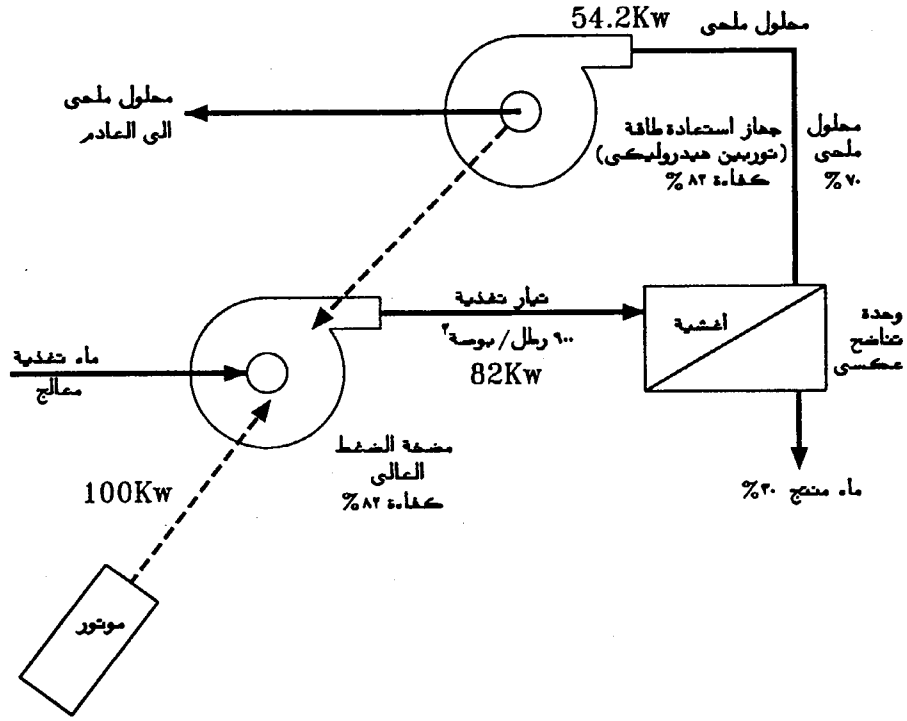
ويبين الشكل (١٦) رسماً تخطيطياً لوحدة تناضح عكسي متضمنة جهاز استعادة الطاقة، وفيها وضع جهاز استعادة الطاقة ومضخة الضغط العالي على عامود إدارة Shaft واحد. ولهذا الترتيب ميزة، وهي أن الطاقة الموجودة في المحلول الملحي والمستعادة على هيئة طاقة ميكانيكية يمكن استخدامها مباشرة في إدارة المضخة. ومن الممكن القول بأنه كلما كانت وسائل استعادة الطاقة بسيطة كلما كان الاعتماد عليها أكثر وثوقاً، وذلك لأن كل جهاز يضاف يقابله فاقد في كمية الطاقة التي يمكن استعادتها، وعلى وجه العموم فإن المستعاد من الطاقة تتراوح نسبته بين ٣٠-٥٥% من الطاقة اللازمة لإدارة مضخة الضغط العالي. وتعتمد النسبة على حجم ونوع وظروف التشغيل الخاصة بجهاز استرجاع الطاقة.

وإذا افترضنا أن القوة المحركة لمضخة الضغط العالي هي ١٠٠ كيلوات وأن كفاءة المضخة هي ٨٢% عندما تعطي تيار تغذية ضغطه ٩٠٠ رطل/البوصة المربعة، تكون الطاقة الموجودة في تيار التغذية إلى وحدة الأغشية هي ٨٢ كيلوات.

وإذا افترضنا أن مجموع فاقد الضغط خلال هذه الوحدة ومكوناتها هو ٥٠ رطل/البوصة المربعة فإن ضغط المحلول الملحي المغادر للوحدة يكون ٨٥٠ رطل/بوصة مربعة. هذا وإذا كانت الوحدة تعمل عند نسبة استعادة (R5) Recovery ratio قدرها ٣٠% فإن ذلك يعني أن المحلول الملحي يكون ٧٠% من الكمية الداخلة ويجعل الطاقة الموجودة فيه تساوي:

$$٨٥٠ \times ٨٢ \times \frac{٠,٧}{٩٠٠} = ٥٤,٢ \text{ كيلوات}$$

وبافتراض استخدام جهاز استعادة الطاقة (مثلاً توربين هيدروليكي) كفاءته ٨٢% وأنه مركب على عامود الإدارة الرئيسي للمضخة فإن الطاقة المستعادة تكون  $٥٤,٢ \times ٠,٨٢ = ٤٤,٥$  كيلوات. ونستعرض فيما يلي بعض الملامح الرئيسية للأجهزة المستخدمة في استعادة الطاقة:



شكل ( ١٦ ) رسم تخطيطي لوحدة تناضح عكسي متضمنة جهاز استعادة طاقة مركبة علي عامود ادارة واحدمع مضخة الضغط العالي

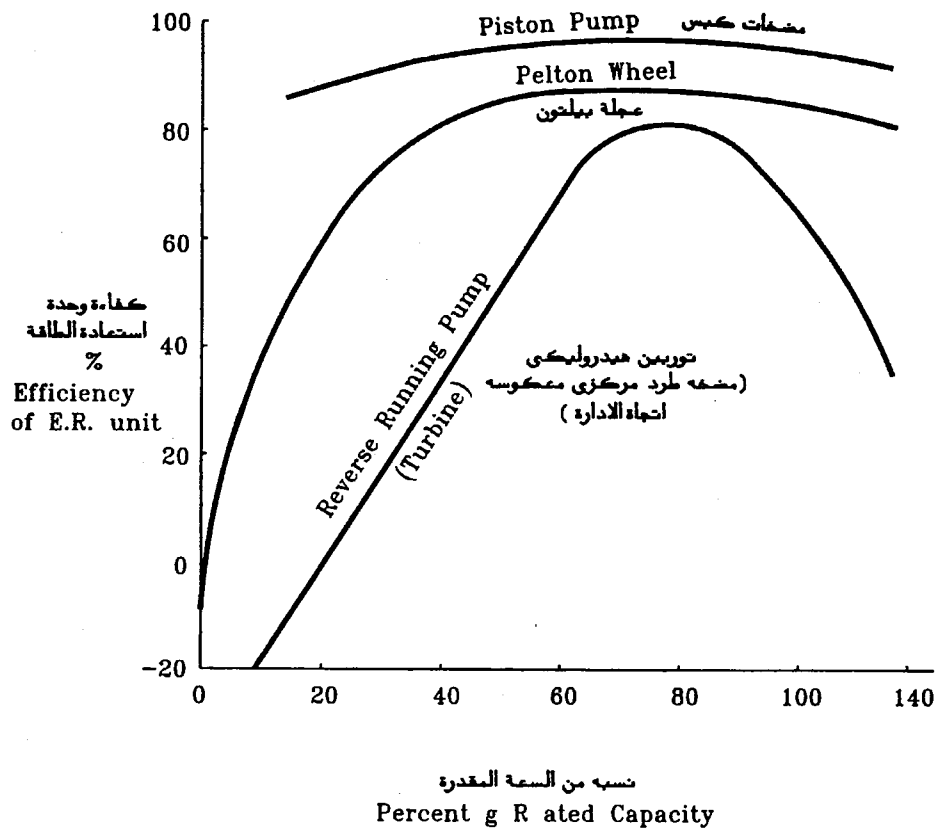
## التوربينات الهيدروليكية Hydraulic turbines

(مضخة طرد مركزي معكوس اتجاه إدارتها)

كانت التوربينات الهيدروليكية هي أول ما استخدم من معدات استعادة الطاقة لسهولة الحصول عليها ولتسوّاؤها التام مع المعدات الأخرى المستخدمة. ويتم ذلك بمجرد تركيبها مع مضخة الضغط العالي على نفس عامود إدارة واحد ولكن في وضع عكسي بحيث تعمل كمحرك (موتور) إدارة أو توربين مستخدمة المحلول الملحي مرتفع الضغط لإدارتها وبهذا الوضع فإن الطاقة المستعادة يتم نقلها مباشرة إلى مضخة الضغط العالي من خلال عامود الإدارة المشترك بينهما.

غير أنه لضمان فاعلية هذا الصنف من معدات استعادة الطاقة يجب أن تكون المواعمة بين المضخة والتوربين كاملة وأن يعمل عند ظروف تشغيل ثابتة من حيث الضغط ومعدل السريان لأنه كما يتضح من الشكل (١٧) فإن الكفاءة تنخفض إذا ما زاد معدل السريان أو نقص عن السعة المقدره Rated capacity ، إلى درجة أنه إذا انخفض معدل السريان إلى أقل من ٢٠% من السعة المقدره فإن الكفاءة تصبح بالسالب بمعنى أن التوربين يمتص طاقة بدلا من أن يولدها.

وتتراوح الكفاءة القصوى للتوربينات الهيدروليكية عندما تعمل بالسعة المقدره بين ٥٥% للوحدات الصغيرة و ٨٥% للوحدات الكبيرة، غير أن الكفاءة القصوى هذه تتناقص مع الزمن بمعدل حوالي ٥% كل سنة مما يستلزم صيانة مكلفة تتطلب تغيير الحلوق Rings والجلب Sleeves ومانعات التسرب Seals والوصلات Bushings. وبالرغم من أن التوربينات الهيدروليكية موجودة بسعات مختلفة إلا أن استخدامها عند السعات المنخفضة ليس اقتصاديا لانخفاض كفاءتها عند هذه السعات.



شكل ( ١٧ ) تغير كفاءة وحدات استعادة الطاقة مع نسبة المستخدم من السعة المقدرة  
 Efficiency of Energy Recevery units

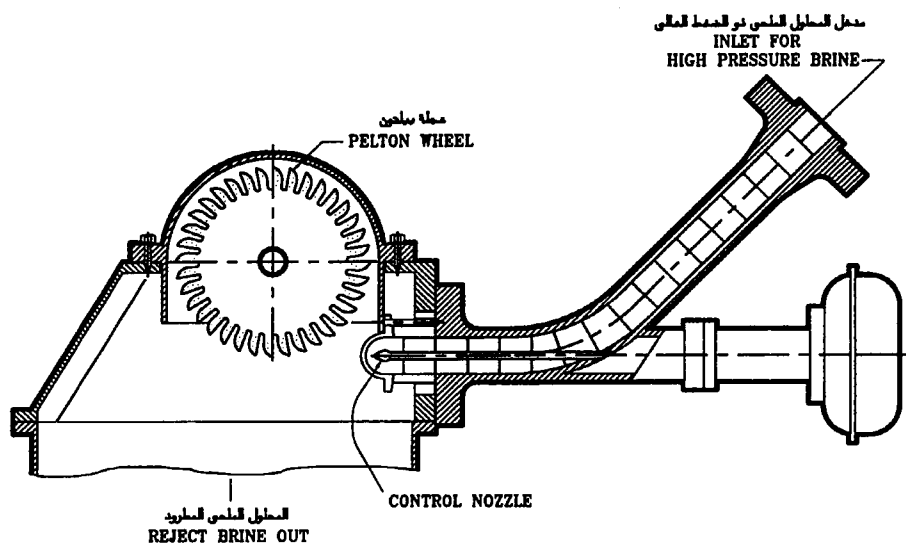


### عجلة بيلتون Pelton wheel (انظر شكل ١٨)

عجلة بيلتون هي عبارة عن توربين دفعي Impulse turbine يتكون من قرص مثبت على عامود إدارة مركب على حافته مجموعة من الأوعية كل منها على شكل دلو أو جاروف فإذا سلط على هذه الدلاء نافورة من الماء تتطلق من نفاثة Nozzle أو عدد من النفاثات فإن الماء يدير القرص. ولقد استخدم التوربين الدفعي أو عجلة بيلتون منذ أكثر من قرن من الزمان في توليد الطاقة من أي مصدر للمياه العذبة المندفعة بسرعة كبيرة، ولتطويعه لكي يمكن استخدامه كمستعيد للطاقة الموجودة في المحلول الملحي فإنه يصنع من مواد تقاوم التآكل بفعل المحلول الملحي مثل الصلب 316L غير القابل للصدأ أو الألومنيوم البرونزي. وتتميز هذه الوحدات بأن كفاءتها عالية على نطاق تشغيل واسع كما أن تكاليف صيانتها قليلة غير أن من مساوئها أن الأحجام الصغيرة تدور بسرعة عالية جداً (حوالي ٥٠٠٠ لفة في الدقيقة) ولذلك يلزم إما ربطها بمخفض للسرعة أو استخدام سير إدارة قبل ربطها بعامود إدارة المضخة الرئيسية. أما الوحدات ذات السعات الكبيرة فإنها تدور بسرعة أقل مما يسمح بالربط المباشر. ويبين الجدول كفاءة الوحدات الصغيرة والكبيرة من هذا الصنف:

الكفاءة	السعة		وحدات صغيرة	وحدات كبيرة
	ربط مباشر	م <sup>٣</sup> /يوم		
ربط خلال مخفض السرعة %٧٣,٥	%٧٥	١٩٠	٥٠,٠٠٠	
---	%٨٥	١٣٦٠٠	٣,٦٠٠,٠٠٠	

هذا وتبقى كفاءة عجلة بيلتون ثابتة إذا عملت عند نسبة تتراوح بين ٤٠% و ١٢٠% من السعة المقدرة Rated capacity ولكن الكفاءة تنخفض إذا قلت السعة عن ٤٠% من السعة المقدرة. وبالرغم من أن سعر توربين بيلتون الأساسي كبير إلا أن ارتفاع السعر الأصلي تعوضه الكفاءة العالية والتعطّل القليل وانخفاض تكلفة الصيانة.



شكل ( ٨ ) مقطع في توربين دفعي ( عجلة بيلتون )  
SECTIONAL VIEW OF AN IMPULSE TURBINE (PELTON WHEEL)

## الكباسات الترددية المحورة Modified alternating pistons

أمكن تحويل مضخات الكباسات الترددية التي تستعمل في ضخ المحلول الملحي ذو الضغط المرتفع الخارج من وحدات التناضح العكسي، بإدخال وحدة استعادة طاقة بحيث تصبح جزءاً من المضخة وترفع بذلك كفاءتها إلى ٨٧% للساعات المنخفضة وإلى ٩٥% للساعات العالية. وبالرغم من أن هذا الصنف من المضخات سعره الأصلي عال جداً إلا أن الكفاءة العالية التي تزيد من نسبة الطاقة المستردة توازن الارتفاع في السعر الأساسي إذ أنه عند كفاءة ٩٢% من الممكن استرداد ٥٦% من الطاقة الداخلة للمضخة وهذا يمثل وفراً يصل إلى ضعف الوفرة الذي تحققه الوحدات التي كفاءتها ٧٥% كما يتضح من المقارنة التالية:

وسيلة استرداد الطاقة	الكفاءة القصوى	نسبة الطاقة المستردة
كباسات ترددية	٩٢	٥٦
عجلة بيلتون	٨٢	٤١
توربين هيدروليكي	٧٥	٢٨

### E14

#### وحدة قياس عسر الماء الإنجليزية English degree of hardness<sup>(1)</sup>

وحدة العسر هي مقياس لمحتوى الماء من مسببات العسر Hardness (H1) وهي بيكربونات وكبريتات وكلوريدات القلويات الأرضية مثل الكالسيوم والماغنسيوم وعادة ما يعبر عن تركيز هذه المركبات بما يكافئها من كربونات الكالسيوم ووحدة العسر الإنجليزية تعبر عن العسر المكافئ لقمحة من كربونات الكالسيوم (القمحة = ٦٤,٨ مجم) في كل جالون امبريالي من الماء (الجالون الإمبريالي = ٤,٥٤٦ لتر) وذلك يعني أن:

$$\text{وحدة العسر الإنجليزية} = \frac{64,8}{4,536} = 14,28 \text{ مجم كربونات كالسيوم في كل لتر ماء.}$$

### E15

#### Entrainment<sup>(7,14)</sup>

#### رذاذ مسحوب

يطلق هذا الاسم على ما قد يحمله البخار من قطيرات السائل في عمليات توليد البخار أو التقطير كما يطلق أيضاً على ما قد يصطاده السائل من فقاعات الغاز التي تتكون خلاله إما ميكانيكياً أو كنتيجة لتفاعلات كيميائية. فعندما يندفع البخار خارجاً من سائل أثناء عمليات

البخر أو التقطير التي تتم في وحدات التحلية فإنه يحمل معه قطيرات من المحلول الملحي مما يجعل الماء المنتج من هذا البخار مالحا بعض الشيء وهذا يتطلب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لتخليص البخار من هذا الرذاذ لاحتوائه على نسبة عالية من الأملاح ويتم ذلك بواسطة ما يسمى بمزيلات الرذاذ Demisters (D11) .

E16

### الإنتالبييا / المحتوى الحراري / Enthalpy<sup>(11)</sup>

من الصعب معرفة القيمة المطلقة للإنتالبييا ولكن التغير في الإنتالبييا هو الذي يمكن قياسه بسهولة. فمثلا إذا أضيفت كمية من الحرارة إلى نظام System معين عند ضغط ثابت فإن كمية الحرارة المضافة تساوي التغير في الإنتالبييا. وهذه الحقيقة هي السبب في إطلاق لفظ المحتوى الحراري تجاوزا على الإنتالبييا بحيث أصبح كل منهما يستخدم محل الآخر دون تفرقة. وفي غياب القيمة المطلقة للإنتالبييا فقد جرت العادة على اختيار حالة مرجعية Reference state تتنسب إليها الإنتالبييا مع تحديد درجة الحرارة وحالة المادة والضغط عند الحالة المرجعية. وفي حالة الغازات يُختار عادة الصفر المئوي والضغط الجوي أما في حالة الماء فالحالة المرجعية عادة هي الماء السائل عند الصفر المئوي والضغط البخاري للماء. وبذلك فإن إنتالبييا بخار الماء عند ٢٠٠م وضغط يساوي عشرة أرطال على البوصة المربعة (٦٩٠٠ باسكال) تساوي الزيادة في المحتوى الحراري عندما يتحول الماء السائل عند الصفر المئوي وضغطه البخاري عند هذه الدرجة إلى بخار ثم يتم تسخينه كبخار إلى ٢٠٠م مع تغير ضغطه إلى ١٠ رطل/بوصة مربعة (٦٩٠٠ باسكال).

E17

### الإنتروبييا (العشوائية / التبعثر) / Entropy<sup>(2,11)</sup>

الإنتروبييا هي خاصية تستخدم لتعبر عن مقدار العشوائية أو الفوضى الموجودة في مكونات مجموعة أو نظام معين. وكلما زادت الإنتروبييا أو العشوائية كلما تعذر الاستفادة من الطاقة الموجودة في النظام. وتتأثر الإنتروبييا بالضغط والحرارة فنجد مثلا أن غازا ما تزداد عشوائيته بانخفاض الضغط وتقل بزيادته، إذا ما بقيت درجة الحرارة ثابتة. أما إذا بقي الضغط ثابتا فإن الإنتروبييا تزداد بازدياد درجة الحرارة وتقل بانخفاضها. كما أننا نجد أن إنتروبييا مزيج من عدد من الغازات تزيد عن مجموع إنتروبييا مكونات المزيج، كل على حدة، عند نفس درجة الحرارة والضغط.

وهناك منطوق للقانون الثاني للديناميكا الحرارية يقول أن العمليات الطبيعية Naturally occurring processes أو العمليات التلقائية Spontaneous processes تكون إلى حد ما لا انعكاسية Irreversible وبالتالي فإنها تؤدي إلى تدهور نظام أي مجموعة أو الزيادة في عشوائيته وبالتالي تزداد إنتروبيته.

ولما كانت الحرارة هي شكل الطاقة الذي تتحدر إليه كل أنواع الطاقة، لذلك فإن تحول أي نوع من أنواع الطاقة إلى حرارة يتلازم معه ازدياد في عشوائية النظام. كما أن مقدار الإنتروبيا لنظام ما يزداد بامتصاصه الحرارة ويعتمد مقدار الزيادة هذا على كمية الحرارة وعلى درجة الحرارة التي يتم عندها امتصاص هذه الحرارة، إذ أنه كلما انخفضت درجة الحرارة كلما ازدادت لا انعكاسية العملية وبالتالي فإن امتصاص كم معين من الحرارة عند درجة حرارة منخفضة يؤدي إلى زيادة في الإنتروبيا أكبر من امتصاص نفس الكم من الحرارة عند درجة حرارة أعلى.

ومن ثم فإنه يمكن أن نخلص بأن المقياس الكمي للإنتروبيا يتحدد بكمية الطاقة التي تتحول من شكل من أشكال الطاقة إلى شكل آخر أقل مرتبة (الحرارة أقل أشكال الطاقة مرتبة) وعلى درجة الحرارة التي يتم عندها التحول وعلى مقدار الانعكاسية Degree of reversibility الذي يتم به التغيير.

وجدير بالذكر أن منطوق القانون الثالث للديناميكا الحرارية يشير إلى أن قيمة إنتروبيا أي مادة متبلورة مقارنة بالعناصر المكونة لها تساوي صفرا عند درجة حرارة الصفر المطلق والذي عنده تتعدم العشوائية أو الفوضى وبالتالي الإنتروبيا.

E18

Equalizing basins<sup>(9)</sup>

أحواض الموازنة

أحواض تتم فيها موازنة التذبذبات التي قد تحدث في معدلات السريان أو في تركيب Composition السوائل، مما يساعد على جعل الخارج من هذه الأحواض تيارا متجانسا ثابتا في تكوينه وفي معدل سريانه.

ومن المعروف أن وحدات المعالجة تعمل عند أعلى كفاءة لها إذا ما كانت التغييرات في معدل سريان وتركيب السوائل الداخلة إليها عند أقل حد ممكن وهذه هي مهمة أحواض الموازنة. وبالرغم من أن استعمال أحواض الموازنة أكثر شيوعا في وحدات معالجة مياه الصرف الصناعي، إلا أنها تستخدم أيضا في وحدات معالجة مياه الصرف الصحي التي يختلف متوسط معدلات التدفق فيها عن معدل التدفق عند الذروة اختلافا كبيرا.

حالة التوازن هي الحالة التي يتوقف عندها تبادل أي خاصية (سواء كانت طاقة أو مادة) بين الأطوار المختلفة أو التي عندها تكون محصلة هذا التبادل صفراً. وإذا حاد نظام ما عن حالة التوازن فإن الفرق بين تركيز خاصية معينة وبين تركيزها عند حالة التوازن يتولد عنه قوة دافعة Driving force أو فرق في الجهد Potential difference يدفع النظام إلى التغيير من هذا الوضع والسير نحو حالة التوازن. ويكون المعدل الذي يسير فيه النظام تجاه التوازن متناسبا تناسباً طردياً مع القوة الدافعة أو الفرق في الجهد.

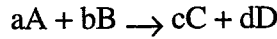
ومن الأشياء المعروفة قابلية الطاقة الحرارية للسريان من منطقة فيها تركيز الطاقة الحرارية عال (جسم ساخن أو درجة حرارته مرتفعة) إلى منطقة تركيز الطاقة الحرارية فيها منخفض (جسم بارد أو درجة حرارته منخفضة). ومن الأشياء المعروفة أيضاً قابلية الطاقة الكهربائية للسريان من منطقة فيها الجهد الكهربائي عال إلى منطقة فيها الجهد منخفض. وبنفس الطريقة التي تسري بها الحرارة والكهرباء فإن المادة تسري من منطقة تركيز المادة أو الفعالية Activity (A7) فيها عالية إلى حيث الفعالية أقل.

ويستمر سريان الخاصية في طور معين حتى يتساوى تركيزها في هذا الطور وفي هذه الحالة يقال أن النظام قد وصل إلى حالة التوازن. أما إذا كان النظام يشتمل على أكثر من طور مثل نظام به سائل وبخاره، فإن التوازن يصوره ثبات الضغط البخاري للسائل. وفي حالة وجود خليط من أكثر من سائل واحد، فإن حالة التوازن يجب أن تتحقق بين السائل والبخار لكل مكون من مكونات الخليط. ومن الأمثلة الهامة للتوازن، التوازن الكيميائي الذي يتحقق عندما تتساوى معدلات تكوين المواد مع معدل استهلاكها أو تكسرها، ويحدث ذلك في التفاعلات الكيميائية عندما يكون معدل سريان التفاعل في اتجاه معين مساوياً لمعدل سريانه في الاتجاه المعاكس. ولكي يتحقق التوازن فمن الضروري أن تكون جميع العمليات (التي تحدث أو تكون قابلة للحدوث مهما كانت صغيرة) انعكاسية Reversible ولبقاء حالة التوازن فإنه من الضروري أن تبقى درجة الحرارة والضغط منتظمين في جميع أنحاء النظام وأي اختلال في هذا الانتظام يجب أن يتلاشى عن طريق سريان الحرارة أو المادة. هذا ومن الممكن تعريف التوازن على أنه الحالة التي عندها لا يكون هناك تغيير في الطاقة الحرة Free energy (F33) للنظام.

## ثابت التوازن / الاتزان Equilibrium constant<sup>(7.10)</sup>

ثابت التوازن هو التعبير الكمي أو الرقمي للعلاقة بين المكونات المختلفة لنظام ما إذا كان قد وصل إلى حالة اتزان.

وفي حالة التوازن الكيميائي مثلا من المعروف أن التفاعلات الكيميائية الانعكاسية لا تستمر حتى تتحول جميع المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة، وإنما يستمر التفاعل إلى أن يصل إلى حالة التوازن. وهكذا تكون المواد المتفاعلة والمواد الناتجة موجودة بنسب تختلف من تفاعل لآخر طبقا لطبيعة وظروف كل منها، وعلى ذلك فيعتبر التفاعل منتهيا، عندما يصل إلى حالة التوازن التي يحدد مكانها ثابت التوازن فإذا كان لدينا تفاعلا مثل:



فإن ثابت التوازن لهذا التفاعل عند درجة حرارة معينة هو كما يلي:

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

حيث ترمز الكميات الموجودة بين الأقواس إلى التركيز المولي للمواد الناتجة والمواد المتفاعلة في حين ترمز a, b, c & d إلى عدد مولات هذه المواد.

وإذا طبقنا هذه العلاقات الكمية على تأين الأملاح فإنه يمكننا أن نحسب نسبة التآين للمواد المختلفة وفيما يلي نسبة التآين في محلول ٠,١ عياري لبعض المواد عند ١٨ م:

نسبة التآين	التفاعل
%٩٢	$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$
%٩١	$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$
%٨٥	$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$
%٧٠	$Na_2CO_3 \rightarrow 2Na^+ + CO_3^{2-}$
%١,٣	$NH_4OH \rightarrow NH_4^+ + OH^-$
%٠,١٧	$H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$

ومن ذلك يتضح أن المتأينات (الايكترولويات) القوية Strong electrolytes مثل كلوريد الصوديوم تتأين إلى الحد الذي يجعل ثابت تأينها أقل أهمية منه في حالة الايكترولويات الضعيفة، التي يعطي ثابت تأينها مقياسا كميا لنسبة ما يوجد منها على هيئة أيونات وما يبقى كجزيئات غير متأينة، وهذا يمهد السبيل لاختيار أنسب الطرق لإزالة الشوائب من الماء (انظر الجدول ٣).

كما نجد أن ثوابت التوازن للغازات التي تتأين في الماء مثل كبريتيد الهيدروجين والنوشادر وتغيرها مع الرقم الهيدروجيني يجعل من الممكن اختيار الرقم الهيدروجيني الأمثل لإزالة هذه الغازات من الماء.

وفي حالة التوازن بين سائل وبخار Vapor-liquid equilibrium يعطي ثابت التوازن المقياس الكمي لنسبة الموجود من مادة ما في الحالة الغازية كبخار، ويعتبر الضغط البخاري عند درجة حرارة معينة مقياساً لذلك.

وإذا كان النظام يحتوي على أكثر من مادة فإن ثابت التوازن يكون مقياساً لتواجد كل منها في الحالة الغازية عند وصول النظام إلى حالة التوازن.

E21

Erosion<sup>(4)</sup>

النحر / الحت / القرض

إذا كان التآكل هو تأثير السطوح المعدنية بالتفاعلات الكيميائية أو الكهروكيميائية فإن النحر أو الحت يعبر عن إزالة جزء من المعدن ميكانيكياً بفعل اصطدام تيار من السائل أو الغاز (سواء كان هذا التيار محملاً بالمواد العالقة أم لا) بسطح المعدن بقوة تزيد عن قوة تماسك الطبقة السطحية مما يسبب إنهاك هذه الطبقة فتبدأ في التفتت بانفصال جزء من المعدن عن باقي السطح مما يفقده نعومته وقد يؤدي إلى تنقره.



جدول (٣)

ثابت التحلل لبعض الأحماض والقلويات الضعيفة

المادة	ثابت التحلل
هيدروكسيد الكالسيوم	$10^{-3} \times 3,74$
حامض الفوسفوريك	$10^{-3} \times 7,5$
هيدروكسيد الرصاص	$10^{-4} \times 9,6$
هيدروكسيد النوشادر	$10^{-5} \times 1,8$
حامض الخليك	$10^{-5} \times 1,8$
حامض الكربونيك	$10^{-7} \times 4,3$
حامض الهيبوكلوروز	$10^{-8} \times 3,5$
حامض البوريك	$10^{-10} \times 5,8$

والحت كنوع من التآكل الملازم لسرعات السريان العالية ينقسم أساسا إلى نوعين: الحت التجوفي Cavitation erosion [أنظر التجوف (C9) Cavitation]، أما النوع الثاني فيسمى الحت الارتطامي Impingement erosion. فالماء الذي يسير بسرعات عالية وسريان دوامي [خاصة إذا ما كان محتويا على نسبة عالية من الأملاح الذائبة والمواد العالقة (و/أو) على غازات ذائبة أو على شكل فقائيع] إذا ارتطم بطبقة الأكسيد الواقية لسطح المعدن بقوة تجعل جزءاً من المعدن يفصل عن باقي السطح، مخلفاً وراءه حفرة تشبه حدوة الحصان وتجعل السطح عرضة للتآكل الكهروكيميائي. ومن المناطق التي تتأثر بهذا النوع من التآكل مداخل المبادلات الحرارية والأماكن التي يتغير فيها اتجاه السريان تغيراً فجائياً. وبالرغم من أن معادن كثيرة تتعرض لهذا النوع من الحت إلا أن أثره في النحاس وسبائكه يكون أكثر حدة، ومن ثمّ فمن الواجب الحد من السرعات العالية للسريان في المبادلات الحرارية التي تستخدم فيها الأنابيب المصنوعة من النحاس أو سبائكه، إذ يجب أن تكون هذه السرعة أقل من ١,٥ متر/ثانية، على أن يخفض الحد الأقصى هذا كلما زاد محتوى الماء من المواد العالقة أو الغازات.

E22

Evaporation<sup>(6,20)</sup>

البخار / التبخر

التبخر هو عبارة عن تحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، ومن المعروف أن جزيئات المادة تبقى في الحالة السائلة بفعل تجاذب جزيئاتها فإذا ما اكتسبت هذه الجزيئات قدراً من الطاقة تزيد عن طاقة التجاذب وكانت هذه الزيادة بالقدر الذي يسمح لهذه الجزيئات بالتخلص من تجاذبها مع باقي جزيئات السائل فإنها تتطلق إلى الحالة الغازية متحوّلة إلى بخار. ويحدث التبخر عند جميع درجات الحرارة بحيث يكون لجزيئات البخار ضغط على السطح الفاصل بين السائل والغاز يسمى الضغط البخاري Vapour pressure (V2). وبزيادة درجة الحرارة يزداد عدد الجزيئات المتحوّلة إلى الحالة الغازية، وبالتالي يزداد الضغط البخاري حتى إذا ما تساوى ضغط البخار مع الضغط الواقع على سطح السائل يكون قد وصل إلى درجة الغليان.

ولما كانت كمية الطاقة اللازمة لتحرير جزيئات السائل وتحويلها إلى بخار تختلف باختلاف نوع المادة (الوزن الجزيئي والتركيب الكيميائي والخصائص الأخرى التي تزيد أو تقلل من قوة تجاذب جزيئات السائل) لذلك فإن المواد تختلف عن بعضها البعض في سرعة تبخرها فنجد أن بعضها أكثر تطايراً (ذات ضغط بخاري أكبر عند نفس درجة الحرارة وبالتالي فإن نقطة غليانها تكون أقل عند نفس الضغط) وبعضها أقل تطايراً. ولهذا الاختلاف فائدة كبيرة تستخدم في فصل السوائل عن بعضها بالتقطير.

E23

Exergy<sup>(6)</sup>

الأكسيري جي

هي مقياس لمدى بعد نظام ما عن الاتزان محسوباً بالشغل. وعلى ذلك فالأكسيري جي لنظام ما في حالة (أ) مقارنة بمستودع (هواء ساكن أو بحيرة هادئة) عند حالة (ب) هي عبارة عن كمية الشغل المفيد الذي يمكن أن ينتجه النظام حتى يصل إلى حالة التوازن مع المستودع. والشغل المفيد هنا معناه مثلاً شغل ميكانيكي أو نوع آخر من الشغل يمكن تحويله إلى شغل ميكانيكي دون فاقد. والأكسيري جي عادة ما تكون مرتبطة بكم معين من المادة أو منطقة محدودة من الفضاء أو تيار معين من الطاقة يمر عبر محيط Boundary ما، وفي كل هذه الحالات تكون الأكسيري جي مقياساً لكمية المادة أو الفضاء أو التيار بما يعادلها من الطاقة الميكانيكية التي يمكن إنتاجها حتى يصل النظام إلى حالة التوازن مع المحيط. فمثلاً أكسيري جي الماء العذب والمحلول الملحي في عملية تحلية هي عبارة عن طاقة جيبز الحرة (Gibb's free energy) (G5) بين كل نوع من هذه المياه ومياه البحر الداخل إلى وحدة التحلية في حالة إذا ما كانت كل هذه التيارات عند نفس درجة الحرارة.

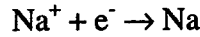
وإذا كانت حالة التوازن توصف بأنها تعبر عن أعلى قدر من الإنتروپيا لنظام ما ( $S_0$ ) وإذا كانت إنتروپيا النظام في حالته العادية هي ( $S$ ) فإن ( $S_0-S$ ) يمكن أن تؤخذ على أنها مقياس للبعد عن الاتزان وبالتالي تكون مقياسا للاكسيري. وتظهر فوائد حسابات موازنة الاكسيري عندما نكون بمعرض المقارنة بين مصادر مختلفة للطاقة مرشحة للاستخدام في غرض معين، إذ أنها تسهل عملية حساب تكلفة كل من هذه الاحتمالات، وبالتالي تساعد على ترجيح استخدام أقل المصادر تكلفة.

F1

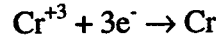
Faraday's constant<sup>(6,8)</sup>

ثابت فاراداي

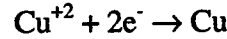
في عام ١٨٣٣ اكتشف ميشيل فارادي أنه عند تمرير تيار كهربائي في محلول مادة متأينة (اليكتروليتيّة) Electrolyte (E10) فإن كمية المواد المتأينة أو المترسبة عند الأقطاب تتناسب تناسباً طردياً مع كمية الكهرباء التي يتم تمريرها خلال المحلول. كما وجد أنه إذا ما مرت نفس كمية الكهرباء في محاليل عدد من الإليكتروليّات فإن كمية المواد التي تتكون عند الأقطاب تتناسب مع الوزن المكافئ لكل من هذه المواد. وإذا أخذنا الصوديوم (أحادي التكافؤ) كمثال فإننا نجد أن كل أيون صوديوم يحتاج إلى اليكترون واحد ليصبح ذرة صوديوم



ومن ثمّ فإن مول صوديوم (٢٣ جم) وهو أيضاً وزنه المكافئ سوف يحتاج إلى مول من الإليكترونات ( $6.022 \times 10^{23}$  اليكترون) في حين نجد أن كل أيون من النحاس (ثلاثي التكافؤ) يحتاج إلى الكترنين ليصبح ذرة نحاس



$$\text{أي وزنا مكافئاً} = \frac{52,02}{3} = 17,34 \text{ جم}$$



وعلى ذلك فإن مول الإليكترونات سوف يعطي وزناً مكافئاً من النحاس أي  $17,34 \text{ جم} = \frac{52,02}{3}$ . وبنفس الطريقة يمكننا إثبات أن مول الإليكترونات يعطي ثلث مول من الكروم ثلاثي التكافؤ.

وإذا علمنا أن كمية الكهرباء التي تمر في دائرة كهربائية في ثانية واحدة عندما تكون شدة التيار واحد أمبير تسمى كولوم Coulomb. ومن المعروف أن شحنة الإليكترون الواحد  $= 1,602 \times 10^{-19}$  كولوم. ومن ثمّ فإن مول الإليكترونات يعادل  $6.022 \times 10^{23} = 96480$  كولوم، وهي كمية الكهرباء التي إذا تم تمريرها في محلول اليكتروليّات فإن وزن المتأين أو المترسب منه سوف يكون مساوياً للوزن الجزيئي. وتخليداً لذكرى فارادي فقد أطلق على هذه الكمية (٩٦٤٨٠ كولوم) ثابت فارادي ويرمز لها عادة بالرمز (F).

F2

Faraday efficiency<sup>(5,6,23)</sup>

كفاءة فاراداي

- في وحدات الفرز الغشائي الكهربائي Electrolysis (E8) نجد أن كمية الكهرباء اللازمة للحصول على قدر معين من إزالة الملوحة تزيد عن ما يمكن حسابه أو يتوقع من الأغشية المثالية Ideal membranes ويرجع ذلك إلى أسباب عدة أهمها:
1. أن انتقائية الأغشية لا تصل إلى حد الكمال، إذ قد يحدث أن تمر بعض الأيونات التي من المفروض ألا يسمح بمرورها.
  2. تسرب جزء من الكهرباء خلال مجمعات الخلايا.
  3. التسرب الاسموزي (التناضحي) للماء إلى مسارات المحلول الملحي.
  4. تكسر الماء عند الكثافات العالية للتيار High current densities.

وعلى ذلك فإن نسبة الأوزان المكافئة من الملح التي يمكن فصلها من الماء إلى كمية الكهرباء المستخدمة محسوبة بالفاراداي [أنظر ثابت فاراداي (F1) Faraday's constant] تسمى كفاءة فاراداي أو كفاءة التيار أو الكفاءة الكولومية ( $E_c$ ) وهي كما يلي:

$$E_c = \frac{P(C_1 - C_2)F}{IN_p}$$

حيث:

$E_c$  كفاءة فاراداي

$P$  معدل إنتاج الماء (كجم/ثانية)

$C_1$  تركيز الملح في تيار التغذية (مكافئ جرامي/كجم ماء)

$C_2$  تركيز الملح في تيار الماء المنتج (مكافئ جرامي/كجم ماء)

$F$  ثابت فاراداي (96480 كولوم لكل مكافئ جرامي)

$I$  شدة التيار بالأمبير

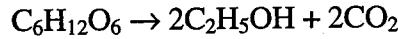
$N_p$  عدد أزواج الأغشية المستخدمة

F3

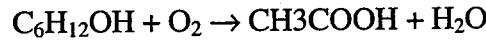
## Fermentation<sup>(1,2)</sup>

## التخمُّر

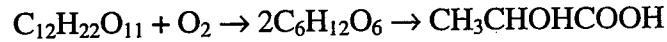
التخمير تعبير كان يطلق في الأصل على عمليات الأيض اللاهوائي للمركبات العضوية الكربوهيدراتية بواسطة الكائنات المجهرية أو انزيماتها التي تتم في ظروف يتحكم فيها الإنسان لكي ينتج بواسطتها مواد مثل الكحوليات والخل وحمض اللاكتيك في حين تستخدم عمليات الأيض الهوائي لإنتاج المضادات الحيوية والأحماض العضوية والإنزيمات والفيتامينات. ومن أصناف التخمير: التخمير الكحولي: وتقوم به الخمائر (السكرومايسيز) والفطريات (سبيديجيلوس البنسيليوم والميكور) ويتم خلاله التفاعل



التخمير الخلي: وهو تحول الكحول إلى حامض خليك بفعل بكتريا المايكودرما اسيتاي في وجود الهواء

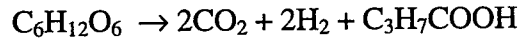


التخمير اللاكتيكي: وهو تحول سكر اللاكتوز إلى حامض لاكتيك بفعل بكتريا الباسيللوس لاكتيكوس

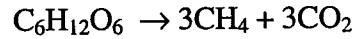


(حامض لاكتيك) (جلوكوز) (لاكتوز)

التخمير البيوتيري: تقوم بعض أصناف البكتريا مثل بكتريا كالوستريديوم باستوريانوم بتكسير السلولوز أو النشا أو بعض السكريات وينتج عن ذلك تكون حامض البيوتيريك ( $C_3H_7COOH$ ) وهذه العملية عبارة عن أيض لاهوائي ينتج عنها في نفس الوقت ثاني أكسيد كربون وهيدروجين



التخمير الميثاني: عادة ما يصاحب التخمير البيوتيري تفاعل يتحول من خلاله الجلوكوز إلى ميثان وثاني أكسيد كربون



التخمير التعفني: وهذا الصنف من التخمير ينتج عنه تكسر المواد العضوية النيتروجينية وعادة ما يصاحبه تخمر نوسادري ومن نواتجه أحماض عضوية متطايرة كحامض الفورميك والخليلك والبيوتيريك ومواد نوسادية بالإضافة إلى غازات الميثان وثاني أكسيد الكربون والهيدروجين والنيتروجين. كما يصنف تحت التخمير التعفني كذلك تخمر المواد الكبريتية الذي ينتج عنه كبريتيد الهيدروجين [أنظر أيضا (A29) Anaerobic digestion].

F4

Ferric chloride<sup>(1,3,9)</sup>

كلوريد الحديدية

يوجد كلوريد الحديدية كمادة صلبة عبارة عن بلورات بنية اللون مصفرة تتمياً بسرعة، تركيبها  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  ويجب أن تكون بعيدة عن الحرارة وإلا ذاب كلوريد الحديدية في ماء التبلور عند 34م. والشكل التجاري الأكثر شيوعاً هو سائل عبارة عن محلول بني غامق غليظ القوام تركيزه 35-45% من  $FeCl_3$ . ولكي لا تختلط الأمور بالنسبة لمحتوى المادة النقية والتجارية فإنه يتم التعبير عن المادة الفعالة بالمكافئ من الحديد وهو يساوي 20,5% في البلورات وحوالي 14% في المحلول السائل. ومما يستحق الذكر أن محلول كلوريد الحديدية يُختزل بسرعة في وجود الحديد إلى كلوريد حديدوز  $FeCl_2$  وهذا يفسر تآكل الصلب إذا لامسه، مما يستلزم حماية صهاريج تخزينه وأوعية نقله. ويستعمل كلوريد الحديدية كمخثر (C20) Coagulant في عمليات ترويق الماء حيث يضاف بكميات تتراوح بين 5-150 جم من المحلول التجاري لكل متر مكعب من الماء. وفي معالجة مياه الصرف الصحي يستخدم بكميات 100-500 جم من المحلول التجاري لكل متر مكعب من الماء.

F5

Ferric sulphate<sup>(1)</sup>

كبريتات الحديدية

مسحوق أبيض اللون سريع الذوبان في الماء بلوراته تركيبها  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$  يستعمل كمخثر في عمليات ترويق الماء حيث يضاف بكميات 10-150 جم لكل متر مكعب من الماء.

F6

Fiber compaction<sup>(6)</sup>

انضغاط الألياف (الأغشية)

عندما تتعرض أغشية التناضح العكسي للفرق الكبير في الضغط الواقع على جانبيها يحدث انضغاط في مكوناتها بسبب تناقصها في مساميتها وبالتالي يتناقص معدل تدفق Flux (F24) الماء خلالها. وهناك من يقلل من أهمية الدور الذي يلعبه الانضغاط كمسبب لتناقص معدل التدفق إذا ما قورن بتأثير اتساخ Fouling (F28) الأغشية.

وإذا رسمنا تغير لوغاريتم التناقص في التدفق مع لوغاريتم الضغط فإن الناتج يكون خطا مستقيما ميله يسمى ميل الانضغاط Compaction slope. وهناك اختلاف في الرأي حول الموقع الذي يحدث فيه الانضغاط، هل هو في الطبقة الفعالة من الغشاء Active layer أم الطبقة المسامية التحتية Porous substructure أم السطح البيني Interface الفاصل بينهما.

F7

Filter<sup>(1,20,24)</sup>

المرشحات

هو جهاز يتم فيه إزالة العوالق الصلبة والغروية التي لا يمكن فصلها من الماء أو أي سائل آخر بالترسيب في وقت معقول. ويتم ذلك بامرار السائل خلال وسط ترشيح F(11) Filter medium وهو إما أن يكون حبيبات صلبة أو قماش منسوج نسيجاً رقيقاً أو أنواع معينة من ورق الترشيح. ويندفع السائل خلال وسط الترشيح، إما بفعل الجاذبية أو بضغط هذا السائل أو بخلخله الضغط في الناحية الأخرى من وسط الترشيح حيث يتجمع الرشيح Filtrate. وهناك أصناف عديدة من المرشحات نذكر هنا أكثرها استعمالاً في مجال معالجة المياه:

(B11) Biological filter المرشح البيولوجي

(C2) Candle filter مرشح شموع

(C3) Cartridge filter مرشح خرطوشي

(D26) Disc filter مرشح الأقراص

(D34) Dual-media filter مرشح ذو طبقتين

(F12) Filter press مرشح ضاغط

(G8) Gravity filter مرشح بفعل الجاذبية

Pressurized filter مرشح بفعل الضغط

(M21) Micron filters مرشحات ميكرونية

(M30) Multimedia filters مرشحات متعددة الطبقات

(S6) Sand filters مرشحات رملية

(T6) Trickling filters مرشحات نضاضة



F8

Filter aids<sup>(20,24)</sup>

## مساعداات الترشيح

عندما تتجمع المواد الغروية شديدة النعومة أثناء الترشيح فإنها تكون طبقة شديدة الكثافة تؤدي إلى غلق مسام أى وسط ترشيح Filter medium (F11) لا تسمح مسامه بمرورها، ولذلك ولكى يسير الترشيح عند معدل مقبول فإنه يلزم العمل على زيادة مسامية أقرص الترشيح (F 9) Filter cake باستخدام مساعداات الترشيح التي يشترط فيها أن تكون على شكل حبيبات دقيقة ولكنها صلبة قوية، عندما تتراكم فوق بعضها تكون طبقة عالية المسامية غير قابلة للانضغاط Incompressible. ومن أمثلة مساعداات الترشيح تراب الدياتوم (D19) Diatomaceous earth أو الأسبستوس أو لب الورق أو أية مادة أخرى خاملة تساعد على أن يظل قرص الترشيح مساميا بالدرجة المطلوبة. والطريقة الأكثر شيوعا والتي يتم بها استعمال مساعداات الترشيح هي بخلطها مع السائل المراد ترشيحه قبل إدخاله المرشح، وهناك طريقة أخرى وهي بالتغطية المسبقة لوسط الترشيح بطبقة من مساعدا الترشيح لنحصل على مرشح سابق التغطية Precoat filter.

F9

Filter cakes<sup>(20,24)</sup>

## أقرص الترشيح

عندما تبدأ عملية الترشيح تتجمع المواد الصلبة على سطح وسط الترشيح Filter medium (F 11) في طبقات متتالية تأخذ في التراكم مكونة ما يعرف باسم قرص الترشيح. وكلما زاد سمك هذا القرص كلما زادت مقاومته لمرور الرشيح Filtrate مما ينتج عنه تناقص مستمر في معدل الترشيح (F16) Filtration rate.

وفي المرشحات التي تعمل بالطريقة المستمرة يتم كشط جزء من المواد الصلبة المترسبة حتى يبقى سمكها في حدود معينة، أما في المرشحات التي تعمل بالطريقة المتقطعة فيستمر الترشيح حتى يصل سمك الأقرص إلى حد معين وعندها توقف العملية ثم يتم غسل الأقرص وإزالتها وإعداد المرشح لدورة ترشيح تالية.

وفي الأحوال التي تكون المادة المتكون منها أقرص الترشيح قابلة للانضغاط Compressible إلى حد يترتب عليه أن تقل مساميتها وبالتالي ينخفض معدل الترشيح خلالها إلى حد كبير. يُنصح باستخدام مساعداات الترشيح (F8) Filter aids إذ أن هذه المواد بطبيعتها غير قابلة للانضغاط، لذلك فإنها تحافظ على مسامية الأقرص التي تتكون في وجودها.

F10

### تحميل (سعة استيعاب) المرشح Filter loading<sup>(14)</sup>

في مجال الترشيح على وجه العموم يستخدم هذا التعبير من الناحية الهيدروليكية ليعني كمية السائل الداخل إلى المرشح لكل وحدة من مساحة الترشيح أو حجم المرشح، أما في مجال معالجة مياه الصرف فإنه يعني من الناحية العضوية كمية الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD (B 8) للسائل الداخل لكل وحدة من مساحة المرشح أو حجمه.

F11

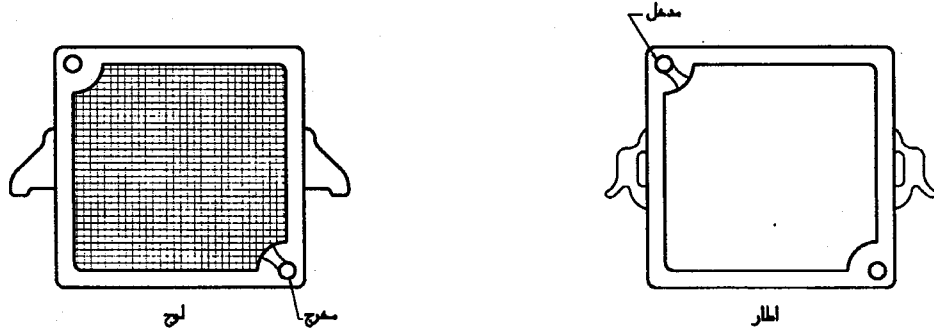
### وسط الترشيح Filter medium<sup>(1,20)</sup>

الوسط الذي يتم تمرير سائل خلاله حتى يتخلص السائل مما يحمله من عوائق صلبة أو مواد غروية ومن الممكن أن يكون هذا الوسط عبارة عن طبقة من المواد الحبيبية كالرمل أو الحصى أو تراب الدياتوم Diatomaceous earth (D19) أو على شكل ألياف أو نسيج مصنوع من القطن أو الصوف أو من الألياف الصناعية أو المعدنية.

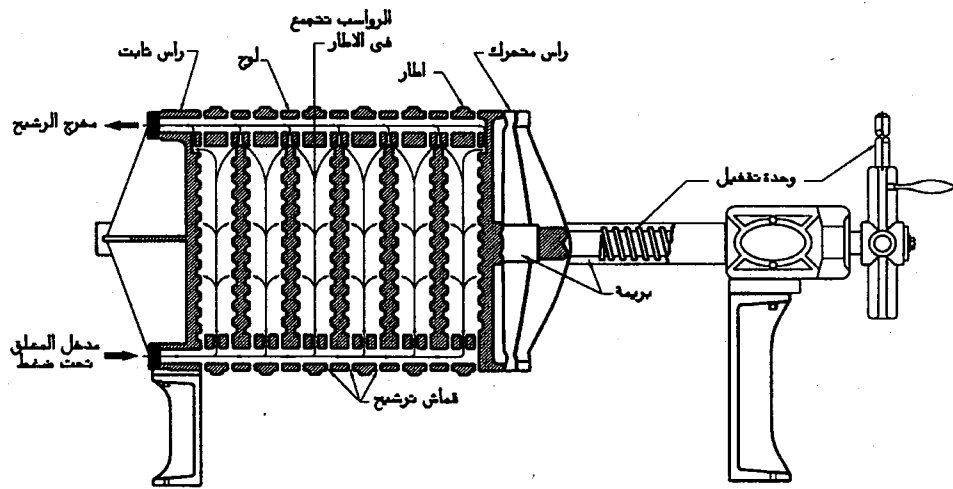
F12

### المرشح الضاغط Filter press<sup>(20,24)</sup>

مجموعة من الألواح مصممة بحيث إذا ما وضعت جنباً إلى جنب فإنها تكون حجيرات، وتتم تغطية الألواح بقماش سميك فإذا ضخ السائل المراد ترشيحه (المعلق S lurry) إلى هذه الحجيرات فإن السائل يمر خلال القماش ثم يأخذ طريقه إلى الخارج تاركاً وراءه الرواسب الصلبة متجمعة في الحجيرات على هيئة أقراص تسمى أقراص الترشيح Filter cakes (F9). وفي أغلب الأحوال يوضع بين كل لوحين إطار ليعطي ما يسمى بالمرشح الضاغط ذو الألواح والأطر Plate and frame filter press. وعادة ما تكون الألواح مربعة أو مستديرة سمكها يتراوح من ٠,٢٥ إلى ٢ بوصة ويكون سطحها محزّز G rooved أو مموج Corrugated أما الأطر فيكون سمكها من ٠,٢٥ بوصة (انظر شكل ١١٩) وتعلق الألواح المغلفة بقماش الترشيح وبينها الأطر بحيث يمكن الضغط عليها بواسطة بريمة أو مكبس هيدروليكي لمنع التسريب. وما أن يتم ذلك حتى يدفع المعلق في مجرى يمتد بطول المرشح والذي يكون



شكل ( ١٩ ) اطار ولوح مما يستخدم في المرشح الضاغط الغير مجهز بمسار غسل مستقل  
NONWASHING TYPE



شكل ( ١٩ ب ) رسم تفصيلي لمرشح ضاغط غير مجهز بمسار غسل مستقل  
NONWASHING TYPE

هيدروليكي لمنع التسريب. وما أن يتم ذلك حتى يدفع المعلق في مجرى يمتد بطول المرشح والذي يكون به فتحات يؤدي كل منها إلى إطار حيث تترسب المواد الصلبة على هيئة أقراص ويمر الرشيح Filtrate خلال القماش ثم ينزل على السطح المحرز للألواح متجمعا في مجرى واحد إلى خارج المرشح (أنظر شكل ١٩ ب). وبعد أن تمتلئ الإطارات بالرواسب مكوّنة أقراص الترشيح يمكن غسلها بتمرير الماء خلال نفس مسارات المعلق غير أنه نظرا للمقاومة الشديدة التي قد يلاقيها سائل الغسيل أثناء مروره في الأقراص في نفس اتجاه الترشيح فإن هناك أصنافا من المرشحات مهيأة بنظام للغسيل يسمح بمرور ماء الغسيل في مسار يتغلب به على هذه الصعوبات (أنظر شكل ٢٠).

F13

Filter strainer<sup>(1)</sup>

مصفاة المرشح

جهاز هو عبارة عن وعاء به مصفاة يستخدم عادة مع مرشحات الرمل (S8) Sand filters السريعة وفيه يتجمع الماء بعد ترشيحه وقبل توزيعه كما أن مياه الغسيل تمر من خلاله عندما يكون المرشح في دورة غسيل وفي بعض الأحيان يسمى رأس التصفية S trainer head.

F14

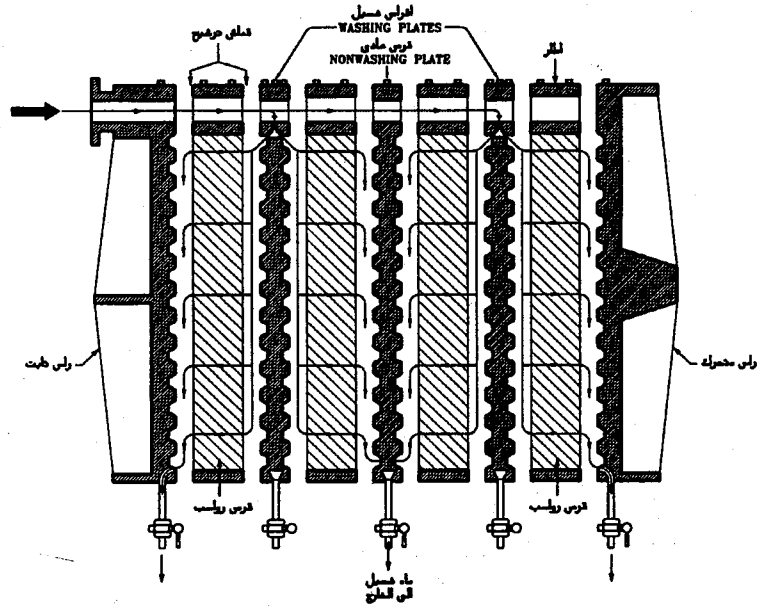
Filter washing<sup>(1,13)</sup>

غسيل المرشح

بالرغم من أن الغسيل عملية مهمة وتختلف طريقتها حسب نوع المرشح، إلا أن لها أهمية خاصة بالنسبة لمرشحات الطبقات الحبيبية مثل مرشحات الرمل (S8) Sand filters إذ أنه لو لم يتم الغسيل بالطريقة المثلى فإنه قد يؤدي إلى عواقب وخيمة، منها الانسداد التام لجزء من المرشح وبالتالي انخفاض طاقة الترشيح وكفاءته، كما أنه من الممكن أن يؤدي ذلك أيضا إلى تحول المرشح إلى بؤرة لانتشار الكائنات الحية الدقيقة التي تضر بنوعية الماء.

وعادة ما تتم عملية الغسيل بإمرار تيار من الماء في اتجاه معاكس لاتجاه الترشيح بغرض التخلص من المواد التي تسبب انخفاض مسامية وسط الترشيح وبالتالي زيادة فاقد الضغط وتدني معدل التدفق خلال المرشح وتسمى هذه الطريقة أيضا الغسيل العكسي (B1) Backwash.

ولما كان مهد الترشيح Filtering bed قد يحتاج إلى خلخته وتحريك حبيباته وتمديده حتى تسهل عملية تخليصه من الشوائب الملتصقة به، فإن هناك طرقا مختلفة لإتمام الغسيل:



القوس (أو الطلحة زواحي) ضر من فحمية مياه الغسيل في طريقها  
 إلى الطلار خلال قماش الحريش (WASHING TYPE)  
 القوس (أو الزواحي) تتجمع فيه الرواسب التي حصر خلالها مياه الغسيل  
 القوس (أو الزواحي) قوس تتجمع عليه مياه الغسيل في طريقها إلى الخارج

شكل (٢٠) رسم توضيحي لمرشح ضاغط مجهز بمسار مستقل للغسيل أثناء دورة الغسيل

### WASHING TYPE FILTER PRESS

(أ) الغسيل بالماء وحده: على أن يكون تيار الماء بالقدر الكافي لكي يتمدد مهد الترشيح فيزيد حجمه بما لا يقل عن ١٥% من حجمه الأصلي. وأهم مساوئ هذه الطريقة هي أن تيارات الحمل التي تدور خلال المهد مكونة دوامات تتسبب في تجميع الشوائب الملتصقة بحبيبات المهد وتُكوّن منها كرات طينية (M29) Mud balls.

(ب) الغسيل الآلي بالهواء والماء: تستخدم سرعات من الهواء كافية لخلخلة مهد الرمال دون أن تؤدي إلى تمدهدته وأثناء إمرار الهواء يمرر الماء الذي يمكن تغيير معدل سريانه على نطاق واسع. وكلما ازداد المعدل كلما كان الغسيل أسرع ويتوقف الحد الأقصى لهذا المعدل على خصائص المهد وأبعاده، أما الحد الأدنى فلا يصح أن يقل عن ٥ م<sup>٣</sup>/الساعة لكل متر مربع من مقطع المهد. وبعد الانتهاء من هذه المرحلة يوقف تيار الهواء ثم يمرر الماء بمعدل لا يقل عن ١٢ م<sup>٣</sup>/الساعة (م<sup>٢</sup>) ثم تتم زيادة المعدل إلى ١٥ م<sup>٣</sup>/الساعة (م<sup>٢</sup>) ويستمر إمرار الماء عند هذا المعدل حتى يصبح الماء الخارج نظيفاً وبعد ذلك يوقف التيار ويصفى الماء المتبقي ثم ينظف سطح المهد بتيار أفقي من الماء في نفس الوقت مع التيار العكسي.

(ج) الغسيل المتتابع بالهواء والماء: وتستهمل هذه الطريقة إذا كان مهد الترشيح مكوناً من حبيبات دقيقة جداً أو من مادة منخفضة الكثافة كالأنتراسيت أو الكربون المنشط، بحيث يخشى من حملها إلى الخارج مع تيار الغسيل. وفي المرحلة الأولى من هذه الطريقة يستخدم تيار من الهواء لخلخلة المهد وتخليص حبيباته من الشوائب الملتصقة بها. وفي المرحلة الثانية يستخدم تيار عكسي من الماء معدله عال بالقدر الكافي لتمديد المهد وحمل الشوائب معه إلى الخارج، ومن الممكن تكرار هاتين الخطوتين أكثر من مرة.

F15

Filtration, Microporous<sup>(1,6)</sup>

الترشيح الميكروني

في الترشيح الدقيق (M19) Microfiltration للماء تستعمل مرشحات تشتمل على أغشية حجم مسامها يقاس بالميكرون، ولذلك فهي تسمى بالمرشحات الميكرونية. ومن الأغشية المستخدمة لهذا الغرض أغشية مصنوعة من استرات السليلوز مسامها من ٥ إلى ١٠ ميكرون، ومن المعروف أنه كلما صغر حجم المسام كلما سهّل انسدادها وكلما قل معدل سريان الماء خلالها. ولتقوية هذه الأغشية يتم تحميلها على شبكات من صلب غير قابل للصدأ مع استعمال مانعات تسريب Gaskets مصنوعة من التيفلون [أنظر أيضاً المرشحات الخرطوشية (C3) Cartridge filters].

F16

Filtration rate<sup>(20)</sup>

معدل الترشيح

معدل الترشيح هو المعدل الذي يتم به تخلص سائل ما مما يعلق به من شوائب صلبة، وبالرغم من أن هذا المعدل يؤخذ في بعض الأحيان على أنه كمية السائل الداخلة إلى المرشح إلا أن التعريف الأكثر دقة والذي يستخدم عادة في حسابات تصميم المرشحات أو المقارنة بينها هو حجم (V) الرشيح Filtrate الذي ينتج عن عملية الترشيح في وحدة الزمن (t) لكل وحدة مساحة من مقطع المرشح أو سطح وسط الترشيح المستخدم (A) وعلى ذلك يكون معدل الترشيح هو  $(dV/Adt)$  ويقاس مثلا بالمتر المكعب من الرشيح المتجمع في الساعة لكل متر مربع من سطح المرشح.

F17

Five-day BOD

الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين لمدة خمسة أيام

انظر الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD (B8).

F18

Flash distillation<sup>(6)</sup>

التقطير الومضي

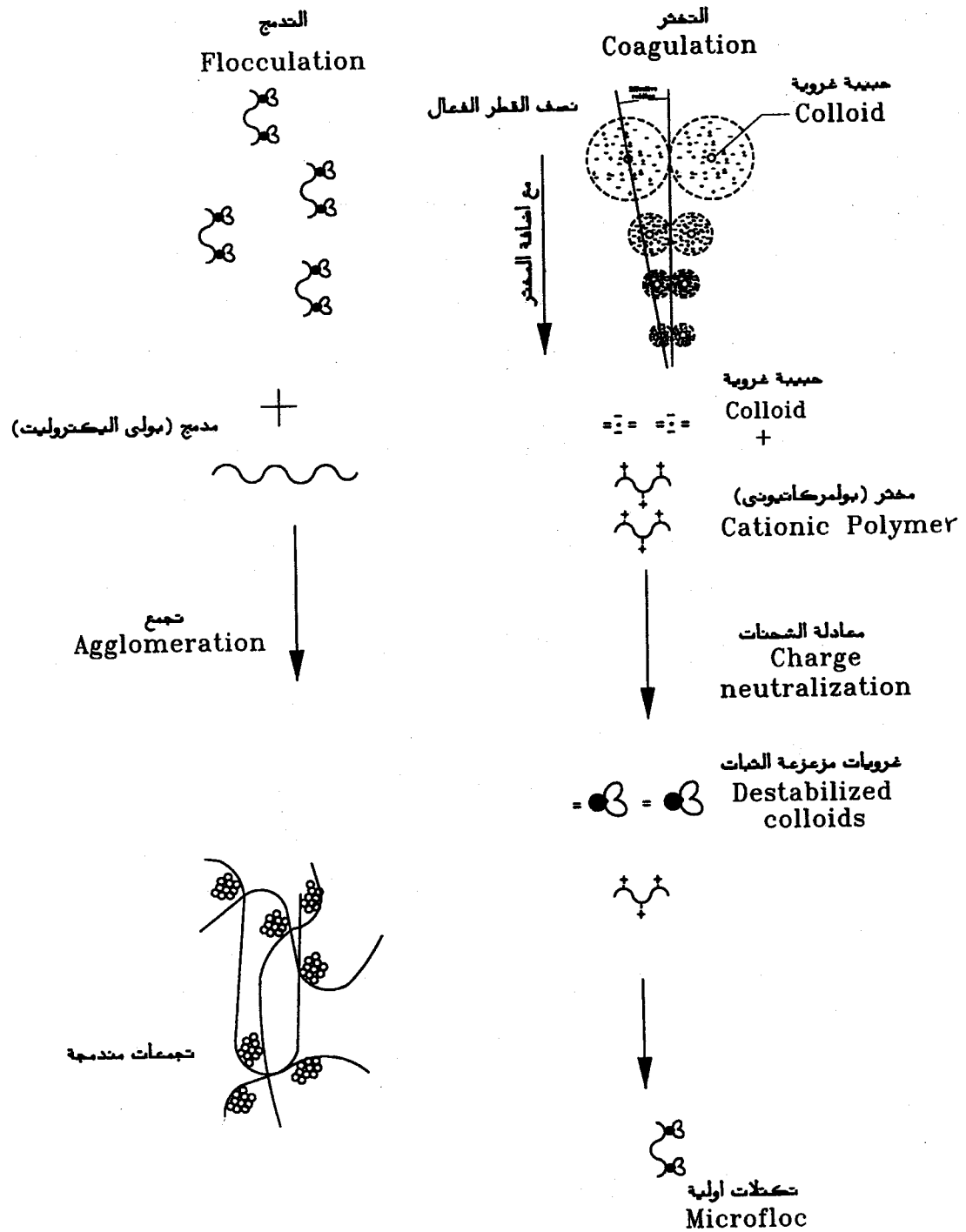
يشتمل التقطير الومضي كما هو مستخدم في تحلية المياه المالحة على تسخين الماء في مسخن الماء الملحي Brine heater (B22) مع الاحتفاظ بالضغط بحيث يكون أعلى من ضغط التبوع Saturation pressure المقابل لأعلى درجة حرارة يصل إليها السائل وبالتالي فإن ذلك يمنع الماء من التبخر أثناء وجوده في المسخن ولكنه ما أن ينتقل إلى غرفة التبخير التي يكون الضغط فيها منخفضا حتى يتبخر بسرعة شديدة تشبه الوميض، ومن هنا جاء الاسم. [انظر أيضا التقطير الومضي متعدد المراحل MSF (M32)].

بالرغم من أن أملاح الألومنيوم والحديد التي شاع استعمالها لزم من طويل كمخثرات Coagulants (C20) كانت تستعمل أيضا كمدمجات فإن دخول البلمرات العضوية المسماة بالبولي اليكتروليطات (P18) Polyelectrolytes أحدث تطورا هائلا في هذا المجال، ومنها أنه قضى على مشكلة كبر حجم الرواسب الجيلاتينية التي تتولد عن عمليات التخثر والتدمج (التكتل) باستعمال المواد غير العضوية والتي تمثل في حد ذاتها مشكلة عند التخلص منها في نهاية الأمر. والمدمجات العضوية هي عبارة عن بلمرات مكونة من سلاسل طويلة قد تحمل مجموعات فعالة كمجموعات الأمينات ومجموعات الأمونيوم الرباعية Quaternary ammonium groups التي تكسب سطح جزيئاتها شحنات موجبة ولذلك تسمى مدمجات كاتيونية أو مجموعات هيدروكسيل فتسمى مدمجات أنيونية أو تكون لا أيونية Nonionic كأמידات البولي اكريل Polyacrylamides.

وبالرغم من أن وجود المجموعات الفعالة يعطي هذه المواد القدرة على معادلة الشحنة الكهربائية الموجودة على الجسيمات العالقة أي أنها تعمل كمخثرات، وعلى التدمج أي عمل قناطر بين الحبيبات المخثرة وبعضها لزيادة حجمها والإسراع في ترسيبها، إلا أن الأساس في فاعليتها كمدمجات يعتمد في المقام الأول على طول سلسلها وارتفاع وزنها الجزيئي الذي يعطيها القدرة على تكوين القناطر المطلوبة [أنظر أيضا التدمج (التكتل) (F20)].

والبلمرات العضوية المستخدمة في معالجة المياه تنقسم أساسا إلى مجموعتين، مخثرات ومدمجات. والمخثرات عبارة عن بلمرات كاتيونية وزنها الجزيئي أقل من ١٠٠,٠٠٠ وهي وإن أبدت بعض المقدرة على تكوين جسور إلا أن فاعليتها الأساسية تظل في حدود عملها كمخثرات. أما المجموعة الأخرى فهي بلمرات سواء كانت كاتيونية أو أنيونية أو لا أيونية تمتاز بأن وزنها الجزيئي كبير جدا يزيد عن المليون وعملها الأساسي هو تكوين جسور بين الحبيبات التي تمت معادلة شحناتها (أي المخثرة) لكي تحولها إلى تجمعات كبيرة يسهل رسوبها وفصلها (أنظر شكل ٢١) وبالرغم من أن معرفة تركيب المدمجات وخصائصها ومدى حساسيتها للرقم الهيدروجيني قد يعطسي فكرة عن مدى ملاءمتها لغرض معين فإن اختيار الأنسب منها وتحديد الجرعات المطلوبة منه يتم عادة عن طريق اختبارها على الطبيعة فيما يعرف باختبار الجرار (J2) Jar test.





شكل ( ٢١ ) رسوم توضيحية لكيفية حدوث التخثر والتدمج

F20

Flocculation<sup>(13)</sup>

التَدْمِجُ (التكتل)

قد يختلط الأمر في بعض الأحيان بين التخثر والتمج، وقد يستعمل البعض الكلمتين ليعنيا نفس الشيء، إلا أن الصحيح هو أن التخثر خطوة تسبق التمج وتتركز في معادلة الشحنات التي تغطي سطح الجسيمات الغروية وغيرها من العوالق والتي ينتج عن وجودها ما يشبه الغلاف السحابي (Cloud layer) يحيط بهذه الجسيمات ويمنع اقترابها من بعضها البعض. وينتج عن معادلة هذه الشحنات تضاؤل هذا الغلاف واقتراب الجسيمات بحيث تبدأ في الوقوع تحت تأثير التجاذب الطبيعي فتبدأ في التجمع على شكل تكتلات أولية (أنظر الشكل ٢١). فإذا ما استخدمت المدمجات Flocculants (F19) فإن هذه تعمل على تكوين جسور بين هذه التكتلات على هيئة شبكة تنمو في حجمها وفي كثافتها بما يسمح بسرعة ترسيبها.

F21

Flotation<sup>(1,3)</sup>

التعويم

فصل العوالق بتعويمها بدلا من ترسيبها. وتعتمد عملية التعويم على الفرق بين الكثافة الحقيقية للمواد السائلة أو الصلبة إذا كانت أقل من الماء أو على الفرق بين الكثافة الظاهرية للمواد الصلبة، الملتصق بها فقاع هواء وبين الماء، إذا كانت هذه المواد كثافتها الحقيقية أكبر من كثافة الماء. والتعويم إما أنه يحدث تلقائيا في الحالة الأولى أو أن يكون مستحثا Induced في الحالة الثانية، عن طريق الهواء الذائب أو بضخ الهواء تحت ضغط ثم خلخلة الضغط ليتحول الهواء إلى فقاع غاية في الصغر تلتصق بحبيبات المواد العالقة. ويعتمد التعويم المستحث على مدى قابلية الهواء للالتصاق بهذه الحبيبات ليكوّن الإثنان تركيبة مشتركة كثافتها الظاهرية أقل من السائل الموجودة فيه. وتكون محصلة القوى المؤثرة على الحبيبة (وهي الجاذبية والطفوية Buoyancy والمقاومة) بحيث تجعلها ترتفع إلى أعلى وتتجمع عند السطح على هيئة زبد يتركز شيئا فشيئا بحيث يمكن إزالته بالكشط.

ولكى يكون من الممكن فصل مادة صلبة، كثافتها الحقيقية أكبر من السائل الموجودة فيه باستخدام التعويم، فإن ذلك يستوجب أن تكون قابلية التصاق الحبيبة الصلبة بفقاعة الهواء أكبر من قابليتها للبلل بالماء Wettability. علما بأن قابلية البلل هذه تحكمها زاوية التلامس Contac tangle بين سطح المادة الصلبة والغاز، فتقل قابليته للبلل بازدياد هذه الزاوية وتزداد كلما صغرت. هذا ومن الممكن استخدام ما يعرف بمساعدات التعويم Flotation aids وهي مواد تؤثر على سطح الحبيبات وتساعد عملية التصاق الهواء به، وتسهل جميع خطوات التعويم وتزيد من كفاءته.

F22

### Flow balancing<sup>(21c)</sup>

### موازنة معدل السريان

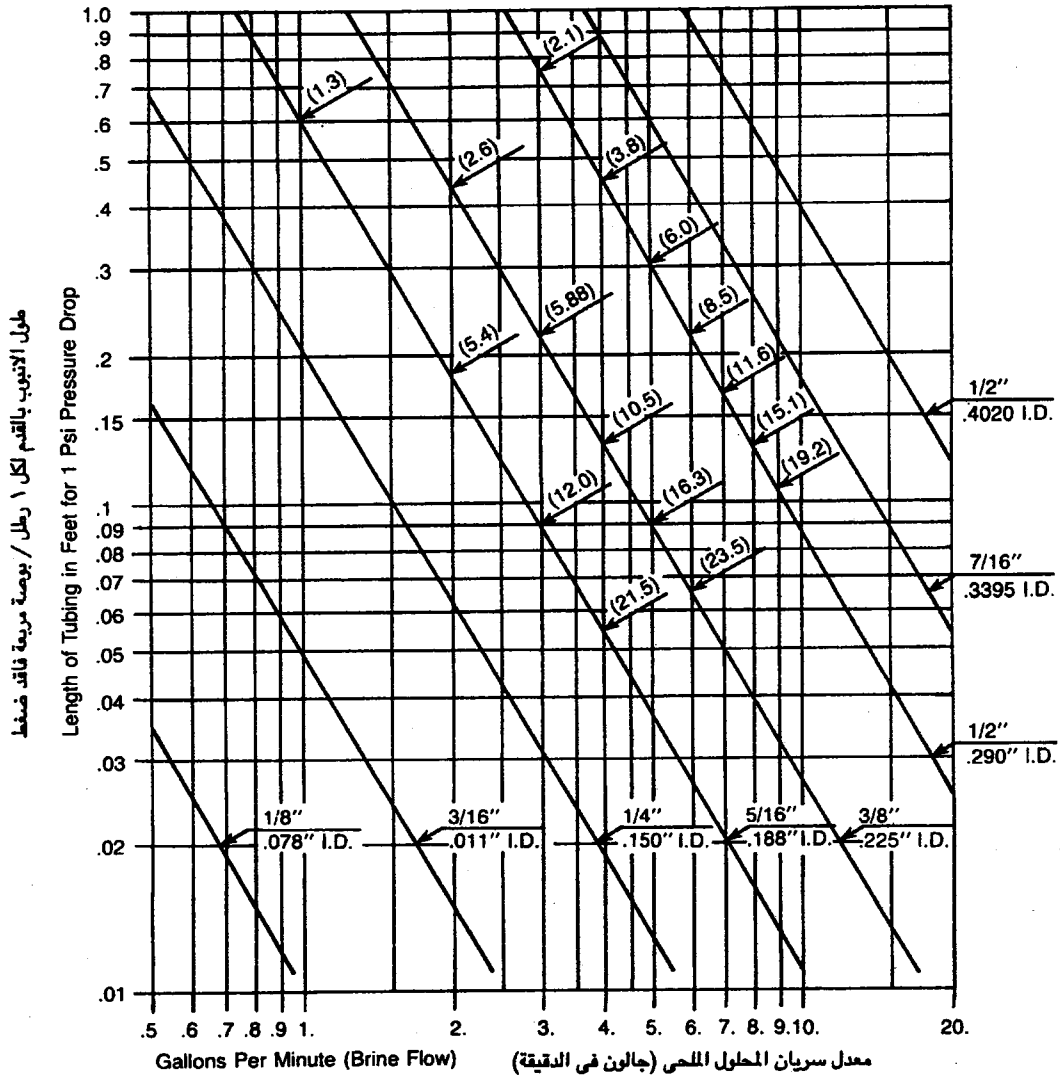
عند التوصيل على التوازي لوحدات الأغشية في محطات التحلية بالتناضح العكسي، فإن الاختلاف الطفيف في فاقد الضغط عبر أى من هذه الوحدات يمكن أن يؤثر تأثيراً كبيراً على معدل سريان الماء الملحي ومن ثمَّ على نسبة الاسترجاع (R5) Recovery ratio لذلك تتم موازنة معدل السريان باستخدام ما يسمى بأنابيب موازنة السريان Flow balancing tubes لتوليد فاقد ضغط اصطناعي Artificial pressure drop عبر كل وحدة من الوحدات المختلفة، وبالتالي يصبح الاختلاف في نسبة الاسترجاع أقل ما يمكن. هذا ومن المستحسن ضبط فاقد الضغط عبر وحدة الأغشية الواحدة مشتملاً فاقد الضغط الاصطناعي بحيث يكون حوالي ٢٤٠ كيلوباسكال (٣٥ رطل على البوصة المربعة). وتستخدم أنابيب من صلب غير قابل للصدأ أو أنابيب ضغط عالي من البلاستيك كأنابيب اتزان في وحدات الأغشية، ويبين الشكل (٢٢) فاقد الضغط المتوقع من هذه الأنابيب بأصنافها وأقطارها المختلفة بحيث يمكن اختيار صنف الأنابيب وأقطارها والأطوال اللازمة لتوليد فاقد الضغط الاصطناعي المطلوب.

F23

### Fluoridation<sup>(1,2)</sup>

### إضافة الفلوريدات/الفلورة

إضافة مواد معينة إلى الماء المعد للشرب بقصد رفع محتواه من عنصر الفلوريد إلى الحد الأمثل اللازم لحماية أسنان الأطفال (على وجه الخصوص) من التسوس. ومن الواجب التحكم في كمية المواد المضافة بدقة مأخوذاً في الاعتبار تنذب المحتوى الأصلي للفلوريد في ماء التغذية، وذلك حتى يمكن ضبط تركيز الفلوريد بين ٠,٤-١ مجم/لتر (حسب مناخ كل دولة). ويجب أن تتخذ جميع الاحتياطات اللازمة بحيث لا يتعدى هذا التركيز الحدود المسموح بها لأنه إذا وصل تركيز الفلوريد إلى حوالي ٥ مجم/لتر تتقلب الصورة فيصبح ضاراً، إذ أن هذا عادة ما يؤدي إلى تكوين بقع على الأسنان كما أنه قد يجعلها هشة، ولذلك فإن إضافة الفلوريدات تقتصر على الولايات المتحدة الأمريكية وبعض بلدان أوروبا وأمريكا الجنوبية وأستراليا ولم يتم تعميمها حتى الآن لأنها عملية لا تخلو من المخاطرة مما يجعل لها معارضين. ومن المواد المستخدمة لهذا الغرض سليكات الصوديوم سداسية الفلوريد  $Na_2SiF_6$  (أكثرها شيوعاً) وحامض السيليسيليك سداسي الفلوريد و.فلوريد الصوديوم NaF.



شكل (٢٢) فاقد الضغط خلال الانابيب

- (١) الأرقام بين القوسين هي لفاقد الضغط الاضافى الناتج عن الداخلى والمخارج.  
 (٢) الانابيب التى اقطارها الداخلى ٢٩ بوصة أو أقل هي من النايلون هـ  
 ضغط الانفجارى Burst rating ٢٥٠٠ رطل على البوصة المربعة).  
 (ب) الانابيب ذات الاقطار الداخلى ٣٣٩٥ . . ٤٠٢٠ . هي من الصلب الغير قابل للصدأ.

Source: Du Pont Co. Permasep Products (1992). Products Engineering Manual, Bulletin 2030, p5. Wilmington, Delaware: Du Pont Company.

F24

Ferric chloride<sup>(1,3,9)</sup>

معدل التدفق

هو معدل سريان الطاقة أو المادة لكل وحدة مساحة من السطح الذي تمر عبره هذه الطاقة أو المادة، فمثلا معدل التدفق الحراري Heat flux هو معدل سريان الحرارة مقسوما على مساحة السطح الذي تمر الحرارة من خلاله بحيث يكون الناتج وحدات حرارية في الساعة لكل متر مربع من سطح الانتقال الحراري. كما أن معدل تدفق الماء خلال أغشية التحلية هو كمية الماء التي تمر خلال الغشاء في وحدة الزمن لكل متر مربع من سطح الغشاء (جالون في اليوم لكل متر مربع، أو متر مكعب في اليوم لكل متر مربع).

F25

Flux decline<sup>(6)</sup>

تناقص معدل التدفق

عندما تكون الأغشية في أول عهدها جديدة ونظيفة فإنها تعطي معدل التدفق الذي يتفق ونوعيتها وتصميمها. ثم يتسبب تقادم هذه الأغشية أو اتساخها Fouling (F28) أو تعرضها للانضغاط [أنظر (F6) Fiber compaction] أو كل هذه المؤثرات مجتمعة، إلى زيادة المقاومة لمرور الماء النقي خلال الأغشية ومن ثم يتناقص معدل التدفق. ومن الأمور المتعارف عليها التسليم بأن هذا التناقص واقع لا محالة، ومن ثم يجب أخذه في الاعتبار عند تصميم الوحدات بحيث يمكن المحافظة على أن يظل معدل التدفق عند قيمة تضمن أن يبقى إنتاج الوحدة بحيث لا يقل عن حد معين. ولتحقيق ذلك يستخدم عند تصميم الوحدات ما يعرف باسم معامل ثبات التدفق خلال الغشاء (M11) Membrane flux retention coefficient (MFRC).

F26

Foam<sup>(1,19)</sup>

الرغوة/ الزبَد

من المعروف أن الفقاعة هي عبارة عن غاز يحيط به أو يغلفه طبقة رقيقة من السائل، وتتراوح أحجام الفقائيع من ٥٠ ميكرون إلى بضع ملليمترات. وإذا تجمعت هذه الفقائيع عند سطح السائل فإنها تكون ما يطلق عليه اسم الرغوة. ومن المسلم به أن السوائل النقية تماما لا يمكن أن تكون رغوة تبقى ثابتة لمدة معقولة. وعليه فلا بد من وجود مكون ثالث مع الغاز والسائل، الذي

من الممكن أن يكون مادة صلبة على هيئة حبيبات دقيقة عالقة. إلا أنه عادة ما يكون مادة ذاتية في السائل فإذا ما امتزت Adsorbed هذه المادة على طبقة السائل المحيطة بالغاز فإنها تعمل على ثبات الرغوة، خاصة إذا ما كانت تتمتع بخواص نشاط سطحي S. surface activity. وتعتمد خصائص الرغوة في المقام الأول على التركيب الكيميائي للمادة الممتازة كما تؤثر في هذه الخصائص العوامل التالية:

- كمية المواد الممتازة التي تصل إلى السطح الفاصل بين السائل والغاز.
- معدل سريان الغاز من وإلى داخل الفقاعة.
- التوزيع النسبي لأحجام Size distribution الفقائيع.
- التوتر السطحي (S50) Surface tension للسائل.
- الضغط الخارجي ودرجة الحرارة.

والرغوة بطبيعتها غير ثابتة Unstable تميل إلى التقوض أو الانهيار Collapse، ولكن وجود مواد ممتازة عند السطح الفاصل بين السائل والغاز يحول دون هذا التقوض، ولذلك نجد أن كل ما يعمل على بقاء المواد الممتازة يساعد على ثبات الرغوة. فزيادة لزوجة الغشاء Film viscosity تقلل من فقدان السائل من غلاف الفقاعة ويحفظ لها مرونتها ومن ثم يساعد على ثباتها. وبالإضافة إلى ذلك فإن سريان الغاز من الفقاعة إلى الخارج يخفض الضغط داخل الفقاعة ويعمل على انهيارها. وماء البحر ليس سائلا نقيًا إذ أنه إلى جانب 3-4% أملاح غير عضوية فهو يحتوي على مقادير ضئيلة من مواد عضوية لها خواص نشاط سطحي، ولما كان ثبات الرغوة ظاهرة سطوح Surface phenomenon فإن قدرًا ضئيلًا من هذه المواد يكفي لتكوين وثبات الرغوة. والرغوة تتكون في محطات التحلية مثلًا عندما يدخل الماء الملحي المضغوط إلى حجرات التقطير الومضي ويتعرض لخلخلة في الضغط، في الوقت الذي تنفصل فيه كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء ومن ثم تتكون الرغوة. فإذا حدثت وكانت طاقة (سعة) تسريب Venting capacity ثاني أكسيد الكربون و/أو قدرة تكثيف بخار الماء غير كافية، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة الضغط وهذا بالتالي يؤدي إلى خفض معدل سريان الغاز إلى خارج الفقائيع مما يساعد على ثبات الرغوة. أما في المراحل ذات الحرارة المنخفضة فإن زيادة تركيز الأملاح وانخفاض الحرارة يعملان على زيادة اللزوجة الغشائية التي تعمل على ثبات الرغوة. وتتنحصر الآثار الضارة للرغوة أساسًا في انتقال الأملاح إلى الماء المقطر وفي خفض كفاءة مانعات الرذاذ Demisters (D11) ولتلافي هذه الآثار تستخدم مانعات الرغوة (A36) Antifoam agents.

F27

## الفورم الدهيد (الفورمالين) (Formaldehyde (formalin)<sup>(8,21f)</sup>)

الفورم الدهيد (CH<sub>2</sub>O) في صورته الأصلية غاز نفاذ الرائحة (درجة غليانه -٢١م) يتضاعف (يتبلر) في درجات الحرارة العالية، خاصة في وجود حامض الكبريتيك، مكونا ميتا فورمالهايد (CH<sub>2</sub>O)<sub>3</sub> وهو سائل يغلي عند ٦١-٦٢م ينوب في الماء، ويسمى محلوله في الماء الفورمالين. وهو حين ينوب في الماء يتحد به مكونا هيدرات C H<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>. ويباع الفورمالين على هيئة سائل يحتوي ما بين ٣٧-٥٠% بالوزن فورمالدهيد مع ١% ميثانول أو مادة أخرى تمنع بلمرته.

والى جانب استخداماته في صناعة اللدائن وفي معالجة النسيج لإعطائه خاصية "إغسل والبس Wash and wear"، فهو يستخدم كمادة حافظة تمنع التكاثر البيولوجي، وفي نطاق هذه الخاصية يأتي استعماله في مجال التحلية على هيئة ٠.٥% فورمالين بالوزن مع ١٨% جلسرين لحفظ أغشية التناضح العكسي عند تخزينها أو شحنها أو توقف الوحدة المستخدمة فيها هذه الأغشية لمدة تزيد على خمسة أيام (إلا إذا تم تغيير الماء الموجود في هذه الوحدات مرة واحدة كل يوم على الأقل).

F28

## الاتساخ/التقذُر (Fowling<sup>(6,7)</sup>)

الاتساخ أو التقذُر في معناه التقني الأعم هو تراكم أى شئ على الأسطح التي تستخدم لانتقال الحرارة أو انتقال المادة مما يزيد من المقاومة التي تعوق هذا الانتقال أو ذلك، فينخفض بالتالي معدل سريان الحرارة أو المادة خلال هذه الأسطح.

وينتج الاتساخ:

- \* عن مجرد ترسب مواد حبيبية كانت أصلا عالقة في السائل.
- \* أو عن تكوّن مواد جيلاينية ناتجة عن اتساخ بيولوجي (B12) Biological fouling.
- \* أو عن تكوّن نواتج التآكل (C26) Corrosion وبقاتها على السطح المعدني.

وقلّمًا تحدث ظاهرة من هذه الظواهر بمفردها بل غالبا ما تحدث متزامنة أو متتابعة. وفي كثير من الأحيان يفتح حدوث أحدها المجال لحدوث غيره فنجد أن الاتساخ البيولوجي مثلا قد يؤدي إلى زيادة احتمالات التآكل عن طريق تكوين ما يعرف بخلايا التهوية التفاضلية (D21) Differential

acration cells أو عن طريق وجود البكتيريا التي قد تسبب التآكل البكتيري (B3) Bacterial corrosion. كما أن وجود هذه الرواسب على الأسطح قد يكون عاملاً يسهل من عملية ترسيب القشور. والسبيل الأمثل لتلافي مشاكل الاتساخ أو الحد منها هو تتبع مسببات كل نوع من هذه الرواسب بغية إعاقة أو الإقلال من احتمالات تكوُّنها والمبادرة بإزالتها في بدء تكوينها. خاصة إذا ما كانت رخوة سهلة الإزالة، حتى لا يؤدي تركها إلى تكوُّن طبقات أكثر تماسكا وأصعب في إزالتها. ولما كان منع حدوث الاتساخ منعاً باتاً أمراً يصعب تحقيقه، فإنه من الواجب أخذ الاحتياطات بافتراض وجوده بقدر معين وذلك خلال مرحلة التصميم. ففي عمليات انتقال الحرارة يستخدم ما يعرف بمعامل الاتساخ (F30) Fouling factor كاحتياط لمواجهة آثار الاتساخ، وفي عمليات التناضح العكسي يدخل في تقدير تناقص معامل ثبات التدفق خلال الغشاء (M11) Membrane flux retention coefficient. كما يؤخذ في الاعتبار أثناء التشغيل بقياس قابلية ماء التغذية لإحداث اتساخ سطوح الأغشية باستخدام ما يطلق عليه اسم دليل الاتساخ (F31) Fouling index أو دليل كثافة الطمي (دليف التظمي) (S26) Silt density index.

F29

Fouling, Biological

الاتساخ البيولوجي

أنظر (B12) Biological fouling و (M5) Membrane biofouling.

F30

Fouling factor<sup>(6)</sup>

معامل الاتساخ

عادة ما تتعرض أسطح التبادل الحراري للاتساخ الذي يكون غالباً على هيئة قشور تترسب على جانب واحد من السطح الحراري أو على الجانبين، ومن ثمَّ تزيد من المقاومة التي يلاقيها انتقال الحرارة عبر هذه الأسطح. ولكن تظل المبادلات الحرارية (وغيرها من أجهزة انتقال الحرارة) تقوم بواجبها حتى بعد ترسب هذه القشور بفترة طويلة وذلك لأنه يفترض وجودها وتؤخذ قيمة تقديرية لمقاومتها أثناء حساب السطح الحراري اللازم. وفي حالة مسخِّن المحلول الملحي (B22) Brine heater حيث يتم تسخين المحلول الملحي الذي يمر داخل الأنابيب عن طريق تكثيف البخار على سطحها الخارجي، تكون هناك مقاومة اتساخ واحدة داخل الأنابيب وهذه تؤخذ قيمتها في حالة وحدات التقطير الومضي متعدد المراحل الذي تم معالجة مياه تغذيتها باستخدام الأحماض ما بين ٠,٠٠٠٥ إلى ٠,٠٠٠١ (وحدة حرارية بريطانية/ساعة قدم<sup>٢</sup> ف<sup>١</sup>) وهذه القيمة هي ما يطلق عليها معامل الاتساخ.



Fouling index<sup>(1)</sup>

## دليل الاتساخ

يتم قياس قابلية أى نوع من الماء لإحداث اتساخ لسطح غشائي بطرق كثيرة، منها دليل الاتساخ الذي يستخدم في قياسه غشاء نمطي مصنوع من اسيتات السلولوز. ويشتمل الجهاز المستخدم لهذا الغرض على المكونات الرئيسية الآتية:

\* غشاء مستدير قطره ٤٧ مم وحجم مسامه ٠,٤٥ ميكرون.

\* دعامة معدنية بنفس قطر الغشاء.

\* مانومتر.

\* صمام إيري Needle valve للتحكم في الضغط.

وتتبع في القياس الطريقة الآتية:

- يوضع الغشاء على الدعامة ثم يبلل بالماء ويوضع مانع التسريب الدائري Ring seal في مكانه ثم يطرد الهواء من الجهاز وتثبت الدعامة بحيث يكون الغشاء في وضع رأسي.

- يضبط الضغط عند ٢,١ جوي (٣٠ رطل/البوصة المربعة) وباستخدام ساعة ميقاتية Chronometer يتم قياس الوقت ( $t_0$ ) اللازم لترشيح ٥٠٠ مل من الماء (على ألا يقل الزمن الكلي عن عشر ثواني).

يستمر الترشيح لمدة ١٥ دقيقة بعد ضبط الضغط عند نفس القراءة الأصلية إذا لزم الأمر.

- باستخدام الساعة الميقاتية يتم تعيين الزمن ( $t$ ) اللازم لترشيح ٥٠٠ مليلتر، مع ملاحظة أن يظل الضغط عند ٢,١ جوي.

- تحسب القوة النسبية للاتساخ كما يلي:

$$100 \left( \frac{t_0}{t} - 1 \right)$$

"إذا زادت القوة النسبية عن ٨٠% في ١٥ دقيقة تعاد التجربة عند عشر دقائق ثم عند ٥ دقائق

إذا لزم الأمر."

وإذا كانت القوة النسبية في الحدود المعقولة (أى > ٨٠%) يتم حساب دليل الاتساخ كما في المثال التالي:

إذا كانت  $t_0$  عند ٢,١ جوي ٢٨ ثانية

وبعد ١٥ دقيقة كانت  $t$  ٤٤ ثانية

فإن قوة الاتساخ النسبي =  $100 \left( \frac{\quad}{44} - 1 \right) = 36,4\%$

ويكون دليل الاتساخ (١٥ دقيقة) =  $\frac{36,4}{15} = 2,4\%$

[أنظر أيضا دليل تركيز الطمي Silt density index (S26)].

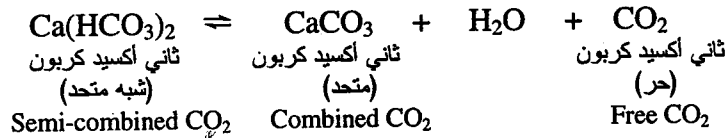
F32

## ثنائي أكسيد الكربون الحر Free carbon dioxide<sup>(1)</sup>

يمثل غاز ثاني أكسيد الكربون الذائب في الماء نوبانا طبيعيا بحيث يبقى على هيئته الأصلية CO<sub>2</sub>، أهمية خاصة. كما أن الاتزان بين ثاني أكسيد الكربون الذائب وبيكربونات الكالسيوم يتحدد بمجموعة من القوانين. وأي حيود عن هذا الاتزان من الممكن أن يتسبب في حدوث تفاعلات كيميائية تؤدي إلى آثار هامة منها:

- نوبان كربونات الكالسيوم (العدوانية Aggressiveness).
- ترسيب كربونات الكالسيوم (تكوين القشور Scaling).
- التفاعل مع السطوح المعدنية الملامسة (التآكل Corrosion).

وبيكربونات الكالسيوم لا توجد في الطبيعة كمادة صلبة ولكنها توجد فقط ذائبة في الماء في حالة غير مستقرة، وهي تميل إلى فقدان حامض الكربونيك وتكون راسبا من كربونات الكالسيوم



ولكى تبقى البيكربونات في المحلول يلزم وجود حدا أدنى من تركيز ثاني أكسيد الكربون الذائب في الماء ويسمى هذا التركيز (ثاني أكسيد كربون عند الاتزان Equilibrium CO<sub>2</sub>) ووجود هذه الكمية يدفع التفاعل إلى اليسار مانعا ترسيب كربونات الكالسيوم، غير أن وجود كمية أكبر منه (كما يحدث في المياه الطبيعية) يجعل الماء عدوانيا، وتسمى الكمية الزائدة (ثاني أكسيد الكربون العدوانية Aggressive CO<sub>2</sub>)، ومن ثم يمكن تصنيف ثاني أكسيد الكربون كما يلي:

### ١. ثاني أكسيد كربون حر

١/١ ثاني أكسيد كربون عدواني

٢/١ ثاني أكسيد كربون الاتزان

### ٢. ثاني أكسيد كربون غير حر

١/٢ ثاني أكسيد كربون شبه متحد (على هيئة بيكرونات)

٢/٢ ثاني أكسيد كربون متحد (على هيئة كربونات)

هذا وتستخدم طرق التحليل العيارية القياسية Standard volumetric analysis في تعيين محتوى الماء من هذا الغاز. كما أنه جدير بالذكر أيضا أن وجود ثاني أكسيد الكربون الحر يُكسب الماء مذاقا مقبولا ولا يكون للماء طعم في غيابه.

F33

Free energy<sup>(10,11)</sup>

الطاقة الحرة

دالة ديناميكية حرارية يعبر عنها بالفرق بين المحتوى الحراري للنظام (الإنتالپيا H) وحاصل ضرب درجة الحرارة المطلقة (T) في الأنتروبيا (S).

$$F = H - TS$$

وتُعرف الطاقة الحرة على أنها أقصى قدر ممكن من الشغل المفيد الذي يمكن الحصول عليه من نظام ما، عند درجة حرارة وضغط ثابتين، نتيجة حدوث تغير معين إذا ما كان هذا التغير يحدث بطريقة رجعية Reversible. وتستخدم هذه الدالة لمعرفة مدى إمكانية حدوث تغير ما تلقائيا دون إضافة طاقة. فإذا افترضنا أن الطاقة الحرة للنظام في الحالة (١) هي  $(F_1)$  وطاقته الحرة في الحالة (٢) هي  $(F_2)$  فإنه إذا كانت  $F_2 < F_1$  فإن التغير من الممكن أن يحدث تلقائيا، أما إذا كانت  $F_2 > F_1$  فإنه يلزم استخدام قدر معين من الطاقة لإحداث التغير إذ أنه لا يمكن أن يحدث تلقائيا. وبالإضافة إلى ذلك فإن تساوي الطاقة الحرة يستخدم كمقياس للاتزان بين الأطوار المختلفة Measure of phase equilibrium بحيث إذا انعدم الفرق بين الطاقة الحرة للنظام في طورين مختلفين  $\Delta F = 0$  فإن ذلك يعني أنهما قد وصلا إلى حالة الاتزان.

F34

Free residual chlorine

الكلور الحر المتبقي

أنظر الكلور المتبقي (R14).

F35

Free surface energy<sup>(10)</sup>

الطاقة الحرة للسطح

الطاقة التي تتولد في سطح السائل كنتيجة لقوة شد الجزيئات الموجودة في عمق السائل للجزيئات الموجودة في الطبقة المكونة للسطح الفاصل بينه وبين الهواء. وينتج عن هذا الشد توتر يفترض نظرياً أن يكون متساوياً في جميع الاتجاهات الموازية للسطح، ويساوي الطاقة الحرة المتركزة في هذا السطح. علماً بأن المكافئ رياضياً لهذه الطاقة الحرة هو الخاصية المعروفة باسم التوتر السطحي (S50).

F36

Freeze desalination<sup>(5,6)</sup>

التحلية بالتجميد

إذا نظرنا إلى الطبيعة لوجدنا أن جبالا من الجليد تعوم على سطح المياه في المناطق القطبية. وهذه الجبال الجليدية ما هي إلا مياه عذبة تجمدت وانفصلت عن مياه البحر، وعامت فوقها تاركة وراءها الأملاح. وما طرق التحلية بالتجميد سوى محاكاة لما يحدث في الطبيعة، ولكن جميع المحاولات التي تمت حتى الآن ارتطمت بمشكلة لا يكاد يوجد لها حل مرض حتى الآن، وهي مشكلة فصل بللورات الثلج بطريقة تبقى عليها دون فاقد كبير ودون أن تظل ملوثة بجزء من الماء المالح. ومن ثم فإنه بالرغم من أن استهلاك الطاقة اللازمة لتجميد الماء تعادل ثمن الطاقة اللازمة للتبخير بالإضافة إلى تضاعف مشاكل التآكل وتكوّن القشور، إلا أن مشكلة فصل بللورات الثلج ما زالت تقف حجر عثرة في طريق الوصول بهذه الطريقة إلى حد الاستخدام التجاري إلا في حالات قليلة جداً.

F37

### French degree of hardness<sup>(1)</sup> وحدة قياس عسر الماء الفرنسية

وحدة العسر الفرنسية اختيرت لتعبر عن العسر المكافئ لمائة مجم من كربونات الكالسيوم في كل لتر وهي بذلك تساوي ٠,٧ وحدة قياس عسر الماء الإنجليزية (E14) English degree of hardness أو ٠,٥٦ وحدة قياس عسر الماء الألمانية (G3) German degree of hardness.

F38

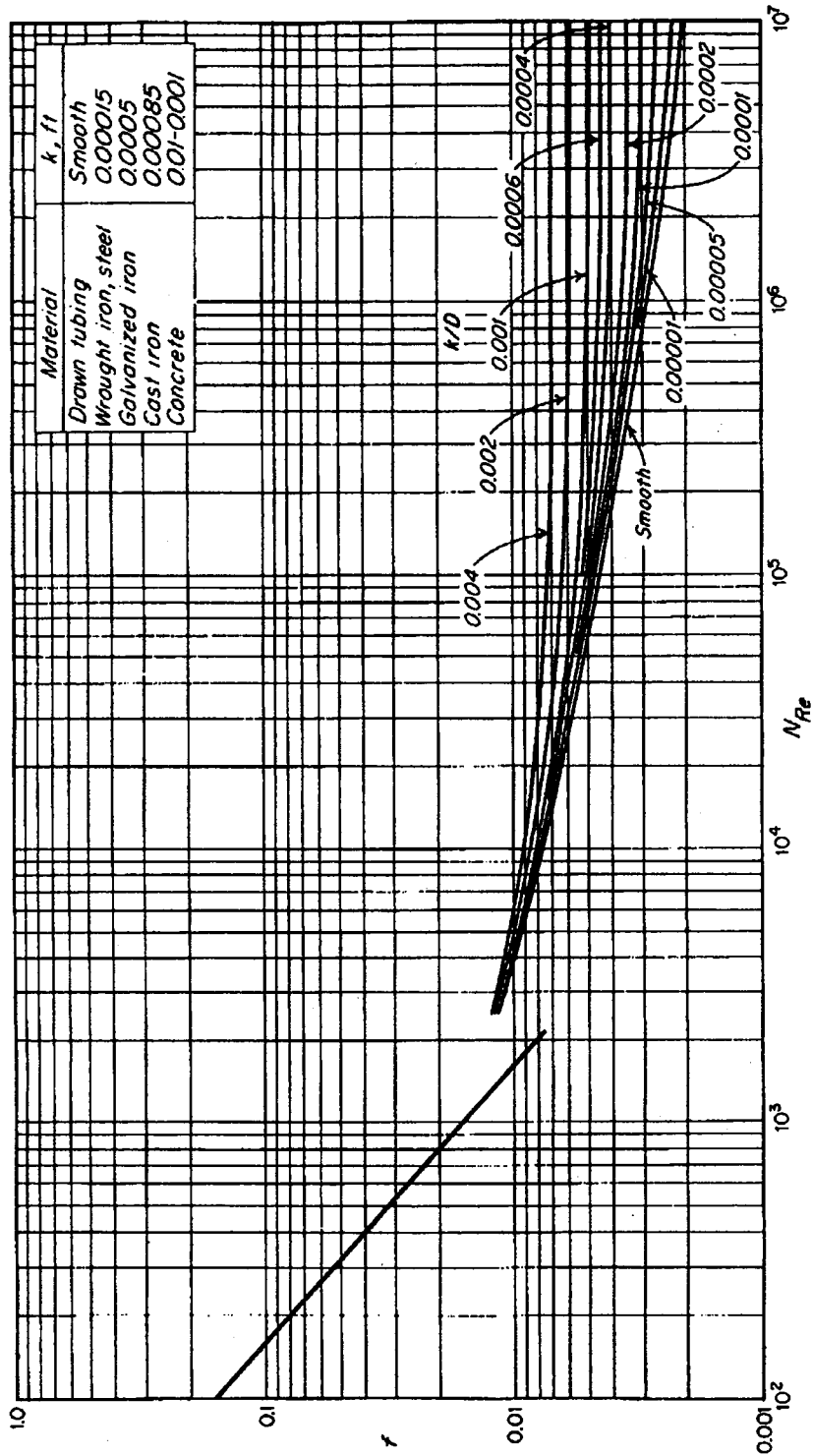
### Friction factor<sup>(20)</sup> معامل الاحتكاك

يقاس أثر الاحتكاك السطحي بين سائل ما وبين جدران المجرى الذي يسري فيه إما بقياس فاقد الضغط الناتج عن هذا الاحتكاك أو إجهاد القص  $(T_w)$  أو باستخدام ما يطلق عليه اسم معامل الاحتكاك والمعامل الأكثر شيوعا واستعمالا هو ما يعرف باسم معامل احتكاك فانينج (f) Fanning friction factor وهو عبارة عن النسبة بين ما يلاقيه السائل من إجهاد القص الناتج عن احتكاكه بجدران المجرى وبين طاقة السائل الحركية  $V e l o c i t y \ h e a d$ .

$$f = \frac{T_w}{(d v^2 / 12 g_c)}$$

وتتأثر قيمة معامل الاحتكاك بقيمة رقم رينولد  $(R_N)$  Reynold's number (R20) وبنوعية السريان، هل هو انسياب طبقي (L3) Laminar flow أو سريان مضطرب (T9) Turbulent flow. كما تتأثر قيمته في السريان المضطرب بالخشونة النسبية للسطح ويتضح من الشكل (٢٣) أنه عندما تكون قيمة رقم رينولد أقل من القيمة الحرجة له  $(R_N < 2100)$  يكون سمك الطبقة المتاخمة  $\delta$  Boundary layer (B19) ما زال أكبر من ارتفاع الخشونة المطلقة للأنبوب (e) فإن معامل الاحتكاك (f) لا يتأثر بخشونة الأنبوب ويظل معتمدا على قيمة رقم رينولد فقط ويمكن التعبير عن العلاقة بين معامل الاحتكاك في نطاق السريان الطبقي بالمعادلة:

$$f = 64/R_N$$



شكل (٢٢) معامل الاحتكاك

ومع زيادة قيمة رقم رينولد يقل سمك الطبقة المتاخمة ( $\delta$ ) عن الخشونة المطلقة للأنبوب (e) وعندئذ يبرز جزء من الخشونة في منطقة الجوف المضطرب (Turbulent core) (T9) ومن ثم تبدأ الخشونة النسبية تلعب دوراً في تحديد قيمة (f) و ( $R_N$ ) باختلاف قيمة الخشونة النسبية e/D (أنظر شكل ٢٣).

ويستخدم معامل الاحتكاك في حساب فاقد الضغط ( $h_L$ ) من المعادلة:

$$h_L = f \frac{L V^n}{D 2g}$$

حيث L هو طول الأنبوب الذي قطره D الذي يسير فيه سائل بسرعة V أما (g) فهي تسارع الجاذبية وتختلف قيمة (n) حسب نوعية السريان ففي السريان الطبقي تكون (n=1) وفي السريان المضطرب تكون (n=2).

F39

Friction head loss<sup>(20)</sup>

فاقد الضغط بالاحتكاك

عندما ينطلق سائل ما تحت تأثير ضغطه ليسري في مجرى ما فإنه يتعرض أثناء سريانه لإجهاد قص Shear stress ناتج عن احتكاكه بجدران المجرى مما يجعل ضغطه يتناقص بما يعبر عنه بفاقد الضغط ( $h_L$ ) الذي يمكن حسابه باستخدام معامل الاحتكاك (f) على النحو المبين فيما سبق [أنظر (F38) Friction factor].

ومن الجدير بالذكر أن هناك فواقد للضغط غير فاقد الاحتكاك تحدث بسبب تعرض السائل لمقاومات ناتجة عن عوائق تعترض سريانه مثل التغيرات المفاجئة في قطر الأنبوبة (الانحناء المفاجئ أو الضيق المفاجئ) والانحناءات والصمامات والوصلات المختلفة. ولهذه الفواقد أهمية خاصة في حالة خطوط السريان القصيرة غير أنه كلما زاد طول الأنابيب كلما أصبح فاقد الضغط الناتج عن الاحتكاك يمثل الفاقد الأساسي للضغط وكلما قل أثر غيره نسبياً.

F40

Frothing

تكوّن الرغوة / ازدياد

أنظر الرغوة / الزبد (F26).

F41

Froude's number ( $F_N$ )<sup>(18,20)</sup>

رقم فراود

رقم فراود ( $F_N$ ) هو قيمة رقمية لا بعدية Dimensionless تستخدم كدليل لتوصيف طبيعة السريان في المجاري المكشوفة Open conduits أو في الحالات التي يلعب فيها سطح السائل دورا كبيرا في التأثير على حركته والتي تكون الجاذبية الأرضية فيها هي المسبب الوحيد للحركة في وجود قوى القصور الذاتي Inertia forces.

ورقم فراود هو النسبة بين قوى القصور الذاتي والقوى الناتجة عن الجاذبية الأرضية، حيث قوى القصور الذاتي تساوي مربع سرعة مُمَيَّزة ( $V$ ) Characteristic velocity (قد تكون متوسط السرعة أو السرعة السطحية أو السرعة القصوى) مقسومة على طول مُمَيَّز Characteristic length ( $L$ ) مثل العمق، أما القوى الناتجة عن تأثير الجاذبية الأرضية فيُعَبَّر عنها بعجلة الجاذبية الأرضية ( $g$ ) ومن ثمّ يكون رقم فراود كما يلي:

$$F_N = (V^2/L) g$$

على أن يُعَبَّر عن كل من مكونات رقم فراود بوحدات متجانسة بحيث يكون الناتج النهائي لا بعدى Dimensionless.

F42

وحدة فومازين لقياس العكارة (التعكّر)

FTU Formazine turbidity unit<sup>(1)</sup>

وحدة قياسية تستخدم لتعيين مدى تعكير الماء بالمواد العالقة وتعتمد على تفاعل كيميائي يتم بين مادة الفورمازين والماء ينتج عنه حبيبات دقيقة متجانسة الحجم تظل عالقة في الماء ويتم تحضيرها على شكل عينات قياسية Standard samples. وعن طريق قياس شدة تشتت الضوء النافذ خلال عينة من الماء بالمقارنة مع العينات القياسية يمكن تعيين مدى تعكّر الماء. ومما هو جدير بالذكر أن العينات القياسية يتم تحضيرها من عينة أولية على درجة كبيرة من التعكّر (٤٠٠) وحدة تعكير



بالفورمازين) ومن ثمَّ بجرى تحضير العينات الأخرى بالتخفيف باستخدام ماء على درجة فائقة من الصفاء. وعليه تعطى عينة الماء المطلوب تعيين درجة تعكُّرها الرقم الموجود على العينة القياسية التي تتساوى معها في شدة تشتيت الضوء النافذ خلالها.

وهناك وحدات أخرى لقياس التعكُّر منها:

\* وحدة جاكسون للتعكُّر (JTU) Jackson's turbidity unit (JTU)

\* الوحدة النيفلومترية للتعكُّر (NTU) Nephelometric turbidity unit (NTU).

F43

الفيو جاسيتي / إنفلاتية (انطلاقية) الغاز Fugacity<sup>(2,11)</sup>

عند الضغوط الكلية المنخفضة يؤخذ الضغط الجزئي Partial pressure P لغاز ما كمقياس لقدرة انطلاقه من طور إلى طور آخر كأحد مكونات نظام معين. أما عند الضغوط الكلية المرتفعة والتي تحيد عندها الغازات في خواصها عن السلوك المثالي فإن الضغط الجزئي لا يعبر تعبيراً دقيقاً عن قدرة الانطلاق ومن ثمَّ تستخدم خاصية الفيو جاسيتي ( f ) التي تعرّف رياضياً كما يلي:

$$dF = RT d \ln f$$

$$F = RT \ln f + B$$

حيث

F الطاقة الحرة الجزئية Molal free energy

R ثابت الغازات العام

T درجة الحرارة المطلقة

B ثابت التكامل

وعندما تتغير الفيو جاسيتي من حالة (1) إلى حالة (2) مع ثبات درجة الحرارة فإن التغيير

في الطاقة الحرة  $\Delta f$  هي كمايلي:

$$\Delta f = F_1 - F_2 = RT \ln \frac{f_1}{f_2}$$

وعند حالة الاتزان تتساوى الفيو جاسيتي أى تصبح  $f_1 = f_2$  وبالتالي تكون  $\Delta F = 0$  بمعنى تلاشى الاختلاف في الطاقة الحرة وهو المفهوم العام للاتزان.

ويقاس حيود غاز ما عن السلوك المثالي بالنسبة  $f/P$  والتي تسمى معامل الفاعلية Activity coefficient (G) ويعطي الشكل (٢٤) معامل الفاعلية الذي يمكن تعيينه بمعرفة درجة الحرارة الحرجة (Critical temperature (T<sub>c</sub>) والضغط الحرج (Critical pressure (P<sub>c</sub>) للغاز ثم حساب الحرارة المنسوبة (Reduced temperature (T/T<sub>c</sub>) والضغط المنسوب (Reduced pressure (P/P<sub>c</sub>) ومن ثم

$$G = \frac{f}{P}$$

F44

Fungus (fungi)<sup>(4,7)</sup>

فطر (فطريات)

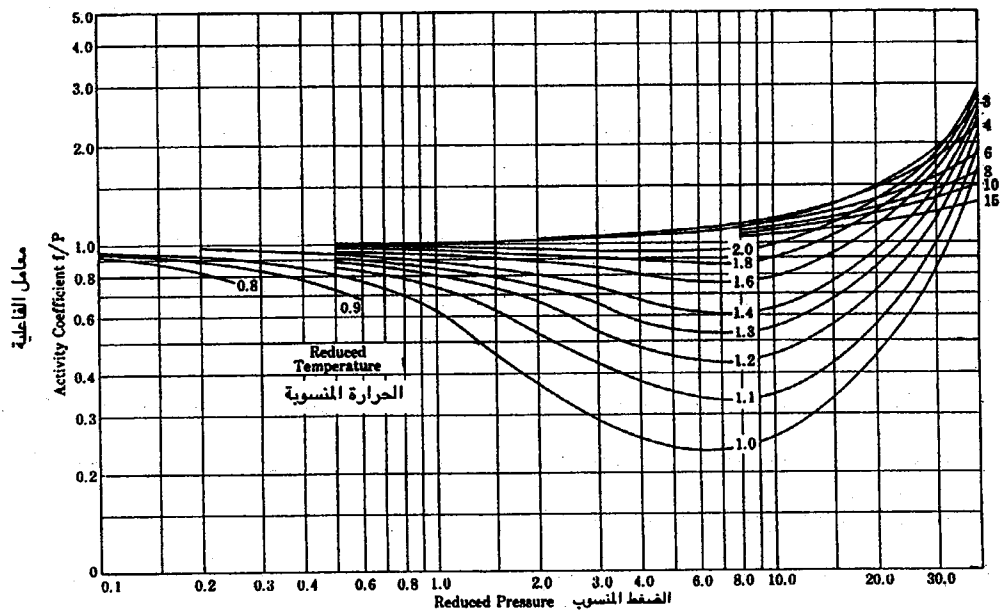
يعتبر الفطر جزء من المملكة النباتية ولكنه يفتقر إلى وجود الكلوروفيل فيه ولذلك لا يحدث به تمثيل ضوئي، ومن ثم فهو يعتمد في غذائه على المواد العضوية التي يستمدتها من المحيط الذي يوجد فيه. وهناك حوالي ٨٠,٠٠٠ نوع معروف من الفطريات وهي في ذلك تفوق الطحالب (A21) Algae التي يتراوح عدد أنواعها بين ١٩,٠٠٠-٢٥,٠٠٠ نوع.

والجزء النباتي في تكوين الفطريات إما وحيد الخلية Unicellular أو مستعمري Colonial أو فتيلى

.Filamentous

وتتكاثر الفطريات الفتيلى عن طريق تكوين أبواغ S pores وهي طور منفصل من حياتها يظل خارج تكوينها الفتيلى. وقد يبقى مستكينا في حالة سبات D ormant لمدد طويلة، خاصة إذا ما كانت الظروف المحيطة به غير مواتية لنموه ولكن ما أن تتغير هذه الظروف لتصبح مناسبة حتى يبدأ في التحول إلى فطر نشط. ومما يذكر أن طور البوغ لا تؤثر فيه غالبية مبيدات الحيويات (B9) Biocides. أما الفطريات الخميرية Yeast-like fungi فهي كائنات حيوية دقيقة وحيدة الخلية. وهي إما كروية أو مستطالة Elongated، تتكاثر عادة بطريقة التبرعم Budding، إلا أن بعضها يتكاثر بانقسام كل خلية إلى خليتين.

وتعتبر الفطريات الخميرية المسئول الرئيسي عن تغيير لون الماء والخشب. ودرجات الحرارة المناسبة لنمو الفطريات هي ما بين الصفر و ٣٨م وهي وإن كانت تنمو في الأوساط التي يتراوح الرقم الهيدروجيني لها من ٢-٨ إلا أن الرقم الهيدروجيني الأمثل لهذا النمو هو ٥,٦. ويبين الجدول (٤) بعض الأصناف الرئيسية للفطريات.



(شكل ٢٤) معامل قابلية الغازات والابخرة  
Activity Coefficients of Gases and Vapors.

Source: Hongen OA & Watson KM (1946) Industrial Chemical Calculations, p 427. New York: John Wiley & Sons. Inc.

الجدول (٤)

الفطريات أصنافها وألوانها وبعض خصائصها وآثار وجودها

نوع الفطر	أمثلة	اللون أو الخصائص	أمثلة للأثار الضارة
العفن الفتيلي Filamentous mold	اسبرجيلاس Aspergillus بنسيليوم Penicillium ميوكور Mucor فوساريوم Fusarium الترناريا Alternaria	أسود/ بني مصفر أزرق/Tan أصفر/أخضر أبيض/ رمادي بني/ بني مصفر وردي /Pink/ بني	تعطين سطوح الخشب تكوين الأوحال شبه البكتيرية
الفطريات الخميرية Yeast-like fungi	تورولا Torula ساكارومييسز Saccaromyces	تكوينات جلدية أو مطاطية في الغالب ملونة	أوحال شبه بكتيرية تغيير لون الماء والخشب
باسيديوميتيس Basidiomycetes مايسيتيس	بوريا Poria لينز ايتس Lenzites	أبيض/بني	تآكل جوف الخشب

G1

Gained output ratio (GOR)<sup>(5)</sup>

نسبة المردود

تُعرّف نسبة المردود على أنها عدد كيلوجرامات الماء الناتج من استخدام كيلوجرام واحد من البخار الداخِل إلى وحدات التحلية بالطرق الحرارية. ومن ثمّ ففي الوحدات التي تدار جميع أجهزتها بالبخار، تكون نسبة المردود مقياساً دقيقاً لكفاءة استخدام الطاقة. أما في الأحوال الأكثر شيوعاً والتي تدار فيها المعدات المساندة بالطاقة الميكانيكية أو الكهربائية ويقتصر استخدام البخار على تسخين المحلول الملحي، فإنّ تعبير نسبة المردود عن الكفاءة يكون قاصراً على كفاءة استخدام البخار، وتظلّ هذه النسبة وسيلة مفيدة للمقارنة بين الوحدات المختلفة. غير أن المقارنة لا تكون دقيقة إلا إذا كان البخار المستخدم في كل وحدة له نفس الخصائص (حرارة وضغط ومن ثمّ حرارة كامنة) أما إذا اختلفت الخصائص اختلافاً كبيراً فإن نسبة أو معامل الأداء (PR) Performance ratio (P3) تصبح الوسيلة الأفضل للمقارنة لأنها تُسبب كمية الماء المنتج (بالرطل) إلى عدد معين من الوحدات الحرارية المستخدمة (١٠٠٠ وحدة بريطانية = ١٠٥٥ كيلوجول). وبالرغم من أن نسبة المردود ومعامل الأداء قد لا يختلفان اختلافاً كبيراً رقمياً، إلا أنه يظل من المهم عدم الخلط بينهما وعدم افتراض أنهما يعينان نفس الشيء.

وكما سبق ذكره فإن نسبة المردود وكذلك معامل الأداء لا يدخل في حساب أي منهما الطاقة الميكانيكية أو الكهربائية المستخدمة في المضخات وغيرها من المعدات المساندة. وإذا كان من المرغوب فيه تصحيح هذا الوضع، فمن الممكن أن يتم ذلك عن طريق احتساب المكافئ الحراري للطاقة الميكانيكية والطاقة الكهربائية المستخدمة في كافة الأغراض باستخدام كفاءة تحويل كلية Overall efficiency. فإذا كانت هذه الكفاءة ٢٥% مثلاً فإن الطاقة المستخدمة تضرب في ٤ لينتج مكافئها الحراري، ومن ثمّ يقسم الناتج على الحرارة الكامنة للبخار المستخدم في مسخن المحلول الملحي ليعطي كمية بخار مكافئة للطاقة المستخدمة في الأغراض المختلفة، وهذه تضاف إلى البخار المستخدم في المسخن عند احتساب نسبة المردود.

G2

Gel<sup>(14)</sup>

هلام / جيلاتين

مادة غروية لا تذوب ولكنها تبقى عالقة في المنيب على هيئة سائل سميك عالي اللزوجة ولا تترسب إلا بفعل الحرارة أو بإضافة اليكتروليت (E10) Electrolyte ..

G3

### وحدة قياس عسر الماء الألمانية German degree of hardness<sup>(1)</sup>

وحدة العسر الألمانية اختيرت لتعبر عن العسر الذي يكافئ ١٠ مجم في اللتر من أكسيد الكالسيوم CaO وهي بذلك تساوي ١,٢٥ وحدة عسر إنجليزية (E14) أو ١,٧٨٦ وحدة عسر فرنسية (F37).

G4

### الحرارة الباطنية للأرض Geothermal heat<sup>(5)</sup>

هي الطاقة الحرارية المختزنة في باطن الأرض والتي تتزايد بالتحلل الإشعاعي Radioactive decay للنظائر المشعة وعلى وجه الخصوص البوتاسيوم واليورانيوم والثوريوم. وتنتقل هذه الحرارة في الغالب بالتوصيل خلال القشرة الأرضية بمعدل متوسط قدره ٠,٠٥٩ وات/متر مربع (٤ × ١٠<sup>-٦</sup> كالوري/سم<sup>٢</sup> ثانية). وبالرغم من أن التدرج الحراري Temperature gradient في المتوسط هو ١,٧ م/١٠٠ متر (١° ف/١٠٠ قدم) فإنه قد يصل في بعض المناطق إلى ٢٠-٤٠° لكل ١٠٠ متر، خاصة في مناطق الينابيع الحارة والمناطق البركانية وجوار الشقوق الزلزالية. وتمثل هذه الأماكن، بما يمكن أن تعطيه من ماء ساخن أو بخار، مصادر واعدة لإنتاج الطاقة. ولكي يمكن استخدام هذه الطاقة لأغراض تجارية، فإنه يجب توافر عدد من الشروط، منها الإتاحة Accessibility فإذا كان المخزون الحراري كبير ومكان تجمعته قريب نسبياً من سطح الأرض فإن هذا يسمح بتصميم وسيلة تتناسب مع الخواص الجيولوجية والهيدروولوجية للموقع بحيث يمكن استخدام الوسط الحامل للحرارة في تسخين الماء أو توليد البخار تمهيداً لاستخدامها بطريقة اقتصادية. ومما يجدر الإشارة إليه أن السوائل والأبخرة التي تخرج من أعماق سحيقة في باطن الأرض حاملة لهذه الطاقة الحرارية، تحتوي على مكونات مختلفة تمام الاختلاف عن السوائل التقليدية كميهاة الآبار ومياه البحار ومن ثم فهي تحتاج إلى عناية خاصة في التعامل معها. ومن المواقع التي يجري فيها استخدام الحرارة الباطنية للأرض في إنتاج الطاقة هناك لارداريللو في إيطاليا وإيرافي بنيوزيلندا ومناطق الفوارات Geysers في شمال كاليفورنيا. كما أن الماء الساخن والبخار يتم استخدامهما لتسخين المباني بكثرة في آيسلندا، وعلى نطاق أضيق في بعض المواقع الأخرى مثل روتوروا بنيوزيلندا وكالستوجا بكاليفورنيا ومساقط كالامات بأوريجون بالولايات المتحدة الأمريكية.

ومن المسلم به أن اللجوء إلى استغلال هذا النوع من الطاقة يرتبط من الناحية الاقتصادية بالسعر العالمي لمصادر الطاقة التقليدية وعلى وجه الخصوص النفط والغاز الطبيعي، فكلما زادت أسعار النفط والغاز كلما تحول الإنسان إلى مثل هذه المصادر البديلة للطاقة.

G5

طاقة جيب الحرارة  
Gibb`s free energy<sup>(6)</sup>

هو الاسم الذي أطلقه G.N. Lewis على الدالة التي كان قد عبر عنها جيب لأول مرة عام ١٨٧٥ كدالة ديناميكا حرارية تحت اسم الجهد الترموديناميكي Thermodynamic potential والتي تسمى أيضا جهد جيب Gibb's potential (G6). [أنظر أيضا الطاقة الحرة (F33) Free energy].

G6

جهد جيب  
Gibb`s potential<sup>(6)</sup>

هو الاسم الذي تعرف به دالة الديناميكا الحرارية التي أدخلها جيب عام ١٨٧٥ لتعبر عما أطلق عليه بعد ذلك اسم الطاقة الحرة. [أنظر أيضا الطاقة الحرة (F33) Free energy].  
وطاقة جيب الحرارة (G5) Gibb's free energy.

G7

قمحة  
Grain<sup>(14)</sup>

وحدة وزن إنجليزية تساوي ٦٤,٨ مجم.

G8

مرشحات بالجاذبية  
Gravity filters<sup>(13)</sup>

مرشحات تعتمد على الجاذبية الأرضية في حركة السائل خلال وسط الترشيح. وأقدم أصناف هذه المرشحات هو ما يسمى بمرشحات الرمال البطيئة Slow sand filters ، والتي بدأ استخدامها منذ أكثر من ١٢٠ سنة. ولكن نظرا لبطء عملية الترشيح فيها واحتياجاتها المكانية الكبيرة الكبيرة جدا

(ترشيح ٤٠٠٠ متر مكعب ماء يحتاج إلى ٢٠٠٠-٤٠٠٠ متر مربع) بالإضافة إلى مشاكل تنظيفها، فقد حل محلها صنفان آخران الأول يعرف باسم مرشحات الرمال السريعة Rapid sand filters والصنف الآخر هو مرشحات المعدل العالي High-rate filters وهذه إما أن تكون ذات طبقتين (D34) Dual-media filter أو متعددة الطبقات (M30) Multimedia filter . والجدول (٥) يقارن بين هذه الأصناف ويوضح أهم خصائص كل منها.

G9

Greensand<sup>(14)</sup>

الرمال الخضراوي

نوع من الرمال التي توجد في الطبيعة ويطلق عليها جيولوجيا اسم جلوكونايت Glauconite وتستخدم في الترشيح وفي إزالة آثار الحديد الذائب في الماء.



الجدول (٥)  
مرشحات الرمال الجاذبية

مرشحات المعدل العالي High-rate filters	مرشحات الرمال السريعة Rapid sand filters	مرشحات الرمال البطيئة Slow sand filters	النوع
<p>مرشح متعدد الطبقات Multi-layer filter</p> <p>٤٠ سم فحم خشن (كثافة نسبية ١,٥) ٢٠ سم رمل متوسط (كثافة نسبية ٢,٦) ١٠ سم جازبيت (كثافة نسبية ٤)</p>	<p>مرشح ذو طبقتين Dual-media filter</p> <p>٤٥ سم فحم خشن ٢٠ سم رمل ناعم (كثافة نسبية ٢,٦)</p>	<p>رمل حبيباته ٠,٦-٠,٤ مم (كثافته النسبية ٢,٦) ٥٠-٢٥ سم حصي</p>	<p>مكبرات وسط الترشيح (من أعلى إلى أسفل)</p>
٢ ١,٩٥٢ إلى ٠,٧٣٢	٢ ٠,٠٤٨٨	٠,٠٥ ٠,٠١٢٢	محل الترشيح جانور/بطيئة (قدم) ٢/ساعة م
<p>٣٦-١٢ ساعة</p> <p>٢,٢٥ سم زئبق ٢٠-١٨ سم زئبق</p>	<p>٣٦-١٢ ساعة</p> <p>٢,٢٥ زئبق ٢٠-١٨ سم زئبق</p>	<p>٢٠-٦٠ يوم</p> <p>١,٧٦ زئبق ٩ سم زئبق</p>	<p>توردة الترشيح</p> <p>فاقد الضغط (في البداية) (في النهاية)</p>
<p>تولر عكسي منمكن بكمية حوالي ٢% من الماء الذي تم ترشيحه</p> <p>تولر غسيل منمكن بكمية حوالي ٢-٤% من الماء الذي تم ترشيحه</p>			<p>لا يمكن غسل وسط الترشيح وهو في مكانه ولازم كغط الطبقة العليا منه ثم غسل الرمال واعادتها، مما يسبب فاقد كبير، كما أن استخدام تولر الفسيل المنمكن Backwash غير ممكن</p>
			السيبل

H1

Hardness, Water<sup>(1,2,7)</sup>

عُسْرُ الْمَاءِ

عُسْرُ الْمَاءِ مِنَ التَّعْبِيرَاتِ الْمُتَوَارِثَةِ الَّتِي تَرْتَبِطُ بِاسْتِعْمَالِ الْمَاءِ فِي الْغَسِيلِ. وَلَمَّا كَانَتْ سَهْوَةً إِزَالَةَ الْأَوْسَاحِ لَهَا عِلَاقَةٌ وَثِيقَةٌ بِالرَّغْوَةِ الَّتِي يَكُونُهَا الْمَاءُ مَعَ الصَّابُونَ كِمَادَةِ مَنظِفَةٍ، فَلَقَدْ اصْطَلَحَ عَلَى تَسْمِيَةِ الْمَاءِ الَّذِي يَصْعَبُ مَعَهُ تَكْوِينُ الرَّغْوَةِ بِالْمَاءِ الْعَسِيرِ. وَلَقَدْ بَقِيَتْ الْعِلَاقَةُ بَيْنَ دَرَجَةِ عَسْرِ الْمَاءِ وَقُدْرَتِهِ عَلَى تَكْوِينِ الرَّغْوَةِ مِنَ الْأُمُورِ الْمَسْلُومِ بِهَا إِلَى الْحَدِّ الَّذِي أَدَّى إِلَى اسْتِخْدَامِ مَحْلُولِ صَابُونَ عِيَارِي لِقِيَاسِ عَسْرِ الْمَاءِ، وَمِنْ ثَمَّ جَرَى الْعَرَفُ عَلَى التَّعْبِيرِ عَنِ الْعَسْرِ بِمَدَى اسْتِهْلَاكِ الْمَاءِ لِلصَّابُونَ حَتَّى يَكُونُ الرَّغْوَةُ الْمَطْلُوبَةُ لِلْغَسِيلِ. وَلَقَدْ وَجِدَ أَنَّ زِيَادَةَ اسْتِهْلَاكِ الصَّابُونَ تَعُودُ فِي الْمَقَامِ الْأَوَّلِ إِلَى زِيَادَةِ مَحْتَوَى الْمَاءِ مِنَ الْكَاتِيُونَاتِ الثَّنَائِيَةِ لِلْكَالْسِيُومِ وَالْمَاغْنِيسِيُومِ. وَبِالرَّغْمِ مِنْ أَنَّ وَجُودَ الْكَاتِيُونَاتِ الْأُخْرَى الْاسْتِرَنْشِيُومِ وَالْبَارِيُومِ وَالْمَنْجَنِيزِ وَالزَّنْكَ وَالْحَدِيدِ وَالْأَلُومِنِيُومِ يَسَاهِمُ فِي زِيَادَةِ اسْتِهْلَاكِ الصَّابُونَ إِلَّا أَنَّ هَذِهِ الْكَاتِيُونَاتِ لَا تَوْجَدُ فِي الْمَاءِ إِلَّا بِتَرْكِيزَاتٍ صَغِيرَةٍ تَجْعَلُ إِسْهَامَهَا فِي الْعَسْرِ الْكُلِيِّ ضَنْيَلًا جَدًّا. وَمِنْ ثَمَّ اصْطَلَحَ عَلَى أَنَّ الْمَسَبِّبَ الرَّئِيسِيَّ لِعَسْرِ الْمَاءِ هُوَ وَجُودُ كَاتِيُونَاتِ الْكَالْسِيُومِ وَالْمَاغْنِيسِيُومِ بِصَرَفِ النَّظَرِ عَنِ نَوْعِ الشَّقِّ الْحَامِضِي (الْأَنْيُونَاتِ) وَالَّتِي مِنْ الْمُمْكِنِ أَنْ تَكُونَ بِيكْرِيُونَاتٍ أَوْ كَرْبُونَاتٍ أَوْ كَبْرِيْتَاتٍ أَوْ كَلُورِيدَاتٍ أَوْ نَيْتْرَاتٍ. وَبِالإِضَافَةِ إِلَى زِيَادَةِ اسْتِهْلَاكِ الصَّابُونَ فِي الْغَسِيلِ فَإِنَّ زِيَادَةَ عَسْرِ الْمَاءِ تُوْدِي إِلَى تَرْسِيبِ الْقَشُورِ فِي الْغَلَايَاتِ كَمَا أَنَّهَا تَسَبِّبُ تَغْيِيرَ طَعْمِ الْمَاءِ.

وبالرغم من أن استخدام المنظفات الصناعية قلل من أهمية أثر عسر الماء في عمليات الغسيل إلا أن الاستخدامات الصناعية خاصة بالنسبة لمراجل البخار ذات الضغط العالي ومياه التبريد في الدوائر المغلقة تستدعي أن يكون الماء منخفض العسر.

وتستخدم طرق المعايرة المعتادة في تعيين درجة عسر الماء التي يعبر عنها عادة بما يكافئ تركيز أيونات الكالسيوم والمغنسيوم من كربونات الكالسيوم وتستخدم في ذلك التعبيرات التالية:

درجة العسر	تركيز كربونات الكالسيوم المكافئ (مجم/لتر)
ماء يسر	صفر-٧٥
ماء متوسط العسر	٧٥-١٥٠
ماء عسر	١٥٠-٣٠٠
ماء عسر جدا	أكثر من ٣٠٠

ويُعتَبَرُ الماء نموذجياً إذا كان عسره الكلي من ٧٥ إلى ٨٥ مجم/لتر ككربونات كالسيوم. ومن المفضل ألا يزيد عسر مياه الاستخدامات المنزلية عن ١٥٠ مجم/لتر. وبالرغم من أن الماء منخفض العسر له مميزات واضحة، إلا أن اليسر المتناهي له بعض المساوئ، إذ أن مثل هذا الماء قد يؤدي إلى تآكل الأنابيب الناقلة له فتذوب فيه مكونات أكثر ضرراً. كما أن إزالة عسر الماء Water softening إذا تولد عنها زيادة كبيرة في محتوى الماء من الصوديوم فإن ذلك قد يوقع في محذور آخر إذا ما ازداد محتوى الصوديوم عن الحدود المسموح بها لأولئك الذين يعيشون على نظام غذائي محدود الصوديوم Restricted sodium diet كمرضى القلب أو الذين يعانون من ارتفاع في ضغط الدم.

وهناك مقاييس مختلفة للعسر منها:

\* وحدة قياس عسر الماء الإنجليزية (E14) English degree of hardness وتساوي ١٠ مجم كربونات كالسيوم في كل ٠,٧ لتر (٦٠٠ ميلي لتر).

\* وحدة قياس عسر الماء الفرنسية (F37) French degree of hardness وتساوي ١٠ مجم كربونات كالسيوم في اللتر.

\* وحدة قياس عسر الماء الألمانية (G3) German degree of hardness وتساوي ١٠ مجم أكسيد كالسيوم في اللتر.

## H2

### Hardness, Temporary<sup>(1)</sup>

### العسر المؤقت

يطلق اسم العسر المؤقت على محتوى الماء من الكالسيوم والماغنسيوم الموجود في الماء على هيئة بيكربونات ولقد سمي مؤقتاً لأنه يزول بالغليان إذ تتحول البيكربونات إلى كربونات التي تتفصل على هيئة راسب.

## H3

### Hardness, Total<sup>(1)</sup>

### العسر الكلي

يطلق اسم العسر الكلي على ما يكافئ محتوى الماء من الكالسيوم والماغنسيوم (مهما كانت صورة الشق الحامضي) محسوبا ككربونات كالسيوم ويسمى العسر الناتج عن الكربونات والبيكربونات عسر الكربونات Carbonate hardness والناتج عن الكلوريدات والنترات والكبريتات عسر اللاكربونات Noncarbonate hardness.

H4

#### Head loss (Pressure drop)<sup>(20)</sup> فاقد الضغط

مقياس للطاقة التي يفقدها السائل (أو الغاز) بسبب المقاومة التي يلاقيها أثناء سريانه، وينتج هذا الفاقد عادة عند دخول السائل أو خروجه من المجرى الذي يسري خلاله أو بسبب احتكاكه بجدران المجرى أو بسبب تغير في المقطع أو عند مروره خلال الصمامات أو مغيرات الاتجاه أو ما شابهها من القطع المستخدمة في وصل الأنابيب Pipe fittings .

H5

#### Heat capacity<sup>(6,11)</sup> السعة الحرارية

ترتفع درجة حرارة جسم ما باكتسابه كمية من الحرارة. ويتناسب الارتفاع في درجة الحرارة تناسباً طردياً مع كمية الحرارة المكتسبة

كمية الحرارة  $\alpha$  (الارتفاع في درجة الحرارة)

ويطلق على ثابت العلاقة بينهما اسم السعة الحرارية

كمية الحرارة = السعة الحرارية (الارتفاع في درجة الحرارة)

ومن ثم تكون السعة الحرارية هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كم معين من المادة درجة حرارة واحدة.

وبما أن اكتساب الحرارة من الممكن أن يحدث عند ضغط ثابت أو عند حجم ثابت وعليه فإنه من اللازم تعريف السعة الحرارية تبعاً للطريقة التي يتم بها تزويد الجسم بالحرارة، فهناك السعة الحرارية عند حجم ثابت (Cv) والسعة الحرارية عند ضغط ثابت (Cp) ومما تجدر الإشارة إليه أنه في حالة اكتساب الحرارة عند حجم ثابت فإن الطاقة المكتسبة تستخدم في زيادة محتوى الجسم من الطاقة (Internal energy) الذي يظهر أثره في ازدياد درجة الحرارة، أما إذا تمت العملية عند ضغط ثابت في وضع يسمح بتغيير الحجم فإن الطاقة المكتسبة تستخدم في غرضين، فإلى جانب زيادة درجة الحرارة فإنها تسمح بقيام المجموعة بالعمل اللازم لزيادة الحجم.

وتختلف الوحدات التي تستخدم في التعبير عن السعة الحرارية باختلاف وحدات الطاقة المستخدمة وكمية المادة، فإذا أخذنا مولا من المادة (وزناً يساوي الوزن الجزيئي) فإننا نحصل على السعة الحرارية المولالية. وإذا أخذنا وحدة كتلة كالجرام فإننا نحصل على السعة الحرارية الجرامية والتي عادة ما يستخدم معها الكالوري كوحدة للطاقة الحرارية مع درجة الحرارة بالتدريج المئوي ومن ثم تكون وحدات السعة الحرارية (كالوري/جم °م) وفيما يلي أمثلة للوحدات التي تستخدم في العادة:

كمية المادة	درجة الحرارة	كمية الحرارة	وحدات السعة الحرارية
مول جرامي	°م	كالوري/جول	Cal/gm mol°C
مول رطلي	°ف	وحدة حرارة بريطانية	Btu/lb mol°F
جم	°م	كالوري/جول	Cal/gm°C
رطل	°ف	وحدة حرارة بريطانية	Btu/lb°F
كجم	°ك	جول	Joule/Kg°K

ومما هو جدير بالذكر أن الماء يعد من أعلى السوائل سعة حرارية والسعة الحرارية للماء عندما يحتوي على مواد ذائبة أقل منها للماء النقي وتخفض سعته الحرارية بارتفاع تركيز المواد الذائبة فيه ومن ثم فإن السعة الحرارية لماء البحر تقل كلما زاد تركيزه كما يتضح من الجدول (٦).

H6

Heat content

المحتوى الحراري

أنظر الإنثالبيا (E16) Enthalpy

H7

Heat exchanger<sup>(20)</sup>

مبادل حراري

جهاز يتم فيه فقدان الحرارة من مائع (سائل أو غاز) درجة حرارته مرتفعة وانتقالها إلى مائع آخر درجة حرارته منخفضة، وعادة ما يتم ذلك بانتقال الحرارة خلال سطح صلب يفصل بين المائعين ويمنع امتزاجهما كأن يمر أحدهما داخل أنابيب ويمر الآخر خارجها.

وإذا كان الغرض الأساسي هو التسخين سمي المبادل الحراري مُسخن Heater وإذا كان المطلوب هو تبريد سائل ساخن فإنه يسمى مُبرّد Cooler. كما أنه قد ينتج عن انتقال الحرارة تغيير في حالة المادة كما يحدث في المكثفات Condensers حيث يتحول البخار إلى سائل وكما يتم في المبخرات Evaporators عندما يتحول السائل إلى بخار.

جدول (٦)  
الحرارة النوعية لماء البحر

ملوحة ماء البحر (جم/لتر)							درجة الحرارة
٥٠	٤٠	٣٤.٤١٦	٣٠	٢٠	١٠	ماء	م
٠.٩٣٧	٠.٩٤٩	٠.٩٥٥	٠.٩٦١	٠.٩٧٣	٠.٩٨٦	٠.٩٩٩٥	٢٠
٠.٩٣٩	٠.٩٥٠	٠.٩٥٧	٠.٩٦٢	٠.٩٧٤	٠.٩٨٦	٠.٩٩٨٧	٣٠
٠.٩٤١	٠.٩٥٢	٠.٩٥٨	٠.٩٦٣	٠.٩٧٤	٠.٩٨٦	٠.٩٩٨٧	٤٠
٠.٩٤٢	٠.٩٥٣	٠.٩٥٩	٠.٩٦٤	٠.٩٧٥	٠.٩٨٧	٠.٩٩٩٢	٥٠
٠.٩٤٣	٠.٩٥٤	٠.٩٦٠	٠.٩٦٥	٠.٩٧٦	٠.٩٨٨	١.٠٠٠١	٦٠
٠.٩٤٤	٠.٩٥٥	٠.٩٦١	٠.٩٦٦	٠.٩٧٧	٠.٩٨٩	١.٠٠١٣	٧٠
٠.٩٤٦	٠.٩٥٧	٠.٩٦٣	٠.٩٦٨	٠.٩٧٩	٠.٩٩١	١.٠٠٣٠	٨٠
٠.٩٤٧	٠.٩٥٨	٠.٩٦٥	٠.٩٦٩	٠.٩٨١	٠.٩٩٣	١.٠٠٥١	٩٠
٠.٩٤٩	٠.٩٦٠	٠.٩٦٧	٠.٩٧٢	٠.٩٨٣	٠.٩٩٥	١.٠٠٧٦	١٠٠
٠.٩٥٢	٠.٩٦٣	٠.٩٦٩	٠.٩٧٤	٠.٩٨٦	٠.٩٩٨	١.٠١٠٧	١١٠
٠.٩٥٤	٠.٩٦٦	٠.٩٧٢	٠.٩٧٧	٠.٩٨٩	١.٠٠١	١.٠١٤٥	١٢٠
٠.٩٥٧	٠.٩٦٩	٠.٩٧٥	٠.٩٨١	٠.٩٩٣	١.٠٠٥	١.٠١٨٩	١٣٠
٠.٩٦١	٠.٩٧٣	٠.٩٧٩	٠.٩٨٥	٠.٩٩٧	١.٠١٠	١.٠٢٤٠	١٤٠
٠.٩٦٥	٠.٩٧٧	٠.٩٨٤	٠.٩٨٩	١.٠٠٢	١.٠١٦	١.٠٣٠٠	١٥٠
ملوحة ماء البحر (جم/لتر)							درجة الحرارة
١٢٠	١١٠	١٠٠	٩٠	٨٠	٧٠	٦٠	م
٠.٨٦٧	٠.٨٧٦	٠.٨٨٥	٠.٨٩٤	٠.٩٠٤	٠.٩١٥	٠.٩٢٦	٢٠
٠.٨٧٠	٠.٨٧٩	٠.٨٨٨	٠.٨٩٧	٠.٩٠٧	٠.٨١٩	٠.٩٢٨	٣٠
٠.٨٧٢	٠.٨٨١	٠.٨٩٠	٠.٩٠٠	٠.٩٠٩	٠.٩٢٠	٠.٩٣٠	٤٠
٠.٨٧٣	٠.٨٨٢	٠.٨٩١	٠.٩٠١	٠.٩١١	٠.٩٢١	٠.٩٣١	٥٠
٠.٨٧٤	٠.٨٨٣	٠.٨٩٣	٠.٩٠٢	٠.٩١٢	٠.٩٢٢	٠.٩٣٢	٦٠
٠.٨٧٥	٠.٨٨٤	٠.٨٩٤	٠.٩٠٣	٠.٩١٣	٠.٩٢٣	٠.٩٣٤	٧٠
٠.٨٧٦	٠.٨٨٥	٠.٨٩٥	٠.٩٠٥	٠.٩١٥	٠.٩٢٥	٠.٩٣٥	٨٠
٠.٨٧٨	٠.٨٨٧	٠.٨٩٦	٠.٩٠٦	٠.٩١٦	٠.٩٢٦	٠.٩٣٧	٩٠
٠.٨٧٩	٠.٨٨٩	٠.٨٩٨	٠.٩٠٨	٠.٩١٨	٠.٩٢٨	٠.٩٣٩	١٠٠
٠.٨٨١	٠.٨٩٠	٠.٩٠٠	٠.٩١٠	٠.٩٢٠	٠.٩٣٠	٠.٩٤١	١١٠
٠.٨٨٢	٠.٨٩٢	٠.٩٠٢	٠.٩١٢	٠.٩٢٢	٠.٩٣٣	٠.٩٤٣	١٢٠
٠.٨٨٤	٠.٨٩٤	٠.٩٠٤	٠.٩١٤	٠.٩٢٤	٠.٩٣٥	٠.٩٤٦	١٣٠
٠.٨٨٥	٠.٨٩٥	٠.٩٠٦	٠.٩١٦	٠.٩٢٧	٠.٩٣٨	٠.٩٤٩	١٤٠
٠.٨٨٧	٠.٨٩٨	٠.٩٠٨	٠.٩١٩	٠.٩٣٠	٠.٩٤١	٠.٩٥٣	١٥٠

H8

Heat flux<sup>(20)</sup>

معدل التدفق الحراري

إذا عرفنا أن معدل انتقال الحرارة (Q) Heat transfer rate هو كمية الحرارة التي تمر خلال سطح معين في وحدة الزمن فإن معدل التدفق الحراري يتم تعريفه على أنه معدل انتقال الحرارة لكل وحدة سطح (Q/A) أي كمية الحرارة التي تنتقل في وحدة الزمن خلال وحدة سطح ومن ثم تكون الوحدات المستخدمة لمعدل التدفق هي مثلاً كالوري في الساعة لكل متر مربع أو وحدة حرارية بريطانية في الساعة لكل قدم مربع.

H9

Heat, Latent<sup>(11)</sup>

الحرارة الكامنة

عندما نقوم بتسخين سائل ما فإن الحرارة المكتسبة ترفع درجة حرارة السائل إلى أن تصل بها إلى نقطة الغليان (B17) Boiling point وإذا وصلنا إمداد السائل بالحرارة فإن السائل يبدأ في التحول إلى بخار مع بقاء درجة حرارته ثابتة عند نقطة الغليان ويطلق على كمية الحرارة اللازمة لتحويل كمية معينة من سائل ما إلى بخار عند نقطة غليانه اسم الحرارة الكامنة للتبخير Latent heat of vaporization. وكما أن هناك طاقة كامنة للتحويل من سائل إلى بخار فإن هناك طاقة كامنة للتحويل من سائل إلى مادة صلبة، فلكي يتجمد سائل ما فإنه يلزم أولاً خفض درجة حرارته إلى درجة التجمد Freezing point ومن ثم يلزم نزع الحرارة الكامنة للتجمد (عند نقطة التجمد Latent heat of freezing) حتى يتم تحويل السائل إلى مادة صلبة.

والماء من أعلى السوائل حرارة كامنة للتبخير (٥٤٠ كالوري لكل جرام عند ١٠٠ م وواحد جوي) أما الحرارة الكامنة لتجميد الماء عند الصفر المئوي فهي ٨٠ كالوري لكل جرام. ومما هو جدير بالذكر أن الحرارة الكامنة للتكثيف وهي الحرارة التي يفقدها البخار عندما يتحول إلى سائل تساوي رقمياً الحرارة الكامنة للتبخير وبالمثل فالحرارة الكامنة للانصهار تساوي الحرارة الكامنة للتجميد. [انظر أيضاً الحرارة النوعية (S45)].

H10

Heat recovery stages

مراحل استعادة الحرارة

انظر (R6) Recovery stages, Heat

H11

Heat rejection stages

مراحل طرد الحرارة

أنظر (R10) Rejection stages, Heat

H12

Heat, Sensible<sup>(11)</sup>

الحرارة المحسوسة

يطلق اسم الحرارة المحسوسة على الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها جسم ما دون أن تتغير حالة المادة من السيولة إلى الغازية أو من السيولة إلى الحالة الصلبة أو العكس. وتسمى محسوسة لأن أثر اكتسابها يظهر جلياً على شكل ارتفاع في درجة الحرارة وفقدانها يتولد عنه انخفاض في درجة الحرارة، على عكس الحرارة الكامنة (H9) Heat, Latent التي يتم اكتسابها أو فقدانها عند درجة حرارة ثابتة. والحرارة المحسوسة يجري حسابها كما يلي:

الحرارة المحسوسة = (كتلة الجسم)(الحرارة النوعية)(الارتفاع أو الانخفاض في درجة الحرارة)

H13

Heat transfer<sup>(20,27,28)</sup>

انتقال الحرارة

تنتقل الحرارة من مكان إلى آخر بطرق ثلاث هي: التوصيل Conduction، الحمل Convection،

الإشعاع Radiation .

التوصيل:

تنتقل الحرارة من موضع درجة حرارته عالية إلى موضع آخر درجة حرارته أقل من الموضع الأول في نفس الجسم، أو في جسم آخر ملامس له تمام التلامس، عن طريق تصادم جزيئات المادة بفعل طاقتها الحركية. وعندما تتصادم الجزيئات المتجاورة ينتقل جزء من طاقة الجزيئات الأعلى في درجة الحرارة إلى جاراتها من الجزيئات، ويستمر ذلك حتى تتساوى الجزيئات في طاقتها أو في درجة حرارتها. وفي حالة ما إذا كان هناك مصدر يمد النظام System بالحرارة وآخر يمتصها أو يبدها بحيث تتكون حالة من التوازن (الاتزان) Equilibrium بفعل وجود قوة دافعة للحرارة Driving force هي فرق درجة الحرارة بين الموضعين، عندئذ يستمر انتقال الحرارة بالتوصيل بمعدل (Q<sub>k</sub>) يتناسب طردياً مع معدل تناقص درجة الحرارة مع المسافة في اتجاه سريان



الحرارة (dt/dx) ومع مساحة السطح الذي تنتفق خلاله الحرارة (A) أما ثابت التناسب فهو ما يسمى بالموصلية الحرارية (T3) Thermal conductivity ومن ثم يكون معدل انتقال الحرارة بالتوصيل:

$$Q_k = -kA \left( \frac{dt}{dx} \right)$$

وبالنسبة لسريان الحرارة بالتوصيل في اتجاه واحد خلال جدار سمكه x ودرجة حرارة سطحه  $t_1$  و  $t_2$  حيث  $t_2 < t_1$  يكون معدل السريان كما يلي:

$$Q_k = -kA \frac{(t_1 - t_2)}{x}$$

يطلق على  $x/Ka$  اسم المقاومة الحرارية، فإذا كان الانتقال الحراري خلال عدد من الجدران المتلاصقة من مواد مختلفة فإن مقاومة كل جدار تكون  $x_i/k_i A_i$  ولما كانت هذه المقاومات متصلة على التوالي فإن المقاومة الكلية للنظام  $R_i$  تكون:

$$R_i = \sum R_i = \sum \frac{x_i}{k_i A_i}$$

ويكون مجموع فرق درجات الحرارة  $\sum \Delta t_i$  بين السطوح المتوالية لهذه الجدران  $\Delta t$  هو الفرق الكلي بين أعلى درجة حرارة وأقل درجة حرارة من هذه السطوح

$$\Delta t = \sum \Delta t_i$$

ولذلك فعند الاتزان يكون معدل سريان الحرارة بالتوصيل في مثل هذا النظام

$$Q_k = \frac{\Delta t}{\sum R_i}$$

#### انتقال الحرارة بالحمل:

تنتقل الحرارة من سطح صلب إلى الموائع (السوائل والغازات) الملامسة له بالحمل Convection وهو حركة جزيئات المائع إما بفعل التغير الطبيعي الذي يحدث مع تناقص الكثافة بارتفاع درجة الحرارة، ويكون الانتقال في هذه الحالة على هيئة حركة تجعل المائع (مرتفع الحرارة منخفض الكثافة) يتحرك عكس الجاذبية (إلى أعلى) ليحل محل الجزيئات الأقل في درجة الحرارة والأكثر كثافة وبذلك تتولد تيارات تسمى تيارات الحمل الطبيعي (Natural convection currents).

وهناك نوع آخر من تيارات الحمل يتحرك فيها المائع تحت تأثير قوة ميكانيكية كالضخ فتنتقل معها الحرارة وتسمى هذه تيارات الحمل القسري Forced convection currents. وانتقال

الحرارة بالحمل سواء كان طبيعيا أو قسريا يشتمل أيضا على انتقال بالتوصيل ولو بنسبة صغيرة. ويعبر عن معدل انتقال الحرارة بالحمل  $Q_c$  بما يلي:

$$Q_c = h_c A (t_1 - t_2)$$

وتسمى  $h_c$  معامل انتقال الحرارة بالحمل Convection heat transfer coefficient وتعتمد قيمة هذا المعامل على نوع المائع وخصائصه والحالة الهيدروديناميكية السائدة أثناء السريان وما إلى ذلك، ومن ثم فإن قيمته تختلف اختلافا كبيرا من حالة إلى أخرى كما يتضح من الأمثلة التالية:

W/m <sup>2</sup> K	KCal/hrm <sup>2</sup> °C	
٥٠٠٠٠-١٧٠٠	٤٥٠٠٠-١٥٠٠	ماء يغلي
١٧٠٠٠-٥٨٠٠	١٥٠٠٠-٥٠٠٠	بخار يتكثف على هيئة طبقة رقيقة
١٧٠٠٠-٣٠٠	١٥٠٠٠-٢٥٠	تسخين أو تبريد ماء
٤٥-١,٢	٤٠-١	تسخين أو تبريد هواء

#### الإشعاع:

انتقال الحرارة على هيئة طاقة إشعاعية لا يحتاج إلى مادة تحمله لأن هذا النوع من الحرارة ينتقل على هيئة موجات حتى في الفراغ الكامل Complete vacuum الذي لا يحتوي على أي نوع من المادة. وتتناسب الطاقة الإشعاعية  $Q_r$  لأي جسم مع درجة الحرارة المطلقة لسطحه مرفوعة للأس ٤ كما يقضي بذلك قانون ستيفان وبولتسمان Stefan-Boltzman law .

$$Q_r = \sigma A T^4$$

حيث:

$\sigma$  ثابت ستيفان وبولتسمان ( $5.67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}^4$ )

A مساحة السطح المشع ( $\text{m}^2$ )

T درجة حرارة السطح (K)

وعندما تنتقل الحرارة في أحد الأجهزة المستخدمة في الصناعة، فهي تنتقل بأكثر من طريقة فمثلا تنتقل الحرارة غالبا في الأفران بالإشعاع والحمل من المواقد إلى السطح الخارجي للأنيب ومن سطح الأنابيب إلى الماء الجاري في الأنابيب بالتوصيل والحمل القسري.

H14

## معامل انتقال الحرارة Heat transfer coefficient<sup>(20,27,28)</sup>

عندما تنتقل الحرارة من نقطة درجة حرارتها مرتفعة إلى نقطة أخرى عندها درجة الحرارة أقل فإن معدل سريان الحرارة لا يتوقف فقط على الفرق في درجة الحرارة ولكن أيضا على مدى المقاومة التي تلاقىها الحرارة أثناء سريانها. وحساب معدل سريان الحرارة خلال الجدران الصلبة الثابتة أيسر من حسابها خلال الموائع (السوائل أو الغازات) أثناء سريانها خلال أو حول أنبوب كما يحدث في أغلب المبادلات الحرارية، إذ أن المقاومة التي تعوق سريان الحرارة ( $R_w$ ) في حالة الجدران الثابتة المستوية تساوي سمك الجدار ( $x_w$ ) مقسوما على الموصلية الحرارية ( $T_3$ ) Thermal conductivity ( $k_w$ ) لمادة الجدار، أما بالنسبة للموائع الجارية فإن المقاومة الحرارية، وهى تتركز في الطبقة المتاخمة Boundary layer (B19) للجدار الداخلي أو الخارجي للأنبوب، تعتمد على سرعة سريان السائل والأبعاد الهندسية للمسار نفسه التي تؤثر على سمك الطبقة المتاخمة وعلى عديد من الخواص الطبيعية للسائل. ومن ثم فقد وجد أنه من الأيسر تعريف معكوس المقاومة وتسميته معامل انتقال الحرارة الموضعي للسائل الداخلي ( $h_i$ ) ومعامل انتقال الحرارة الموضعي للسائل الخارجي ( $h_o$ ) واللذان يمكن استخدامهما لتعريف المعامل الكلي لانتقال الحرارة ( $U$ ) باعتبار أن المقاومة هي معكوس معامل الانتقال والمقاومة الكلية  $1/U$  هي مجموع المقاومات الموضعية بما في ذلك مقاومة جدار الأنبوب ( $R_w$ )

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + R_w + \frac{1}{h_o}$$

ولما كان السطح الخارجي للأنبوب  $A_o = \pi d_o l$  يختلف في قيمته عن السطح الداخلي  $A_i = \pi d_i l$  ولما كان معدل السريان  $Q$  يتناسب طرديا مع السطح ومع فرق درجات الحرارة أى أن:

$$Q = U A \Delta t_m$$

ولما كان من الواجب حساب هذا المعدل على أساس أحد السطحين الداخلي أو الخارجي بحيث لا يؤثر ذلك في قيمة  $Q$ :

ومن ثم فإن المقاومة الكلية لانتقال الحرارة مبنية على السطح الداخلي  $1/U_i$  تكون كما يلي:

$$\frac{1}{U_i A_i} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{x_w}{k_w A_w} + \frac{1}{h_o A_o}$$

وبالتالي فإن المعامل الكلي لانتقال الحرارة مبنيا على السطح الداخلي  $U_i$  يصبح:

$$U_i = \frac{I}{\frac{I}{h_i} + \frac{x_w A_i}{k_w A_w} + \frac{I A_i}{h_o A_o}}$$

وبطريقة مماثلة يمكن استنتاج أن المعامل الكلي لانتقال الحرارة مبنياً على السطح الخارجي هو كما يلي:

$$U_o = \frac{I}{\frac{I}{h_i} + \frac{A_o x_w}{A_i k_w} + \frac{A_o I}{A_w h_w}}$$

حيث  $x_w$  هي سمك الأنبوب و  $A_w$  هي المتوسط بين قيمة  $A_i$  و  $A_o$  و  $k_w$  هي الموصلية الحرارية للمادة المصنوع منها الأنبوب.

H15

Henry's law<sup>(1,5,9,20)</sup>

قانون هنري

عندما يذوب غاز ما (A) في سائل فإن تركيز هذا الغاز في المحلول يتناسب مع الضغط الجزئي لهذا الغاز ( $p_A$ ) وعادة ما يمثل ذلك بالمعادلة التالية:

$$p_A = H x_A$$

حيث

$p_A$  الضغط الجزئي للغاز A في الطور الغازي بالوحدات جوي Atmosphere

$x_A$  تركيز الغاز في المحلول معبراً عنه بالمولالية الجزئية Mole fraction أى مول غاز في كل مول سائل

H ثابت التناسب ويطلق عليه اسم ثابت هنري ووحداته في هذه الحالة تكون (جوي لكل مولالية جزئية)

ويجرى تعيين ثابت هنري لكل غاز عند درجات حرارة مختلفة من صفر إلى ٩٠°م. وفيما يلي قيم H لذوبان الهواء في الماء عند درجات حرارة مختلفة من صفر إلى ٩٠°م:

درجة الحرارة (م)	صفر	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠
ثابت هنري	٤,٣٢	٥,٤٩	٦,٦٤	٧,٧١	٨,٧	٩,٤٦	١٠,١	١٠,٥	١٠,٧	١٠,٨
حيث ثابت هنري ( $10^{-1} \times H$ )										

ومن ذلك يتضح تأثير درجة الحرارة على ذوبانية الغازات في الماء إذ كلما تزداد قيمة هذا الثابت فإن ذلك يعني انخفاضاً في الذوبانية. هذا وتتنخفض ذوبانية الغازات في محاليل الأملاح في الماء كلما زاد تركيز الأملاح فيها، وفيما يلي بيان بقيمة ثابت هنري لبعض الغازات في ماء البحر.

#### ذوبانية بعض الغازات في ماء البحر

ثابت هنري					درجة الحرارة
H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	م°
٠,٠٢٦٨	٠,٠٧٢٨	٢,٥٥	٥,٢٩	٥,٧٩	صفر
٠,٠٣٦٧	٠,١٠٤	٣,٢٧	٦,٦٨	٦,٣٦	١٠
٠,٠٤٨٣	٠,١٤٢	٤,٠١	٨,٠٤	٦,٨٣	٢٠
٠,٠٦٠٣	٠,١٨٦	٤,٧٥	٩,٢٤	٧,٢٩	٣٠
٠,٠٧٤٥	٠,٢٣٣	٥,٣٥	١٠,٤	٧,٥١	٤٠

حيث ثابت هنري (H × 10<sup>-٤</sup>)

## H16

### Hollow fine fibers<sup>(5,6)</sup>

### شعيرات دقيقة جوفاء

شعيرات جوفاء في حجم شعر الرأس يكون قطرها الداخلي حوالي ٤٠ ميكرون والخارجي حوالي ٩٠ ميكرون تصنع عادة من الأميدات الأروماتية Aromatic amides وتستخدم ملايين من هذه الشعيرات لتكوّن الجزء الأساسي من وحدات الأغشية Permeators المستخدمة في تحلية المياه المالحة بالتناضح العكسي. وهناك صنفان من هذه الشعيرات، صنف يستخدم في وحدات الأغشية المستخدمة في تحلية المياه متوسطة الملوحة Brackish water (B20) ومن أمثلتها ما تنتجه إحدى الشركات تحت رقم (B-9) والآخر ما تنتجه نفس الشركة تحت رقم (B-10) ويستخدم في تحلية مياه البحر والشكل (٢٥) يوضح أن الفرق الظاهر بينهما هو سمك الجدار الذي يكون ٢٣,٥ ميكرون في B-9 و ٢٦,٥ ميكرون في B-10 وهذا راجع إلى أن وحدات B-10 تعمل عند ضغوط أعلى بكثير من وحدات B-9. وكما يتضح من الشكل (٢٦) فإن الشعيرات الجوفاء تشبه الأنابيب وبالرغم من أن ملايين منها يتم حشوها داخل قلب وحدة الأغشية إلا أن مياه التغذية إلى هذه الوحدات يمكنها أن تلامس سطح هذه الأنابيب من كافة الاتجاهات واستخدام هذه الشعيرات من شأنه أن يزيد من مساحة السطح الذي يمكن احتواؤه في الوحدة إلى أقصى حد، والذي يصل في وحدات B-9 مثلاً إلى أكثر من ٦٥٠٠ متر مربع لكل متر مكعب من حجم الوحدة.

H17

## مبخّر ذو أنابيب أفقية<sup>(6)</sup> Horizontal tube evaporator

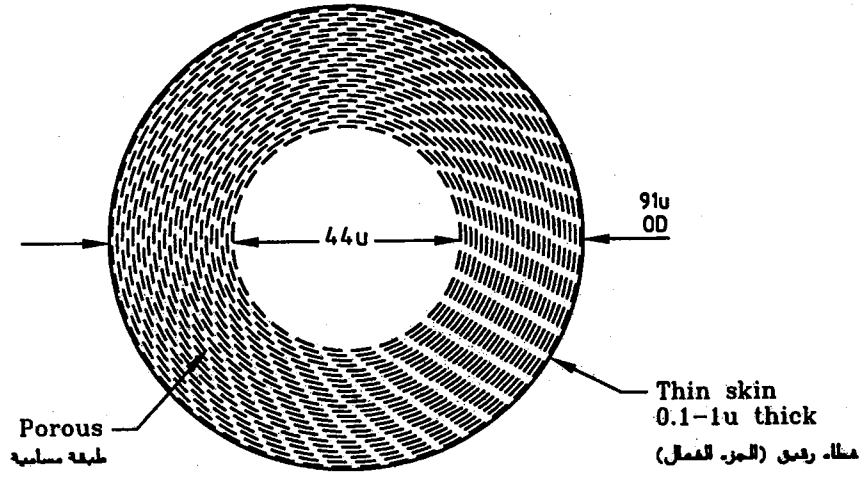
بالرغم من أن المبخرات ذوات الأنابيب الأفقية تعمل بنفس الأسس التي تعمل بها نظيراتها الأكثر انتشاراً من ذوات الأنابيب الرأسية، إلا أن أهم اختلاف بينهما أن المحلول الملحي والبخار يتبادلان موضعيهما إذ يمر المحلول الملحي خلال الأنابيب المصنوفة رأسياً ويتكثف البخار حول الأنابيب التي يتم توزيع المحلول الملحي حولها ليتساقط بفعل الجاذبية فيتبخر جزء منه بفعل الحرارة المكتسبة من تكثيف البخار داخل الأنابيب.

واستخدام الأنابيب في الوضع الأفقي يجعل في الإمكان ترتيب المراحل Stages إما فوق بعضها رأسياً أو بجوار بعضها البعض أفقياً، وليس أفقياً فقط كما يحدث مع المبخرات ذوات الأنابيب الرأسية والتي يصبح وضعها فوق بعضها غير ممكن عملياً. وهذه الميزة تجعل الاستفادة من الجاذبية الأرضية في انتقال المحلول الملحي بين المبخرات ممكن، وهو أمر غير متاح مع المبخرات ذوات الأنابيب الرأسية.

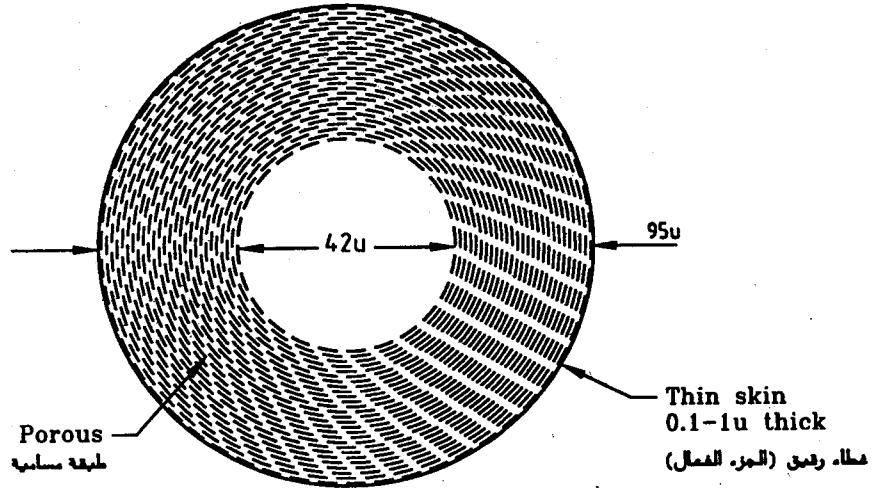
H18

## أحماض الهيوميك<sup>(4,7)</sup> Humic acids

يطلق اسم أحماض الهيوميك وكذلك أحماض الفلوفيك على مجموعة من الأحماض العضوية التي تتكون في الماء كنتيجة لتحلل المواد العضوية النباتية. وهذه الأحماض تتسبب في جعل الماء حمضياً مزيّداً "Frothy" وتعطيه لونا يترأوح بين الأصفر الباهت والبني الداكن. هذا ومن الصعب إزالة هذه الأحماض إلا باستخدام الترشيح الفائق (U1) Ultrafiltration أو التناضح العكسي (R19) Reverse osmosis .

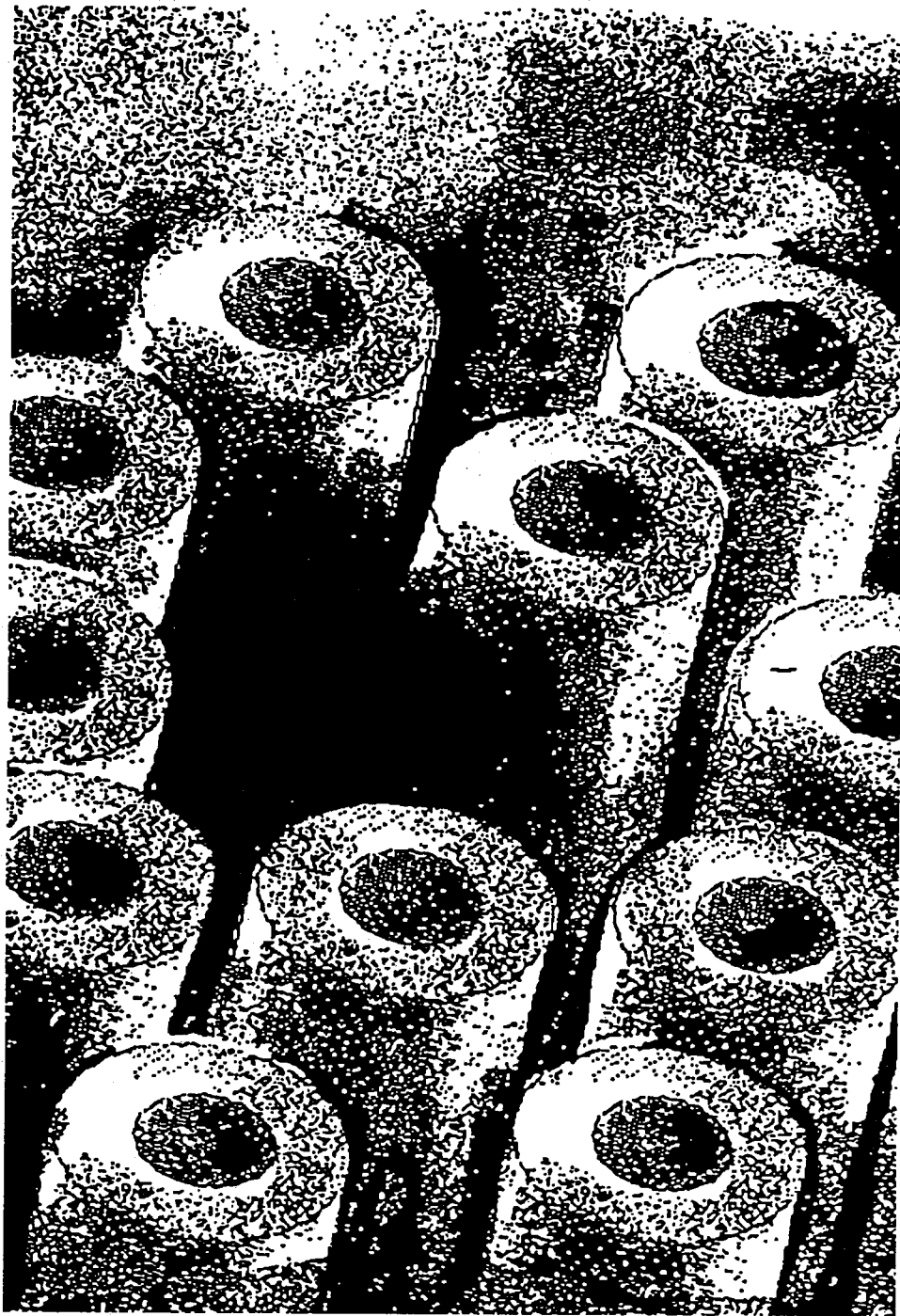


44u (0.0017 inch) 91u (0.0036 inch)  
 شعيرات حلوية المياه متوسطة الملومة (اراميد لاتصاطي )



42u (0.0017 inch) 95u (0.0037 inch)  
 شعيرات حلوية المياه متوسطة الملومة (اراميد لاتصاطي )

شكل (٢٥) ابعاد الشعيرات الدقيقة الجوفاء HFF المستخدمة في التحلية



شكل (٢٦) صورة بالميكروجراف لشعيرات دقيقة جوفاء



H19

Humidity<sup>(20)</sup>

الرطوبة

يتم تعريف الرطوبة على أنها كتلة بخار الماء التي تحملها كتلة معينة من الهواء الجاف (مثلا رطل بخار ماء في كل رطل هواء كامل الجفاف Bone dry air كمقياس لمحتوى الهواء من بخار الماء خاصة في عمليات تكييف الهواء والتجفيف. ومما هو جدير بالذكر أن مقدار الرطوبة التي يستطيع الهواء أن يحملها تزداد بازدياد درجة حرارته وعندما تصل هذه الكمية إلى الحد الذي لا يمكن للهواء أن يحمل أكثر منها يقال أنه وصل إلى درجة التشبع Saturation ، وعندما يكون الهواء مشبعاً وتنخفض درجة حرارته، تنخفض بالتالي قدرته على حمل بخار الماء فيبدأ البخار في التكثف وتسمى درجة الحرارة التي يبدأ عندها ذلك نقطة الندى Dew point [ أنظر أيضا الرطوبة النسبية (R11) ].

H20

Hydrate freezing<sup>(5,6)</sup>

التجميد التميؤي

في هذه الطريقة من طرق التحلية بالتجميد Freeze desalination تضاف إلى الماء مادة عضوية سائلة ويتم تبيخيرها عند درجة حرارة وضغط مناسبين بحيث يرتبط الماء مع جزء من هذه المادة على هيئة مركب متميؤي (هيدرات Hydrate) أما الجزء الآخر فيتبخر وهكذا تقوم المادة العضوية بدور مزدوج كمبرد تلامسي Direct contact refrigerant وكما مادة متميئة. ومن أهم ما يؤمل من هذه الطريقة هو التوصل إلى الاختيار المناسب للمادة التي يمكن تنفيذ العملية بواسطتها عند درجات حرارة قريبة من درجة الحرارة السائدة Ambient temperature ومن ثم يمكن الاستغناء عن مبردات مياه التغذية وأجهزة التخلص من الحرارة مما يتسبب في خفض تكلفة المعدات ومن ثم تكلفة الإنتاج. غير أن المادة الوحيدة التي أمكن التوصل إلى تكوين هيدرات بواسطتها عند حوالي 10°م هي الكلوروفلوروميثان. وهذه إلى جانب محاذيرها البيئية المعروفة فإن البلورات التي تتكون باستخدامها تكون صغيرة جدا ويصعب غسلها لاستعادة الماء المرتبط بها.

H21

Hydraulic loading<sup>(1)</sup>

التحميل الهيدروليكي

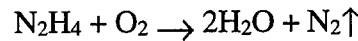
التحميل الهيدروليكي هو عبارة عن كمية مياه الصرف Wastewater التي تجرى معالجتها بإحدى طرق معالجة مياه الصرف مُعَبَّراً عنها بحجم المياه الداخلة إلى وحدة المعالجة في كل وحدة زمن أو حجم المياه الداخلة في كل وحدة زمن مقسوماً على مساحة سطح وحدة المعالجة.

H22

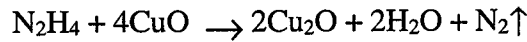
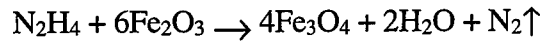
Hydrazine<sup>(4)</sup>

هيدرازين

مركب أميني (NH<sub>2</sub> NH<sub>2</sub>) يستخدم بكثرة كمزيل للأكسجين Oxygen scavenger (O9) من مياه المراجل. ويتم التفاعل بينه وبين الأكسجين كما يلي:



وكما هو واضح فإن نواتج التفاعل تزيد من محتوى الماء من المواد الذائبة وهذه إحدى مزايا الهيدرازين. وبالإضافة إلى تفاعل الهيدرازين مع الأكسجين الذائب في الماء فإنه يختزل أكسيد الحديد والأكسيد النحاسي كما يلي:



ولما كان Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> و Cu<sub>2</sub>O أكثر ثباتاً فإن وجودهما على السطوح يصبح بمثابة حماية لهذه الأسطح من التآكل.

وكمية الهيدرازين اللازمة للتفاعل مع كل جزء في المليون من الأكسجين أو أيون الحديد (Fe<sup>+3</sup>) أو أيون النحاس (Cu<sup>+2</sup>) بجزء في المليون، ٠,٠٤٨ جزء في المليون على التوالي. وفي غلايات الضغط العالي تكون درجة الحرارة السائدة فيها عالية بالقدر الذي يجعل التفاعل بين الأكسجين والهيدرازين سهلاً وسريعاً. أما في الغلايات ذوات الضغط المنخفض نسبياً فقد يحتاج الهيدرازين إلى عامل مساعد يزيد من سرعة التفاعل ويؤكد من فعاليته.

ومن المعتاد استخدام الهيدرازين بكميات أكبر قليلاً من الكميات المطلوبة نظرياً والتي سبق الإشارة إليها بحيث تبقى كمية إضافية منه في مياه الغلاية Boiler water وتختلف الكمية الإضافية هذه باختلاف درجة الحرارة أو الضغط الذي تعمل عنده الغلاية ففي الغلايات التي تعمل عند ضغط قدره ٦٠٠٠

رطل على البوصة أو أقل تكون الكمية الإضافية المطلوبة ٠,١ إلى ٠,٣ جزء في المليون، أما عند الضغوط الأعلى فيكفي وجود ٠,٠٥ إلى ٠,١ جزء في المليون. ولما كانت نقطة اشتعال Flash point الهيدرازين منخفضة نسبياً فمن المعتاد تداوله على هيئة محلول مائي يتراوح تركيزه بين ١٥-٣٠% مما يجعل استعماله آمناً بالقدر الكافي.

H23

Hydraulic turbine

توربين هيدروليكي

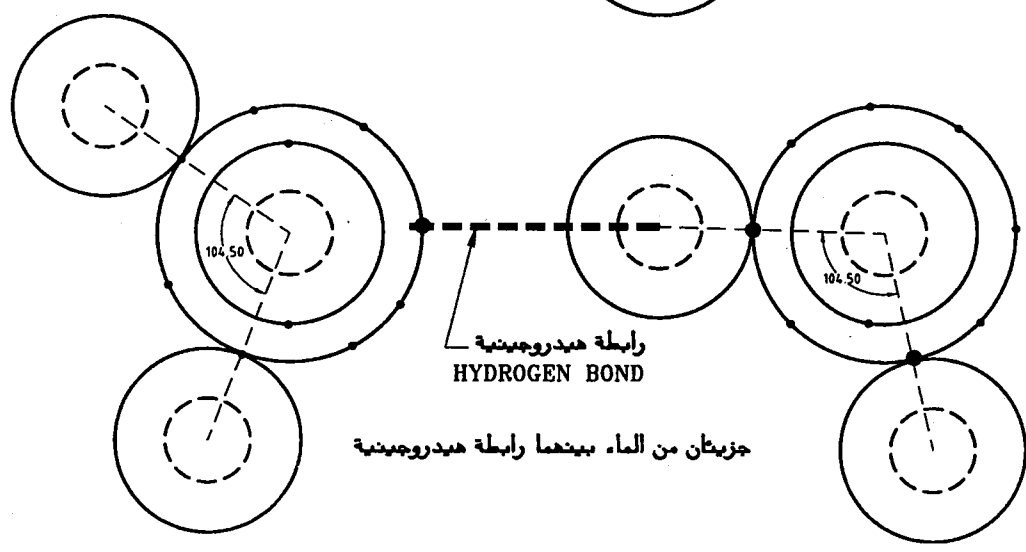
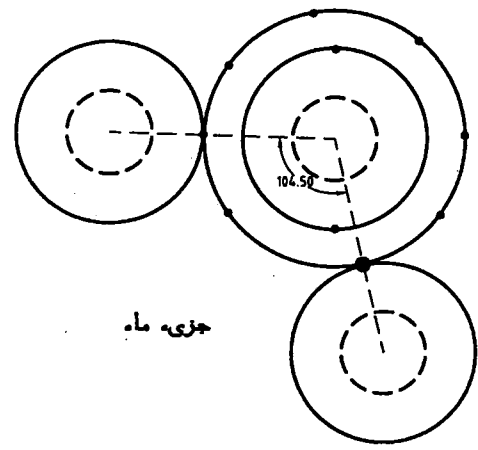
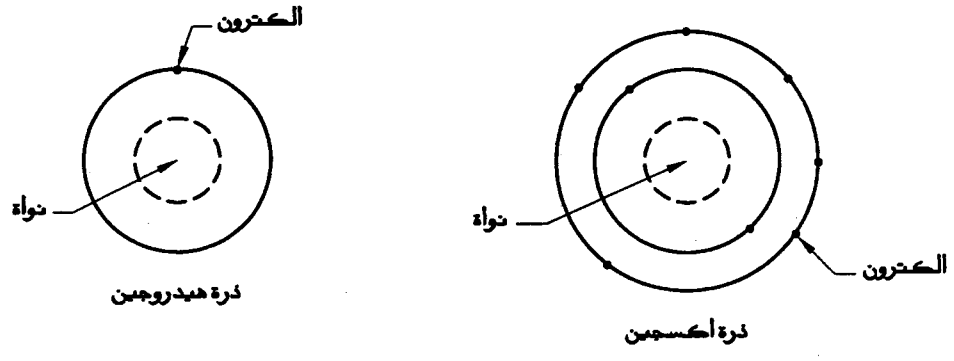
أنظر استعادة الطاقة (E13) Energy recovery.

H24

Hydrogen bonds<sup>(5,6)</sup>

روابط هيدروجينية

إذا نظرنا إلى التركيب الفراغي لجزئ الماء (شكل ٢٧) نجد أن وضع ذرتي الهيدروجين بالنسبة لكل ذرة أكسجين، يجعل الخطين الممثلين لقوة الجذب بين نواة الأكسجين وكل من نواتي ذرتي الهيدروجين ليسا على امتداد واحد بل تتكون بينهما زاوية قدرها ١٠٤,٥ درجة مما يعطي جزئ الماء خاصية القطبية الثنائية، التي يترتب عليها أن يصبح جزئ الماء وكأنه مغناطيس ذو قطبين أحدهما موجب ناحية ذرة الهيدروجين والآخر سالب ناحية ذرة الأكسجين، فإذا تقارب القطب الموجب لأحد جزيئات الماء بالقطب السالب لجزئ آخر يتكون عن ذلك رابطة بين الجزيئين تسمى رابطة هيدروجينية.



الروابط الداخلية -----

الروابط الهيدروجينية - - - - -

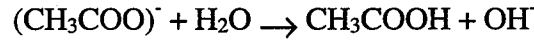
شكل ( ٤٧ ) التركيب الفراغي لجزئيات الماء

H25

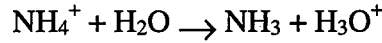
Hydrolysis<sup>(8,9)</sup>

التحلل بالماء / التميؤ

تحلل ملح ما كنتيجة لتفاعل أحد أيوناته أو كلاهما مع الماء. وإذا كان الملح مكونا من حمض ضعيف وقاعدة قوية مثل خلات الصوديوم، فإن أيون الخلات يتفاعل مع الماء لينتج أيونات هيدروكسيل (OH) ومن ثم يصبح المحلول قاعديا أو قلويا



أما إذا كان الملح مكونا من حمض قوي وقاعدة ضعيفة فإن الذي يتمياً هو الأيون الموجب كما يحدث مع كلوريد الأمونيوم بحيث يصبح المحلول حمضيا



وفي حالة الأملاح المكونة من حمض وقاعدة ضعيفين فإن كلا الأيونين يتمياً كما يحدث في حالة خلات الأمونيوم. أما الأملاح المكونة من أحماض وقواعد قوية فلا تتمياً.

H26

Hydrophile<sup>(14)</sup>

الإلف للماء

عندما تكون مادة ما ميالة للارتباط بالماء بروابط فيزيائية فإنه يطلق على هذه الخاصية اسم الإلف للماء وتسمى المادة نفسها مادة آلفة للماء Hydrophilic material .

H27

Hydrophobic<sup>(14)</sup>

نافر من الماء

إذا كانت المادة تنفر من الماء، غير ميالة للارتباط به فإنه يقال أنها نافرة من الماء.

H28

Hydrostatic pressure<sup>(20)</sup>

الضغط الهيدروستاتيكي

الضغط المحسوس في كل الاتجاهات Isotropic والناتج عن وجود كتلة معينة من الماء في حالة سكون في وعاء ما. سواء كان هذا الضغط ناتجا عن وزن الماء فقط أو وزنه بالإضافة إلى الضغط الخارجي الواقع على سطح السائل نفسه، ويمكن قياسه بالارتفاع الذي يصل إليه عامود من الماء متصل بالوعاء نفسه.

H29

Hygroscopicity<sup>(14)</sup>

الميل للتميو

عندما تكون أية مادة وعلى الأخص المسامية منها ميالة لامتصاص الماء الموجود في الهواء الجوي والاتحاد به فإنه يقال عنها ميالة للتميو Hygroscopic ويطلق على الخاصية نفسها اسم الميل للتميو Hygroscopicity ومن أمثلة هذه المواد حامض الكبريتيك المركز وكلوريد الكالسيوم والسيليكا الهلامية Silica gel وهي مواد تستخدم في مجففات المعامل Descicators .

H30

Hyperfiltration

الترشيح الفائق

أنظر Ultrafiltration (U1) .

I1

## اللانفاذية / مناعة ضد التخلل Impermeability<sup>(14)</sup>

هي الخاصية التي تكسب مادة أو طبقة من مادة مناعة ضد مرور الماء خلالها عندما يكون تحت ضغط.

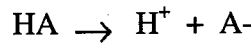
I2

## كشاف Indicator<sup>(2,8)</sup>

يطلق هذا الاسم في مفهومه العام على كل وسيلة قياس تستخدم لبيان القيمة الأتية لمتغير ما، كالضغط ودرجة الحرارة والعمق وسرعة السريان وما إلى ذلك. كما يطلق نفس الاسم على المواد التي تتعرض لتغير مرئي (والذي في الغالب ما يكون في اللون) نتيجة تفاعل كيميائي من نوع معين وعادة ما يحدث ذلك عند قيم محددة للرقم الهيدروجيني للمحلول.

ويكثر استخدام هذا النوع من الكشافات في المعايرة ومن أشهرها كشافات معايرة الأحماض والقويات وهي مواد يتغير لونها عند تركيز معين لأيون الهيدروجيني، أي عند قيمة معينة للرقم الهيدروجيني للمحلول الموجود فيه الكشاف وغالبا ما ينتج ذلك عن تغير داخل جزئيات مادة الكشاف يتولد عنه التغير في اللون.

ولإيضاح عمل الكشاف يكفي أن نتصوره كمادة لونها (أ) تتحلل لتعطي أيونا ذا لون (ب) مختلف عن اللون الأصلي للمادة غير المتأينة.



لون (ب)      لون (أ)

ولما كان هذا التحلل عادة ما يكون جزئيا فإنه بذلك يعتمد على تركيز أيون الهيدروجين في المحلول الذي يضاف إليه الكشاف وبالتالي ففي محاليل الأحماض القوية حيث تركيز أيون الهيدروجين عال (رقمه الهيدروجيني منخفض) وطبقا لقاعدة لوشاتيليه (L6) Chatelier's Principle فإن إضافة الكشاف على مثل هذا المحلول يترتب عليه اتجاه التفاعل ناحية اليسار وبالتالي يكون لون الكشاف في مثل هذه المحاليل هو اللون الأصلي (أ) في حين لو أضيف الكشاف على محلول تركيز الهيدروجين فيه منخفض (رقمه الهيدروجيني عالي) فإن التحلل يكون تاما إلى حد كبير مما يجعل اللون (ب) هو الغالب. وفي جميع الأحوال فإن اللونين يكونان موجودين في نفس الوقت ولكن إذا ما كان تركيز أحدهما أكثر من عشرة أضعاف تركيز الآخر فإن العين المجردة لا ترى سوى اللون ذو التركيز الأعلى.

ويحدث التغير من لون إلى آخر عند قيمة أو حدود معينة للرقم الهيدروجيني تختلف من كشاف إلى آخر كما يتضح مما يلي:

الميثيل البرتقالي	أزرق	أصفر	أحمر
14	9,5	8,0	2,8
الفيولفتالين	أحمر	عديم اللون	←
14	11	9	

ولما كان الهدف الأساسي من المعايرة هو تعيين نقطة التعادل Equivalence point عن طريق إيجاد الحجم من محلول ما يعادل كيميائياً حجماً معيناً من محلول آخر، ونقطة النهاية End point هي النقطة التي عندها توقف المعايرة والتي يجب أن تتناظر نقطة التعادل. ولتحقيق ذلك يجب أن يستخدم الكشاف المناسب الذي يعطي تغيراً واضحاً في اللون عند الرقم الهيدروجيني الصحيح.

I3

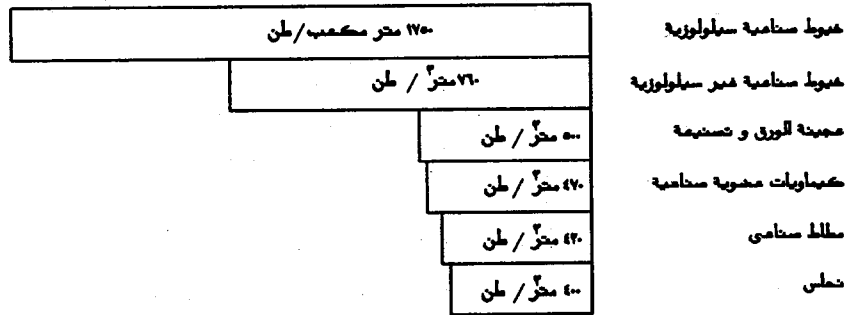
### Industrial waste water<sup>(9,27,28)</sup> مياه الصرف الصناعي

تستخدم الصناعة كميات كبيرة من المياه ويختلف الاحتياج للمياه اختلافاً كبيراً تبعاً لنوعية الصناعة. فمن الصناعات ما تصل احتياجاتها إلى ما يقرب من 1800 متر مكعب لكل طن إنتاج مثل صناعة الخيوط الصناعية السيلولوزية ومنها ما لا يحتاج إلى أكثر من 4 إلى 5 متر مكعب لكل طن كصناعة الأسمت وبيبين الشكل (28) احتياجات الصناعات المختلفة من المياه مقسمة إلى ثلاث مجموعات. وتختلف كمية مياه الصرف الناتجة عن استعمال الماء في الصناعة ودرجة تلوثها باختلاف الغرض المستخدمة فيه المياه، فإذا استخدمت في التبريد مثلاً فسوف لا تقل كميتها إلا بقدر ما تفقده نتيجة للبخار أو التسريب، كما أنها لا تختلف في نوعيتها عن المياه الداخلة.

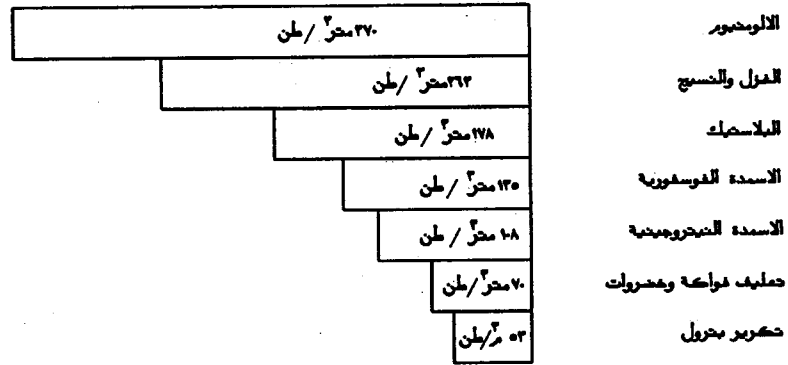
أما النوع الآخر من المياه والذي يسمى عادة بمياه العمليات Process water فقد يتلامس مع الخامات أو يدخل في عملية الإنتاج ذاتها أو كلاهما. ومياه الصرف المتولدة عن هذا النوع من المياه تختلف أيضاً في كميتها ودرجة تلوثها باختلاف نوع الصناعة وطريقة التصنيع ذاتها.



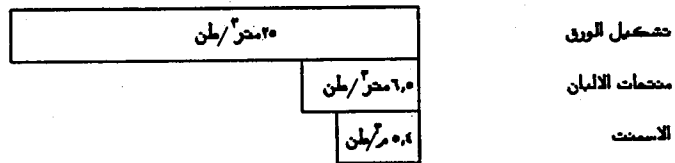
**المجموعة الاولى** تحتاج الى اكثر من ٤٠٠ متر مكعب لكل طن انتاج



**المجموعة الثانية** تحتاج الى اكثر من ٤٠ - ٤٠٠ متر مكعب لكل طن انتاج



**المجموعة الثالثة** تحتاج الى اقل من ٤٠ متر لكل طن



شكل ( ٢٨ ) احتياجات الصناعات المختلفة من المياه

وتختلف نسبة المطلوب من المياه للتبريد إلى مياه العمليات اختلافا كبيرا من صناعة إلى أخرى ففي حين تكون نسبة مياه التبريد حوالي ٩٥% من مجموع المياه المستخدمة في تكرير البترول نجد أن نسبة مياه العمليات ترتفع في صناعة عجينة الورق إلى ٨٠% من مجمل المياه المستخدمة كما يتضح من الشكل (٢٩).

ويتوقف الحكم على مدى تلوث مياه الصرف الصناعي في أغلب الأحوال على المؤشرات الآتية:

الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD (B8)

الاحتياج الكيميائي للأكسجين COD (C16)

الرقم الهيدروجيني pH (P7)

التركيز الكلي للأملاح الذائبة TDS

مجموع المواد الصلبة العالقة TSS

الزيوت والشحوم

I4

Infiltration<sup>(14)</sup>

الرشح/التسرب

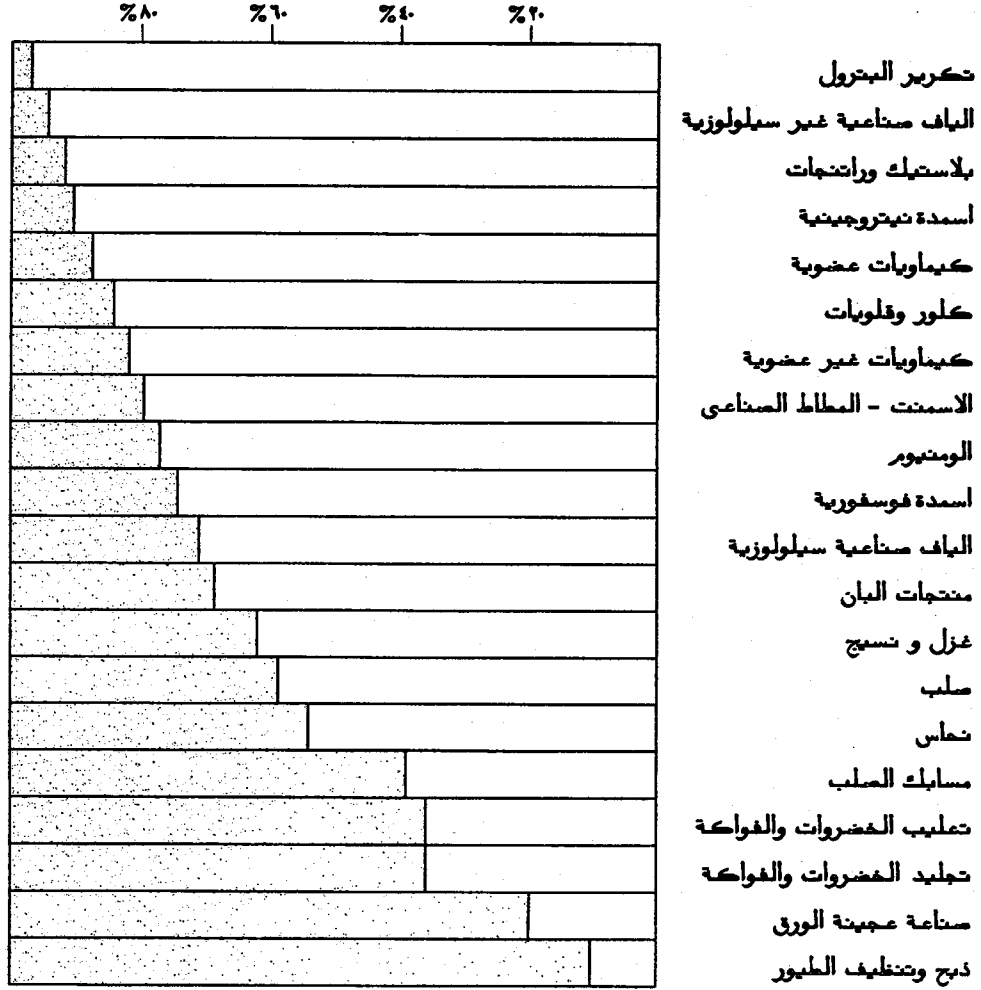
المياه الجوفية التي تتسرب إلى نظام الصرف بسبب عيوب في واحد أو أكثر من مكونات هذا النظام من مواسير ووصلات وخزانات وتتاثر كمية التسرب هذه بالحركة الموسمية للمياه الجوفية. ويظهر اثر التسرب على نظام الصرف في ضرورة زيادة الطاقة التصميمية للنظام وزيادة تكلفة التجميع والمعالجة والتخلص من مياه الصرف.

I5

Insolation, Solar<sup>(27)</sup>

الاشعاع الشمسي

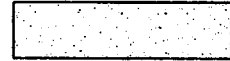
تشع الشمس كما هائلا من الطاقة (٣,٨ × ١٠<sup>٢٣</sup> كيلوات) يتجه منها تجاه الأرض نسبة صغيرة (١,٧ × ١٠<sup>١٤</sup> كيلوات) ويَقْدَّر ما يصل إلى الحدود الخارجية للغلاف الجوي للأرض في المتوسط بما يعادل ١,٣٥٣ كيلوات لكل متر مربع.



نسبة مياه التبريد التي لا تلامس مواد الانتاج  
PERCENTAGE NONCONTACT COOLING WATER



نسبة المياه الداخلة في عمليات التصنيع  
PERCENTAGE PROCESS AND RELATED WATER



شكل ( ٢٩ ) توزيع المياه المستخدمة في الصناعات المختلفة على اغراض استخدامها

ولما كان مدار الأرض حول الشمس يمثل مقطعاً ناقصاً Elliptical فإن الإشعاع الشمسي الساقط على الأرض يختلف باختلاف فصول السنة ففي أوائل يناير حينما تكون الأرض أقرب ما تكون للشمس فإن الإشعاع الشمسي يصل إلى ١,٤٣ كيلووات/متر مربع، وفي شهر يونية عندما تكون الأرض أبعد ما تكون عن الشمس ينخفض هذا الإشعاع إلى ١,٣٣ كيلووات/متر مربع. وعندما يمر الإشعاع الشمسي خلال الغلاف الجوي المحيط بالأرض فإنه يتعرض للعوامل الآتية:

- الامتصاص والتشتت بفعل جزيئات الهواء
- الامتصاص والتشتت بفعل الأتربة العالقة في الجو
- الامتصاص بفعل جزيئات بخار الماء وأول وثاني أكسيد الكربون
- الانعكاس والامتصاص بفعل طبقات السحاب

ويقدر ما يصل إلى سطح الأرض بحوالي ٥٦-٨٣% من الطاقة الآتية من الشمس أي أن هذه الطاقة في المتوسط تعادل ٧٠% مما يصل إلى الغلاف الجوي للأرض أي حوالي ١ كيلووات لكل متر مربع من سطح الأرض.

ولا يتوقف الإشعاع الشمسي الذي يصل الأرض على درجة حرارة الجو ولكن على حالة الجو إذا ما كان صحواً أو غائماً وعلى الزاوية التي يصل بها هذا الإشعاع إلى الأرض. وحتى في أكثر الأيام غماماً فإن ٥٠% من الإشعاع الشمسي يمكن أن يصل إلى سطح الأرض.

I6

Insulation, Thermal<sup>(20,27,28)</sup>

عازل حراري

مادة أو تركيبة من مجموعة من المواد الغرض من استخدامها مقاومة سريان الحرارة مما يؤدي إلى الحفاظ على الطاقة وإلى تسهيل التحكم في درجة الحرارة التي تتم عندها العمليات الصناعية داخل الأوعية أو الأجهزة المعزولة حرارياً. كما أن العزل الحراري يقي العاملين حول هذه المعدات من الخطر عندما تكون درجات الحرارة داخل هذه المعدات عالية جداً. وفي حالة إذا ما كانت العمليات التي تجرى فيها تتم عند درجة حرارة منخفضة (أقل من المحيط الخارجي) فإن عزلها يمنع تكثف بخار الماء أو تكون الثلج على سطوحها. كما أن العزل الحراري يستخدم في المباني لتسهيل التحكم في درجة حرارة أماكن السكنى ولتوفير استهلاك الطاقة المستخدمة في تكييف الهواء.

والمواد التي تستخدم كعوازل حرارية تتميز بانخفاض موصليتها الحرارية Thermal conductivity (T3). ولما كانت مقاومة سريان الحرارة لا تنتج فقط عن انخفاض الموصلية الحرارية ولكن بازدياد سمك الطبقة العازلة ومساميتها (P20) Porosity إذ أن المسام باحتوائها على الهواء ذي الموصلية المنخفضة جداً تزيد من مقاومة سريان الحرارة.

ويبين جدول (٧) طائفة من المواد المستخدمة كعوازل حرارية وكثافتها الظاهرية (كتلة وحدة الحجم بما فيها من مسام) ودرجة الحرارة التي ينصح باستخدام هذه المواد عندها والموصلية الحرارية لكل منها.

I7

Intake<sup>(3.21b,29)</sup>

مدخل/مأخذ

مدخل مياه التغذية إلى وحدات التحلية هو من الأمور التي لم تحظ بالدراسة والنشر بالقدر الذي يتناسب مع أهميته وتأثيره على تشغيل وحدة التحلية ذاتها. ويشتمل موضوع المدخل على الجوانب الرئيسية التالية:

\* اختيار الموقع المناسب

\* الدراسات المبدئية

\* تصميم المدخل ومكوناته

اختيار الموقع

يجب أن يستوفي الموقع الذي يقع عليه الاختيار اشتراطات أساسية تضمن عدم تأثر نوعية المياه الداخلة إلى الوحدة بموقع المدخل من الشاطئ وبموقع المخرج (O7) Outfall ومايدفعه من مياه العادم. ومن الاشتراطات الواجب توافرها في اختيار موقع المدخل ما يلي:

\* لا يزيد التذبذب في درجة حرارة المياه الداخلة عن ١°م

\* لا يزيد التذبذب في درجة التركيز الكلي للأملاح عن ٥٠٠ جزء في المليون

\* أن يكون بعيدا عن موقع المخرج بالقدر الكافي لمنع تأثر الماء الداخل بمياه العادم

\* أن يكون بعيدا عن مصادر التلوث بالزيوت وغيرها من المواد العضوية

الدراسات المبدئية اللازمة

\* دراسة مورفولوجية للشاطئ (بنيته وشكله)

\* دراسة الترسيب في المجرى

\* دراسة مسار الأمواج وأقصى وأدنى ارتفاع لها

جدول (٧)  
خصائص العوازل الحرارية

الموصلية الحرارية كيلو كالوري/ساعة متر م	درجة الحرارة م°	الكثافة الظاهرية جم/سم <sup>٣</sup>	الشكل و المادة	طبيعة العازل الحراري
٠,٠١٧	٤٠	٠,٣٢	رقائق ألومنيوم	غير عضوية (نيفية أو خلوية)
٠,٠٢٦	١٨٠			
٠,٠٦	صفر	٠,٤٧	اسبستوس	
٠,٠٩	صفر	٠,٧٠		
٠,٠٧٥	١٠٠	٠,٥٨		
٠,٠١٧	٣٠	٠,١٦	فلين	عضوية (طبيعية)
٠,٠٢	٢٠	٠,٣٣	اغطية (لباد)	مشكلة
٠,٠٥٤	٢٢٥	٠,٤٤	قوالب دياتوم	
٠,٢٩	٢٠	١,٩	الواح (اسبستوس)	
٠,٠٦٥	٥٠	٠,٩	أفرخ (اسبستوس)	

## تصميم المدخل ومكوناته

تشتمل تجهيزات المدخل عادة على مكونات أساسية لا بد من وجودها كما أن هناك أمور يجب أن تؤخذ في الاعتبار في تصميم المدخل وفيما يلي بيان موجز لهذه وتلك:

(١) تزويد المدخل بالوسائل اللازمة لتخليص الماء من الأعشاب والأصداف والأسماك الصغيرة والعوالق الكبيرة ومن الأجهزة المستخدمة لهذه الأغراض:

- حواجز قضبان Bar racks ومصائد للحشائش Trash rakes
- غرابيل لتخليص المياه من العوالق: غرابيل متحركة Travelling screens - غرابيل قضبان Bar screens - غرابيل ترددية Reciprocating screens - غرابيل اسطوانية Drum screens.

- (٢) حماية المجرى بما يمنع دخول بقع الزيت وتزويده بالوسائل اللازمة لتجميع ما قد يتسرب إليه من زيوت بالرغم من ذلك.
- (٣) تصميم المجرى بحيث لا تزيد سرعة الماء فيه عن ٠,٢٥ متر في الثانية. ويجب أن تكون سرعة ترسيب العوالق بطيئة جدا بحيث لا يحتاج المجرى إلى إزالة ما قد يرسب في قاعه لعشرات السنين.

I8

Ion<sup>(2)</sup>

الأيون

الأيون (ويطلق على الأيونات أيضا اسم الشوارد) هو جزيء أو جزء من جزيء أو ذرة فقد اليكترونا فحمل شحنة كهربائية موجبة أو اكتسب اليكترونا فأصبحت عليه شحنة كهربائية سالبة. ويسمى الأيون موجب الشحنة "كاتيون" (C7) Cation أما الأيون سالب الشحنة فيسمى "انيون" (A31) Anion.

I9

Ion exchange<sup>(1,5,9)</sup>

التبادل الأيوني

عملية تشتمل على تبادل الأيونات بين سائل ومادة صلبة دون أن يحدث تغير جوهري في تكوين المادة الصلبة التي عادة ما تكون من راتنجات التبادل الأيوني Ion exchange resin (I11) وهذه إما أن تكون مبادلات كاتيونات Cation exchange resins أو مبادلات انيونات Anion exchange resins. وتستخدم هذه العملية في تخليص الماء من الأيونات الذائبة غير المرغوب فيها. والتبادل الأيوني هو الجانب الأساسي الذي تتبنى عليه عمليات إزالة عسر الماء Softening (S39) ومعالجة المياه المستخدمة

في الأغراض التي تتطلب درجة عالية من النقاء كمياء الغلايات المولدة للبخار عند الضغوط العالية وذلك بإزالة الأيونات (D9) Deionization . وتشتمل عملية التبادل الأيوني على الخطوات التالية:

١. التبادل Exchange الذي يتم بإمرار الماء المراد تنقيته من أعلى إلى أسفل خلال طبقة الراتنج، وأثناء مرور الماء تتجه الأيونات غير المرغوب فيها من الماء إلى الراتنج حيث يحدث التبادل بينها وبين الأيونات الموجودة على سطح الراتنج والتي لا ضرر في وجودها في الماء فتتجه هذه إلى الماء ويستمر هذا التبادل حتى ينتشبع الراتنج عندما تشغل جميع المراكز الفعالة على سطحه بالأيونات غير المرغوب في وجودها في الماء ومن ثم يوقف إمرار الماء.

٢. الغسيل العكسي Backwash وهو إمرار تيار من الماء في اتجاه عكس الاتجاه المستخدم أثناء التبادل الأيوني، أي من أسفل إلى أعلى، مما يساعد على تخليص حبيبات الراتنج من المواد العالقة التي تكون قد احتُجزت عليها بالإضافة إلى خلخلة مهد الراتنج بحيث ينتظم توزيع الماء خلاله.

٣. تجديد الفعالية Regeneration بإمرار محلول ملحي أو حامض أو مادة قلوية حسب نوعية الراتنج وذلك في اتجاه من أعلى إلى أسفل. وفي هذه الخطوة يحدث تبادل أيوني يتخلص الراتنج عن طريقه من الأيونات الغير مرغوب فيها بحيث يستعيد فعاليته التي كان يتمتع بها عند بداية الدورة.

٤. الإحلال Displacement يمرر تيار ماء من أعلى إلى أسفل لتخليص مهد الراتنج من المادة المستخدمة لتجديد فعاليته.

٥. الغسيل Rinse يمرر تيار ماء في نفس الاتجاه ولكن بسرعة للتخلص من آخر بقايا المادة المستخدمة في تجديد الفعالية.

ومما هو جدير بالذكر أن تمرير الماء المراد معالجته والمواد المستخدمة في تجديد الفعالية في نفس الاتجاه يعوق الاستخدام الأمثل لهذه المواد خاصة مع مبادلات الكاتيونات القوية (كالمحتوية على مجموعة السلفونات) وكذلك مبادلات الأيونات القوية (كالمحتوية على مجموعات الأمونيوم الرباعية) إذ تتراوح كفاءة الاستخدام ما بين ٢٠ إلى ٥٠%، أما في حالة مبادلات الكاتيونات الضعيفة (المحتوية على مجموعة الكاربوكسيل) ومبادلات الأنيونات الضعيفة (المحتوية على مجموعة الأمين) فإن هذه الكفاءة تصل إلى ما يقرب من ١٠٠%. وعادة ما يستعاض عن استعمال كميات كبيرة من الكيماويات لتجديد الفعالية تجديدا كاملا، باستخدام كميات من راتنج التبادل الأيوني لها طاقة تبادل كلية أكبر كثيرا مما هو مطلوب نظريا على أن يكفي بتجديد فعاليتها تجديدا جزئيا. غير أن هذه الطريقة تسترک الجزء الأكبر من الراتنج محتويا على أيونات غير مرغوب فيها مما يعرض الماء المنتج للتلوث بها.



لكل هذه المصاعب فقد توالت المحاولات لإدخال تعديلات في طريقة العمل تجعل العملية أكثر فاعلية وأكثر حرصاً على نوعية الماء المنتج مع التوفير في استهلاك مستعبدات الفعالية Regenerants ومن هذه التعديلات:

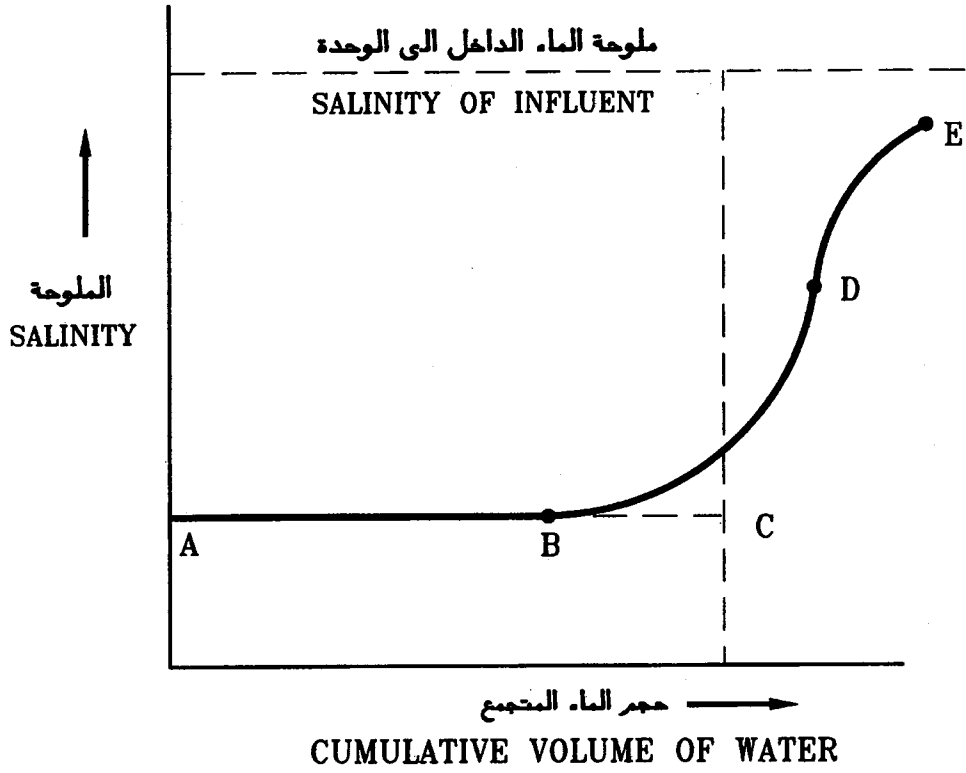
١. تجديد الفعالية في اتجاه عكس اتجاه تيار الماء اثناء التبادل Countercurrent regeneration .
٢. استخدام وحدات متعددة المراحل Multistage treatment .
٣. استخدام راتنجات التبادل الضعيفة ما أمكن ذلك.
٤. المعالجة المسبقة للماء بغرض تخفيف العبء الملقى على المبادلات وذلك بإزالة جزء من العسر بالمعالجة بالجير Lime softening (L10) أو بالتناضح العكسي (R19) Reverse Osmosis أو بالترشيح متناهي الدقة (النانومترى) (N1) Nanofiltration.

I10

## نقطة الاختراق في التبادل الأيوني

### Ion exchange breakthrough point<sup>(1,5,9)</sup>

يبين الشكل (٣٠) تغير ملوحة الماء الخارج من عملية التبادل الأيوني مع حجم هذا الماء. وإذا كانت النقطة C تمثل حجم الماء الداخل الذي به أيونات تعادل في مجموعها الطاقة التبادلية الكلية Ion exchange capacity (I12) فإنه إذا أمكن نظرياً الاستفادة من الطاقة الكلية هذه مع الحصول على ماء خال تماماً من الأيونات فإن الخط AC سوف يمثل مسار هذه العملية. فكما هو معروف فإن ذلك غير ممكن من الناحية العملية، فما يحدث هو أن الماء يستمر في الخروج خالياً من الأيونات حتى يصل إلى نقطة B (تعادل من ٣٠ إلى ٨٠% من الطاقة التبادلية الكلية) وعندها يبدأ تركيز الأيونات في الزيادة حتى يصل إلى قيمة تركيزه في الماء الداخل ويتبع في ذلك المسار BDE والنقطة B هي النقطة التي عندها تبدأ بعض الأيونات في اختراق مهد الراتنج دون أن يتمكن هذا المهد من تثبيتها على سطح حبيباته، ومن ثم تسمى نقطة الاختراق Breakthrough point. وإذا كان الماء المطلوب إنتاجه يجب أن يكون خالياً تماماً من الأيونات Deionized water فإن عملية التبادل الأيوني يجب أن تتوقف عند هذه النقطة. غير أنه في الغالبية العظمى من الحالات يكون الغرض الذي



شكل ( ٢٠ ) رسم توضيحي لمنحنى الاختراق  
لمهد ثابت من راتنج تبادل ايونى

BREAKTHROUGH CURVE FOR FIXED-BED ION-EXCHANGE

سيستخدم فيه الماء بحيث يسمح بتركيز معين من الأيونات (مثلا في حالة ماء الشرب ٥٠٠ جزء في المليون). ومن خلال تحديد التركيز المسموح به يمكن اختيار نقطة D بحيث يكون تركيز الأيونات في الماء المتجمع كله سواء قبل النقطة B أو بعدها وحتى النقطة D لا يتعدى الحد المسموح به. والنقطة D هي النقطة التي يجب أن تتوقف عندها عملية تثبيت الأيونات وتبدأ عملية تجديد الفاعلية .Regeneration

وتتوقف قيمة نقطة الاختراق هذه على عوامل عدة إلى جانب نوعية الراتنج المستخدم. وبعض هذه العوامل يتعلق بالجوانب التصميمية للمهد مثل ارتفاع المهد وقطره وحجم الحبيبات المكونة له. أما ظروف التشغيل التي تؤثر على موضع نقطة الاختراق فهي معدل سريان الماء خلال المهد وبالتالي زمن الاستبقاء Residence time (R13) ، ودرجة حرارة الماء، ونوعية وحجم الأيونات المراد إزالتها. فمثلا زيادة معدل السريان يحرك النقطة B إلى اليسار نظرا لتناقص الزمن المتاح لتَحَرُّك الأيونات إلى داخل حبيبات راتنج التبادل الأيوني. أما زيادة درجة الحرارة فهي تُحَرِّك نقطة الاختراق إلى اليمين.

## I11

### Ion exchange resin<sup>(1,5,7)</sup>

### راتنج التبادل الأيوني

مواد راتنجية حبيبية تحتوي في تركيبها إما على شق Radical موجب أو شق سالب يكون في الجزيئات المكونة لسطح الراتنج بحيث يسهل تبادله مع الأيونات المماثلة له في الشحنة والتي تكون الفتحة Affinity لسطح الراتنج أكبر من ألفة الشق المماثل لها في الشحنة. وتحدد طاقة الراتنج التبادلية بعدد النقاط الموجودة على سطحه والمزود كل منها بشق موجب كما في مبادلات الكاتيونات أو شق سالب كما في مبادلات الأنيونات. ولما كان عدد هذه النقاط يتناسب مع مساحة السطح المعرض فإن طاقة الراتنج تعتمد على حجم حبيباته والتي تتراوح عادة أقطارها بين ٠,٤-٠,٨ مم.

وأقدم مبادلات الأيونات هي ألومينوسيليكات الصوديوم التي يوجد بعض منها في الطبيعة على هيئة ما يسمى بالزولييت Zeolite (Z1) الذي يستخلص من الرمل الخضراوي (G9) Greensand . وبالرغم من أن استخدام الزولييت قد قل إلى حد ما فإن الاسم مازال متداولاً ويطلق خطأ على بعض الراتنجات العضوية المصنعة.

والزولييت مادة متبلورة على هيئة رواسب صخرية عادة ما تكون مصاحبة للحمم البركانية كالبازلت. وهناك تركيبات كيميائية عديدة للزولييت ولكن جميعها أساسا سيليكات ألومنيوم. ومن الناحية التركيبية تتكون بلورة الزولييت من مجموعات من  $SiO_4$  و  $AlO_4$  وكل مجموعة مرتبة رباعيا

Tetrahedrally بحيث تكون ذرات الأكسجين مقسمة بين كل مجموعتين من هذه المجموعات. ولما كان السيليكون رباعي التكافؤ في حين أن الألومنيوم ثلاثي التكافؤ، فإن ذلك يترك مجموعة الألومنيوم وعليها شحنة سالبة مما يعطي هذه التركيبة القدرة على اجتذاب والاستحواذ على الأيونات الموجبة مثل أيونات الصوديوم. وهذه الأيونات لا تكون مثبتة في التركيبة ولكنها تكون في وضع يسهل معه تبادلها مع غيرها من الأيونات الموجبة. وهذا يجعل الزيوليت صالحا كمبادل كاتيونات.

أما الراتجات المصنعة فهي ليست بللورات كالزيوليت ولكنها غرويات Gels على هيئة منظومات مرنة Elastic matrices تتكون من سلاسل من الهيدروكربونات التي ارتبطت مع بعضها من خلال عمليات البلمرة. كما أنها تكون قد ارتبطت بمجموعات غير عضوية بالتفاعل مع الأحماض مما يترك على سطوحها شحنات كهربائية تشابه في طبيعتها تلك الموجودة في الزيوليت ومن ثم تكون لها القدرة على اجتذاب والاستحواذ على الأيونات بنفس طريقة الزيوليت. والمختلف هنا أن الشحنات إما أن تكون سالبة أو موجبة فإذا كانت سالبة فإنها تجذب إليها مجموعات حمضية سالبة مثل السلفونات أو الكربوكسيلات ومن ثم يسمى الناتج راتنج مبادل للكاتيون Cation exchange resin. غير أننا نجد أن الراتنج المحتوي على السلفونات لا تتأثر فعاليته بقيمة الرقم الهيدروجيني في الوقت الذي نجد أن المحتوي على الكربوكسيل يتحد مع الهيدروجين عند الأرقام الهيدروجينية المنخفضة ليعطي (COOH) غير قابل للتأين مما يفقد الراتنج فعاليته ومن ثم يقتصر استخدامه على الأحوال التي يكون فيها الرقم الهيدروجيني مرتفعا إلى حد ما. وبنفس الطريقة نجد أن الراتجات مبادلة الأنيونات Anion exchange resins منها الحساس للرقم الهيدروجيني وهي المحتوية على المجموعات (NH<sub>3</sub><sup>+</sup>) في حين أن الصنف المحتوي على N<sup>+</sup>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> يبقى متأينا حتى عند الأرقام الهيدروجينية المرتفعة.

وهناك أربع مجموعات أساسية لمبادلات الأيونات:

- \* راتجات مبادلة للكاتيونات ذات شق حمضي قوي مثل السلفونات
- \* راتجات مبادلة للكاتيونات ذات شق حمضي ضعيف مثل الكربوكسيل
- \* راتجات مبادلة للأنيونات ذات شق قاعدي قوي مثل الأمينات الرباعية
- \* راتجات مبادلة للأنيونات ذات شق قاعدي ضعيف مثل الأمينات الأحادية أو الثنائية أو الثلاثية

ويتم اختيار نوع الراتنج حسب نوعية الأيونات الموجودة في المياه المراد معالجتها ويستخدم إما نوع واحد أو أكثر من الراتجات وفيما يلي بعض الملاحظات العامة على الأربعة أنواع سالفة الذكر:

- \* الراتجات الكاتيونية القوية تكون قادرة على إزالة أيونات المعادن الثقيلة مثل الكالسيوم والماغنسيوم والحديد والكاميوم والفضة والذهب والزنك ومن ثم فهي مناسبة لمعالجة مياه الصرف.

- \* الراتجات الكاتيونية الضعيفة قادرة على فصل القواعد العضوية البسيطة من تلك التي يكون تركيبها معقدا مثل عزل أشباه القلوانيات Alkaloids من المضادات الحيوية Antibiotics
- \* الراتجات الأنيونية القوية يمكنها إزالة كل الأحماض بما فيها الأحماض الضعيفة كحمض اليوريك وحض الساليسيليك.
- \* الراتجات الأنيونية الضعيفة تزيل الأحماض القوية مثل الهيدروكلوريك والكبريتيك والنيتريك، وتترك الأحماض الضعيفة مثل الكربونيك والساليسيليك.

### تحضير الراتجات المصنعة

هناك عدد كبير من البلمرات تصلح لكي تكون منظومات Matrices تستخدم لإنتاج مبادلات الأيونات. وأكثر هذه البلمرات شيوعا هو البولي ستيرين Polystyrene الذي يمكن تحويله إلى مبادل كاتيونات أو مبادل أنيونات على حد سواء. ولكن لما كان البولي ستيرين ليس به روابط عرضية Cross linkages ويلين بالحرارة Thermoplastic لذلك يضاف إلى الستيرين نسبة تتراوح بين ٥ و ١٢% من الداى فينيل بنزين DVB ومن ثم تؤدي البلمرة المشتركة Co-polymerization إلى تكون روابط عرضية تعطي منتجا تزداد صلابته بالحرارة Thermosetting على هيئة حبيبات لها كل الخواص المطلوبة، يتم تهيتها لعملية التبادل الأيوني بإدخال الشق الفعال المطلوب. فإذا غُمرت الحبيبات في حامض كبريتيك مركز فإن ذلك يجعل السلفونات ترتبط بحلقات البنزين الموجودة على سطح البلمر مما ينشر على هذا السطح عددا كبيرا من الشحنات السالبة المهيأة للارتباط بالأيونات الموجبة كالهيدروجين، ويجعل من الناتج راتج مبادل للكاتيونات Cation exchange resin وبالمثل يمكن تحضير راتجات تبادل الأنيونات بتعريض نفس الحبيبات للتفاعل مع المواد اللازمة لإدخال مجموعات أمينية على حلقات البنزين. وفيما يلي بيان بمجموعة من الأصناف المختلفة لمبادلات الأيونات والمواد الأصلية المستخدمة لإنتاج المصفوفات (البلمرات)، والمجموعات الفعالة التي يتم إدخالها عليها ونوع الراتج الناتج.

نوع الراتج	المجموعات الفعالة	المواد الأصلية
أنوني قوي القاعدية	رباعي الأمونيوم Quaternary Ammonium	ستيرين - دايفنيل بنزين DVB
أنوني متوسط في قوة القاعدية	رباعي الأمونيوم أو أمين ثلاثي	ابوكسي - بولي أمين
أنوني ضعيف القاعدية	أمين أحادي أو ثنائي أو ثلاثي	فينول - فورم الدهيد
كاتيوني قوي الحمضية	سلفونات	ستيرين - دايفنيل بنزين DVB
كاتيوني متوسط في قوة الحمضية	فوسفونات	ستيرين - دايفنيل بنزين DVB
كاتيوني ضعيف الحمضية	كاربوكسيل	اكريليك

## طاقة راتنج التبادل الأيوني Ion exchange resin capacity<sup>(7,28)</sup>

يعبر عن الطاقة التبادلية للراتنج بعدد مكافئات الأيونات Ion equivalents الموجودة في وحدة الأوزان أو الحجم من الراتنج. وهناك نوعان من الطاقة: الطاقة الكلية أو القصوى وهي من خصائص الراتنج ذاته ولا تعتمد على ظروف الاستعمال الخارجية، في حين أن الطاقة الاختراقية (سعة أو طاقة التشبع) Break-through capacity هي عدد المكافئات التي يتم تبادلها مع محلول ملحي إلى أن يبدأ ظهور الأيونات في الماء الناتج بتركيز يزيد عن حدود معينة. وتعتمد الطاقة الاختراقية على كيفية حشو مهد الراتنج وأبعاد هذا المهد وعلى خصائص سريان السائل خلاله ودرجة حرارة الماء ونوعية وحجم الأيونات المراد إزالتها [أنظر نقطة الاختراق في التبادل الأيوني Ion exchange break-through point (I10)].

وبالإضافة إلى بعض الخصائص الأخرى فيما يلي بيان الطاقة القصوى لبعض أصناف راتجات التبادل الأيوني.

صنف الراتنج Resin Type	المجموعة الفعالة Functional Group	الكثافة جم/سم <sup>3</sup>	مجال pH الرقم الهيدروجيني	طاقة التبادل القصوى مكافئ جرامي/كجم راتنج جاف
كاتيوني قوي الحمضية	سلفونيك	٠,٧٩-٠,٨٥	١٤-٧	٤,٨
كاتيوني ضعيف الحمضية	كاربوكسيليك	٠,٧٢	١٤-٧	١١,٠
أنيوني قوي القاعدية	رباعي الأمونيوم	٠,٧٢	١٤-٧	٤,٣
أنيوني ضعيف القاعدية	أمين ثنائي	٠,٥١	٦-١٤	٩,٠

## تجديد فعالية راتنج التبادل الأيوني

### Ion exchange resin regeneration<sup>(1,7,9)</sup>

تعزي فعالية راتنج التبادل الأيوني إلى وجود أيونات على سطحه قابلة للتبادل مع مثيلاتها (في الشحنة التي تحملها) في الماء الذي يمر خلال المهد المكون من حبيباته. وكلما استمر إمرار الماء يستمر تثبيت الأيونات الآتية من الماء على سطح الراتنج وبالتالي تتناقص فاعليته وعندما تبدأ الأيونات في الماء المغادر للمبادل الأيوني في تجاوز حد معين لتركيزها كما هو مبين في تعريف نقطة الاختراق Ion exchange breakthrough point (I10). وعند هذا الحد الذي يتوقف

على موضع نقطة الاختراق ونوعية الماء المراد إنتاجه، يجب إيقاف عملية تثبيت الأيونات، والعمل على تجديد فعالية الراتنج. ويتم تجديد الفعالية بإمرار محاليل تعيد الراتنج إلى حالته الأصلية أى تحل الأيونات الموجودة في مجددات الفاعلية Regenerants محل الأيونات التي تم تثبيتها على سطح الراتنج أثناء استخدامه. وبطبيعة الحال فإن نوعية مجددات الفاعلية والكميات اللازمة منها تعتمد على نوع الراتنج وعلى القدر الذي هبّطت إليه فاعليته. وكل هذه العوامل بالإضافة إلى طريقة القيام بعملية التجديد تؤثر على الكفاءة التي يمكن أن تتم بها هذه العملية.

### أنواع مجددات الفاعلية

غالبا ما تكون أحماضا أو قواعد قوية أو ضعيفة حسب نوع الراتنج المستخدم.

\* الراتنجات الكاتيونية ذات الشق الحمضي القوي (سلفونات) تجدد فاعليتها بحمض قوي كحمض الكبريتيك.

\* الراتنجات الأنيونية ذات الشق القاعدي القوي (الأمينات الرباعية) يستخدم لها هيدروكسيد صوديوم.

\* الراتنجات الكاتيونية ذات الشق الحمضي الضعيف (كاربوكسيل) تجدد فاعليتها بحمض ضعيف أو قوي.

\* الراتنجات الأنيونية ذات الشق القاعدي الضعيف (الأمينات الأحادية إلى الثلاثية) تجدد فاعليتها بقاعدة ضعيفة كالأمونيا مثلا أو قاعدة قوية.

### كميات مجددات الفاعلية

قد يظن البعض أن استخدام كمية من مجدد الفاعلية تكافئ الأيونات التي تم تثبيتها على سطح الراتنج يكفي للقيام بعملية تجديد الفاعلية، ولكن هذا غير صحيح إذ أنه وجد من الناحية العملية أضعاف هذه الكمية (بما قد يصل إلى ثلاثة أضعافها في بعض الأحيان) قد يلزم للقيام بعملية تجديد الفاعلية كما يجب.

فإذا أخذنا كمثال عملية إزالة ملح مثل كلوريد الصوديوم NaCl من الماء باستخدام راتنج كاتيني قوي وراتنج أنيوني قوي نجد أن المكافئات تتبئ بأنه يلزم لإزالة وزن مكافئ جرامي من NaCl وهو ٥٨,٤ جم وزنا مكافئا من هيدروكسيد الصوديوم لتجديد فعالية الراتنج الأنيوني أى ٤٠ جم. وهذا يعني أن إزالة كجم واحد من NaCl يحتاج لتجديد الفعالية إلى ٨٤٠ جم من حامض الكبريتيك و ٦٩٠ جم من هيدروكسيد الصوديوم في حين وجد عمليا أن كل كجم NaCl يحتاج إلى ١,٥ كجم من كل من الحامض والقلوي النقيين. وهذا يشير إلى الكميات الكبيرة التي تحتاجها عملية تجديد الفعالية من هذه المواد الكيميائية مما يجعل تكاليف تجديد الفعالية أحد العوامل الهامة التي تحدد اقتصاديات التبادل الأيوني كوسيلة لإزالة الملوحة. وذلك يعني أن التبادل الأيوني يبقى مناسباً كمزيل للملوحة في المياه قليلة الملوحة فحسب. ويكفي أن نقارن احتياجات ماء يحتوي على ٣٥٠ جزء في المليون من الأملاح

بماء يحتوي على ٣٥٠٠ جزء في المليون لنجد أن محطة تعمل على إزالة ملوحة ١٠٠٠ متر مكعب يوميا بالتبادل الأيوني سوف تحتاج في الحالة الأولى إلى نصف طن من الحمض ونصف طن من هيدروكسيد الصوديوم في حين أن استهلاك الحمض والصودا الكاوية سوف سيصل في الحالة الثانية إلى ٥ أطنان يوميا مما يجعل التبادل الأيوني بهذه الطريقة غير مجد اقتصاديا لتحلية المياه مرتفعة الملوحة.

وهذه الحقيقة قد شجعت البحث عن طرق أخرى للتوفير في كميات وتكاليف مجدّات الفعالية باستخدام راتنجات تبادل كاتيونى ضعيفة الحمضية تحتاج إلى كميات أقل نسبيا من الحامض لتجديد فاعليتها كما أن راتنجات التبادل الأنيوني ضعيفة القاعدية تتطلب كميات أقل من مجدّات الفعالية بالإضافة إلي أنه يمكن استخدام قواعد رخيصة نسبيا منها مثل الأمونيا.

كما أن هناك محاولات لاستخدام خليط من الراتنجات القوية مع الضعيفة في محاولة للتغلب على الكلفة الاقتصادية على الأقل بالنسبة للمياه متوسطة الملوحة (B20) Brackish water إذا كان تركيز الأملاح بها بضعة آلاف جزء في المليون.

هذا بالنسبة لإزالة الملوحة أما بالنسبة لإزالة العسر فتركيز الكاتيونات المسببة للعسر في الأصل قليل ومن ثم فإن الكميات اللازمة لتجديد فعالية الراتنجات المستخدمة لإزالة العسر وإن كان من الواجب هنا أيضا أن تكون أكبر من المطلوب نظريا بحساب المكافئات، إلا أنها تظل في الحدود المعقولة. وبالرغم من ذلك فهي مازالت تمثل أحد العوامل الهامة في حساب اقتصاديات العملية.

#### تركيز المحاليل المستخدمة في تجديد الفعالية ووقت التلامس

إن التحكم في تركيز محاليل تجديد الفاعلية ووقت التلامس مع الراتنج من الأمور الهامة حتى لا تؤدي المبالغة في أي منهما إلى ترسيب مواد غير مرغوب فيها على سطح الراتنج. فمثلا عند استخدام حامض الكبريتيك في تجديد فاعلية الراتنجات الكاتيونية التي تعرضت لماء عسير يستحسن استخدام حامض بتركيز ١-١,٥% أول الأمر ثم زيادة تركيزه تدريجيا إلى أن يصل إلى ١٠% حتى لا يتم ترسيب كبريتات الكالسيوم  $CaSO_4$  التي يصعب إزالتها بعد ذلك.

#### اتجاه مرور محاليل تجديد الفعالية

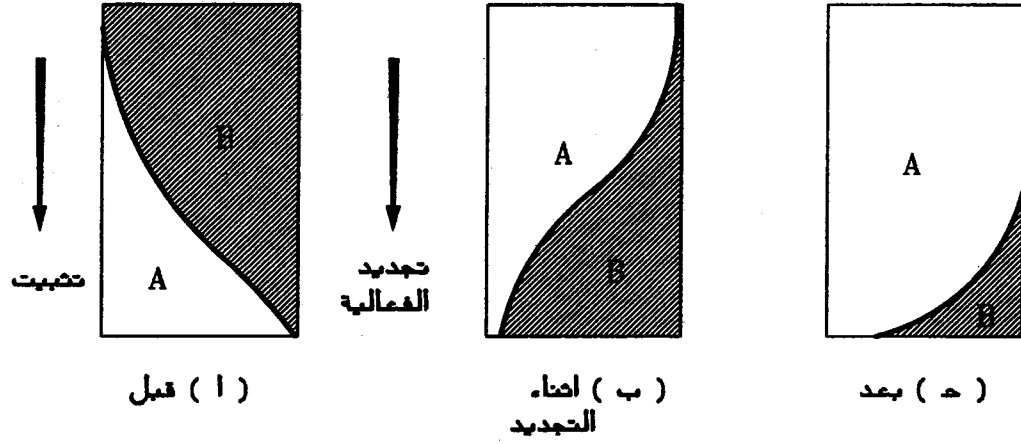
\* تمرير مجدّات الفعالية في نفس اتجاه التثبيت: Concurrent regeneration: إذا أخذنا طبقة من الراتنج عليها أيونات A ومررنا عليها سائلا يحتوي على أيونات B واستمر تثبيت الأيونات B محل الأيونات A فإن الشكل النهائي لتوزيع الأيونات المختلفة في مهد الراتنج من الممكن أن نمثله بالرسم المبين بالشكل (٣١ أ). وعندما يبدأ تجديد الفعالية باستخدام محلول به أيونات A بتركيز يجعل هذه الأيونات تنتقل من محلول مجدّد الفعالية إلى الراتنج لتحل محل الأيونات B. وفي الطبقات العليا المشبعة تماما بأيونات B تحل أيونات A محلها تماما ويحمل



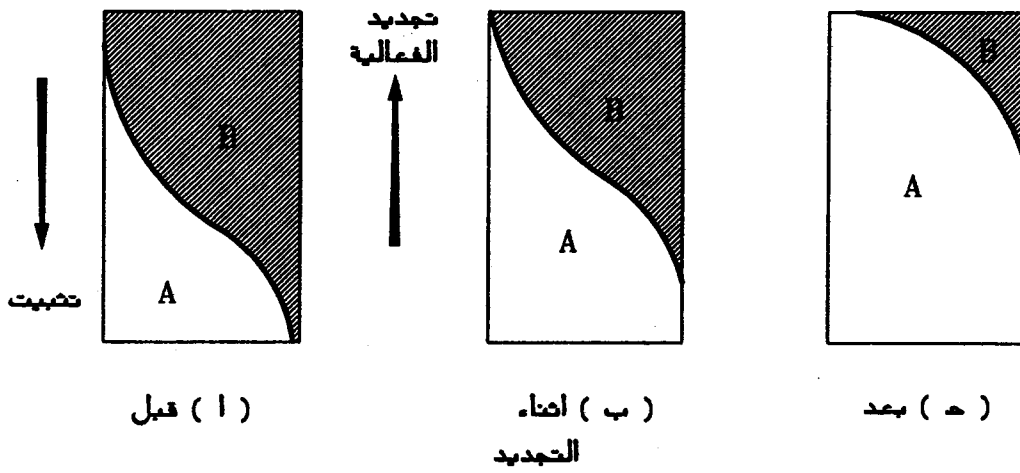
المحلول أيونات B وينقلها إلى الطبقات السفلى كما يتمثل في الشكل (٣١ ب). ولما كان إتمام إحلال A محل B يتطلب كميات كبيرة من محاليل تجديد الفاعلية ووقتاً طويلاً بما يؤثر تأثيراً سلبياً على اقتصاديات العملية لذلك توقف عملية تجديد الفاعلية عند الحد الذي يصبح فيه مهد الراتنج وأغلب ما عليه هو أيونات A بالشكل الذي يمكن تمثيله كما في الرسم (٣١ ج).

\* تجديد الفعالية في تيار عكس تيار التثبيت Countercurrent regeneration : في هذه الطريقة سوف يقابل المحلول المركز من أيونات A أول ما يقابل الطبقات التي فيها تركيز B منخفضاً وبالتالي يكون إحلال A مكان B سهلاً كما أن B الذي غادر سطح الراتنج سوف يمر إلى خارج المهد من أعلى، نظراً لأن مرحلة التثبيت كانت بالاتجاه الهابط في حين أن التجديد بالاتجاه الصاعد كما هو مبين بالشكلين ٣٢، ٣٢ ب على التوالي.

والرسم (٣٢ ب) يمثل مرحلة متوسطة من خطوة تجديد الفاعلية، كما أن (٣٢ ج) يمثل المهد في نهاية العملية وهو أكثر نقاء منه في الطريقة الأولى. ومن الملاحظ أن الجزء من المهد الذي سوف يلامس الماء عند خروجه في الخطوة التالية من تثبيت الأيونات يكون خالياً من أيونات B مما يساعد على الحصول على ناتج على درجة عالية من النقاء. هذا بالإضافة إلى أن ظروف التشغيل كلها تشير إلى أن العملية تتم بطريقة أكثر كفاءة وبالتالي تحتاج إلى كميات أقل من محاليل تجديد الفعالية مما يحسّن من اقتصاديات العملية ككل.



الشكل ( ٣١ ) توزيع الاميونات في مهد لراتنج  
( تمرير مجددات الفعالية في نفس اتجاه التصهيت )  
CO-CURRENT REGENERATION

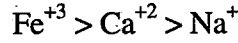


الشكل ( ٣٢ ) توزيع الاميونات في مهد لراتنج  
( تمرير مجددات الفعالية في تيار عكس تيار التصهيت )  
COUNTER-CURRENT REGENERATION

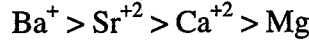
## انتقائية راتنج التبادل الأيوني Ion exchange resin selectivity<sup>(7,9)</sup>

تتوقف قابلية راتنجات التبادل الأيوني على استبدال الأيونات الموجودة على سطحها بالأيونات الموجودة في المحلول الذي يمر خلالها أو يلامسها في ترتيب معين وهو ما يسمى بالانتقائية، على عوامل عدة أهمها:

(١) عدد الشحنات الموجودة على الأيون أي تكافؤه، إذ يجري تثبيت الأيونات على سطح الراتنجات بالترتيب التنازلي لتكافؤها



(٢) الأيونات ذات التكافؤ المتساوي يجري تثبيتها بالترتيب التنازلي لرقمها الذري



56 38 20 12

(٣) إلى جانب التكافؤ والرقم الذري فإن من الأمور التي تؤثر على قدرة الأيونات على الوصول إلى مراكز تثبيتها على سطح الراتنج هو قطر الأيون المتداوب Solvated Ion أي قطر الأيون وما يحيط به أو يغلفه من جزيئات الماء. فكلما زاد قطر الأيون المتداوب قلت قابليته للتبادل والتثبيت على سطح الراتنج.

(٤) قد تختلف بعض الراتنجات من نفس الفصيلة عن بعضها في انتقائيتها للأيونات اختلافاً ولو بسيطاً كنتيجة لطريقة تصنيعها التي تؤثر على هيكلها وعلى طريقة ارتباط المجموعات الفعالة في هذا الهيكل.

(٥) تتأثر انتقائية راتنجات التبادل الأيوني بتركيز الأيونات في المحلول الملامس لها وترتيب الانتقائية المبين في الجدول (٨) هو الترتيب المتوقع إذا كان تركيز الأملاح في الماء أقل من ١٠٠٠ جزء في المليون (مجم/لتر) حيث نجد مثلاً أن الراتنج الكاتيوني يفضل تثبيت أيونات الكالسيوم على أيونات الصوديوم أما إذا ارتفع التركيز إلى ١٠٠٠٠٠٠ جزء في المليون (١٠٠ جم/لتر) فإن الأمر ينعكس إذ يسبق الصوديوم الكالسيوم وهذه الحقيقة تفسر انعكاس الوضع أثناء عملية تجديد فاعلية الراتنجات.

ومما هو جدير بالذكر أن الانتقائية إذا كانت هامة في عملية إزالة الكاتيونات المسببة لعسر الماء إلا أنه في حالة إزالة ملوحة الماء يكون ترتيب تثبيت الأيونات قليل الأهمية لأن الغرض النهائي هو التخلص منها جميعاً.

جدول (٨)

ترتيب انتقائية راتجات التبادل الأيوني  
في ماء ملوحته أقل من ١٠٠٠ جزء في المليون

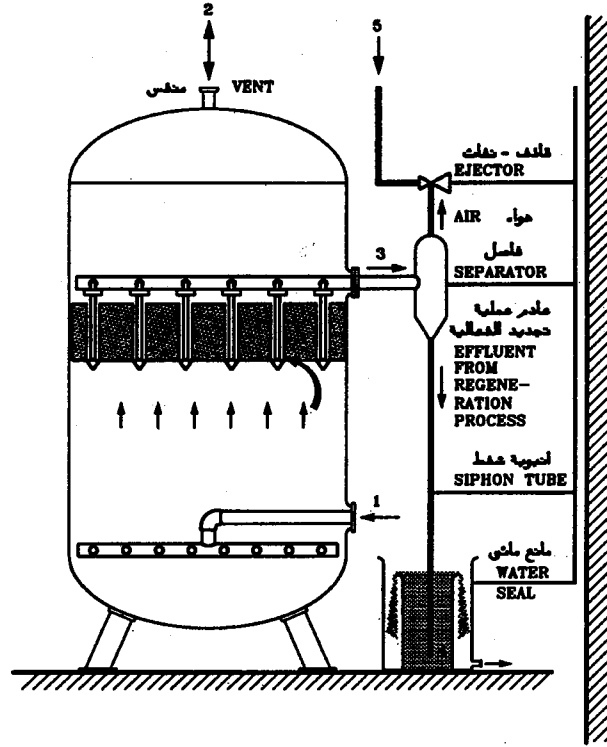
راتج أنيوني قوي القاعدية (الأنيونات)	راتج كاتيوني قوي الحمضية (الكاتيونات)
$\text{CrO}_4^{-2}$	$\text{Fe}^{+3}$
$\text{SO}_4^{-2}$	$\text{Al}^{+3}$
$\text{SO}_3^{-2}$	$\text{Pb}^{+2}$
$\text{HPO}_4^{-2}$	$\text{Ba}^{+2}$
$\text{CNS}^-$	$\text{Sr}^{+2}$
$\text{CNO}^-$	$\text{Cd}^{+2}$
$\text{NO}_3^-$	$\text{Zn}^{+2}$
$\text{NO}_2^-$	$\text{Cu}^{+2}$
$\text{Br}^-$	$\text{Fe}^{+2}$
$\text{Cl}^-$	$\text{Mn}^{+2}$
$\text{CN}^-$	$\text{Ca}^{+2}$
$\text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{+2}$
$\text{HsiO}_3^-$	$\text{K}^+$
$\text{OH}^-$	$\text{NH}_4^+$
$\text{F}^-$	$\text{Na}^+$
	$\text{H}^+$
	$\text{Li}^+$

مهما كان الغرض من استخدام المبادل الأيوني سواء كان إزالة عسر الماء Softening (S39) أو إزالة الكربونات أو إزالة الأيونات كلية Deionization (D9)، فهو في الأساس عبارة عن وعاء اسطواني مغلق يحتوي على مهد من راتنج التبادل الأيوني Ion exchange resin (I11) ارتفاعه حوالي متر يتركز على مصفاة ذات فتحات صغيرة أو على طبقة من الرمال الناعمة أو الانثراسيت تمنع هروب حبيبات الراتنج. ويترك فوق المهد فراغ يكفي لتمدده بنسبة من ٣٠-١٠٠% من حجمه الأصلي وذلك أثناء عملية الغسيل العكسي. كما يُزوّد عمود التبادل الأيوني بما يضمن التوزيع الجيد للماء المراد معالجته ومحاليل المواد المستخدمة في تجديد فعالية الراتنج Ion exchange (I13) regeneration فوق سطح الراتنج وخلال مهده. كما يزود بكافة التوصيلات والصمامات اللازمة لإتمام جميع مكونات دورة العمل من تبادل أيوني ثم غسيل عكسي فتجديد الفعالية في نفس اتجاه تيار التبادل الأيوني (إلى أسفل) وأخيرا الغسيل النهائي.

وإذا كان العمل بطريقة المهد الثابت وتجديد الفعالية في نفس اتجاه التبادل Downward flow regeneration هو أبسط أساليب التبادل الأيوني، إلا أنه ليس أفضلها. وهناك عدد من أساليب العمل تزيد من كفاءة التبادل وتحسن من اقتصادياته وتعالج أهم عيوب الطريقة سائلة الذكر. [أنظر أيضا التبادل الأيوني Ion exchange (I9)]. ومن هذه الأساليب:

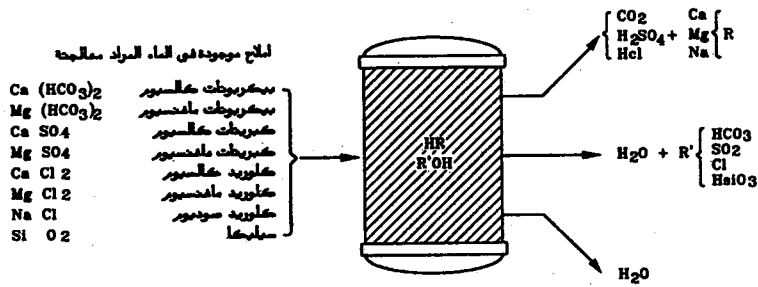
١. استخدام مهد ثابت مع تجديد الفعالية بالتيار العكسي (عكس اتجاه التبادل) ويبيّن الشكل (٣٣) مبادل أيونات يعمل بطريقة تجديد الفعالية بالتيار العكسي Back flow regeneration.
٢. استخدام مهد ثابت مختلط راتنج كاتيوني وراتنج أنيوني بدلا من استخدام راتنج مبادل كاتيونات في عمود وآخر به راتنج مبادل أنيونات كما يحدث في الطرق المبسطة، هنا يخلط الصنفان من الراتنجات بحيث يكون المهد خليطا متجانسا وتجرى عملية تبادل الكاتيونات والأنيونات في نفس الوقت كما هو مبين بالرسم التوضيحي بالشكل (٣٤).

وبعد إتمام عملية التبادل إلى الحد المطلوب يتم فصل الراتنجين المستعملين بإدخال تيار من الماء من أسفل ولما كان الراتنج الأنوني أخف وزنا (أقل كثافة) فإنه يرتفع إلى أعلى في حين يرسب الراتنج الكاتيوني إلى أسفل ومن ثم يفصل الراتنجين ويتم تجديد فعالية كل منهما على حدة، الأنوني بواسطة محلول صودا كاوية والكاتيوني بواسطة حامض قوي وبعد غسيل كل منهما يعاد خلطهما في المبادل بالهواء المضغوط وبعد الغسيل تستأنف الدورة مرة أخرى.

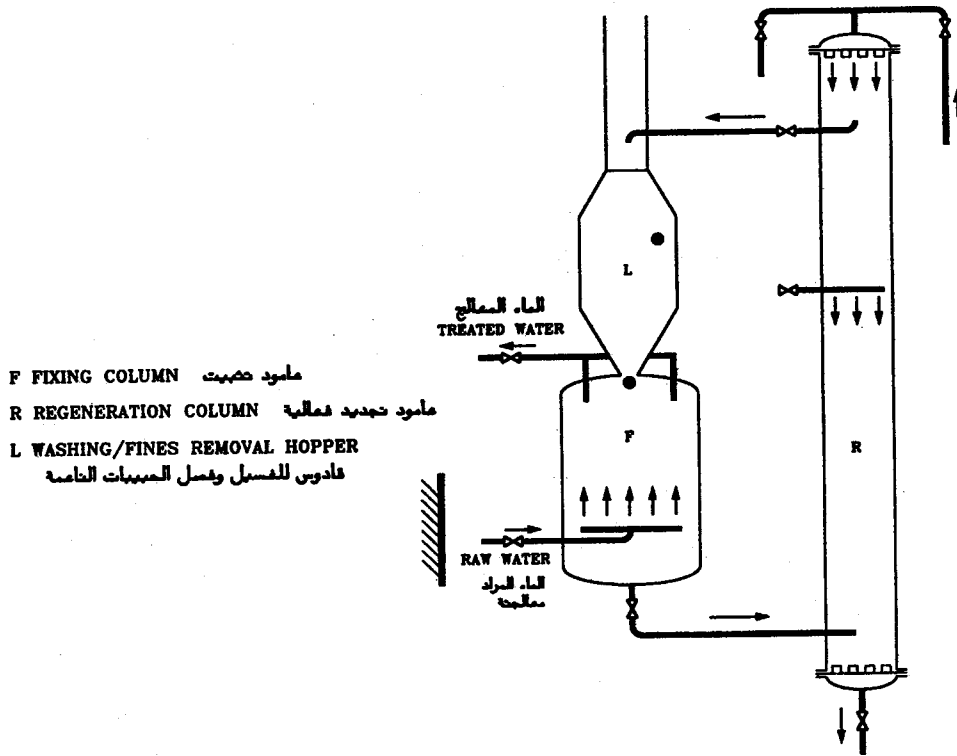


شكل (٢٣) تجديد الفعالية لمعد ثابت في مبادل ايونات  
بالتيار العكسي  
**BACK-FLOW REGENERATION**

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| 1- REGENERANT INLET                            | مدخل مجد الفعالية                  |
| 2- VENT TO ATMOSPHERE                          | منفذ للهجو                         |
| 3- OUTLET AIR+EFFLUENT FROM REGENERATION CYCLE | الهواء الخارج وعادم تجديد الفعالية |
| 4- OUTLET EFFLUENT FROM REGENERATION CYCLE     | عادم عملية تجديد الفعالية          |
| 5- INLET INJECTED AIR                          | مدخل الهواء المحقون                |



شكل (٢٤) التبادل الأيوني للمحاثيونات والانيونيات في معد من خليط الراتنجيات MIXED-BED



شكل (٢٥) وحدة تبادل أيوني ( معد مغطط وعمود واحد لتجديد الفعالية )

ومن أهم فوائد هذه الطريقة هي أن الماء المنتج عادة ما يكون على درجة كبيرة من النقاء ويبقى كذلك طيلة الوقت كما أن الرقم الهيدروجيني لهذا الماء يكون ثابتا عند حوالي ٧ (متعادل) بالإضافة إلى أن كمية ماء الغسيل المستخدمة تكون أقل من الطرق الأخرى. هذا وتتنحصر مساوئ الطريقة في انخفاض طاقة التبادل وتعقيدات عملية فصل الراتجين وإعادة خلطهما.

٣. استخدام مهد مختلط متحرك وعمود واحد لتجديد الفعالية

تشتمل الوحدة التي تعمل بهذه الطريقة على ثلاثة أجزاء رئيسية [أنظر شكل (٣٥)]

\* عمود تثبيت Fixation column

\* وعاء مخروطي لغسيل وفصل الحبيبات الدقيقة Fines removal hopper

\* عمود تجديد الفعالية

وفي هذه الوحدة من الممكن أن يظل الراتج متماسكا (متراسا) أثناء العمل Compacted bed type أو يكون مَعُومًا Fluidized bed type. هذا ويتم تدوير الراتج على فترات محددة ويكون اتجاه حركته من أسفل عمود التثبيت إلى عمود تجديد الفعالية ومنه إلى القادوس قبل رجوعه إلى عمود التثبيت مرة أخرى. ولما كانت جميع السوائل تسير في الاتجاه المضاد لذلك فإن جميع عمليات التثبيت وتجديد الفعالية والغسيل تتم بكفاءة عالية جدا.

وهذا النظام يناسب الحالات التي يستخدم فيها نوع واحد من الراتج كإزالة عسر الماء باستخدام راتج كاتيوني يتم تجديد فعاليته بمحلول كلوريد الصوديوم، أو إزالة الكاتيونات باستخدام راتج كاتيوني يتم تجديد فعاليته بحامض قوي. أما إذا كان المطلوب هو إزالة الكاتيونات والأنيونات ففي هذه الحالة يُستخدم وحدتان كل وحدة بها الثلاثة أجزاء سالفة الذكر تعمل وحدة لإزالة الكاتيونات والأخرى لإزالة الأنيونات.

٤. استخدام مهد مختلط متحرك وعمودين منفصلين لتجديد الفعالية وتشتمل الوحدة التي تعمل بهذه الطريقة كما يتضح من الشكل (٣٦) على عدد من الأعمدة تتولي كل منها ما يلي:

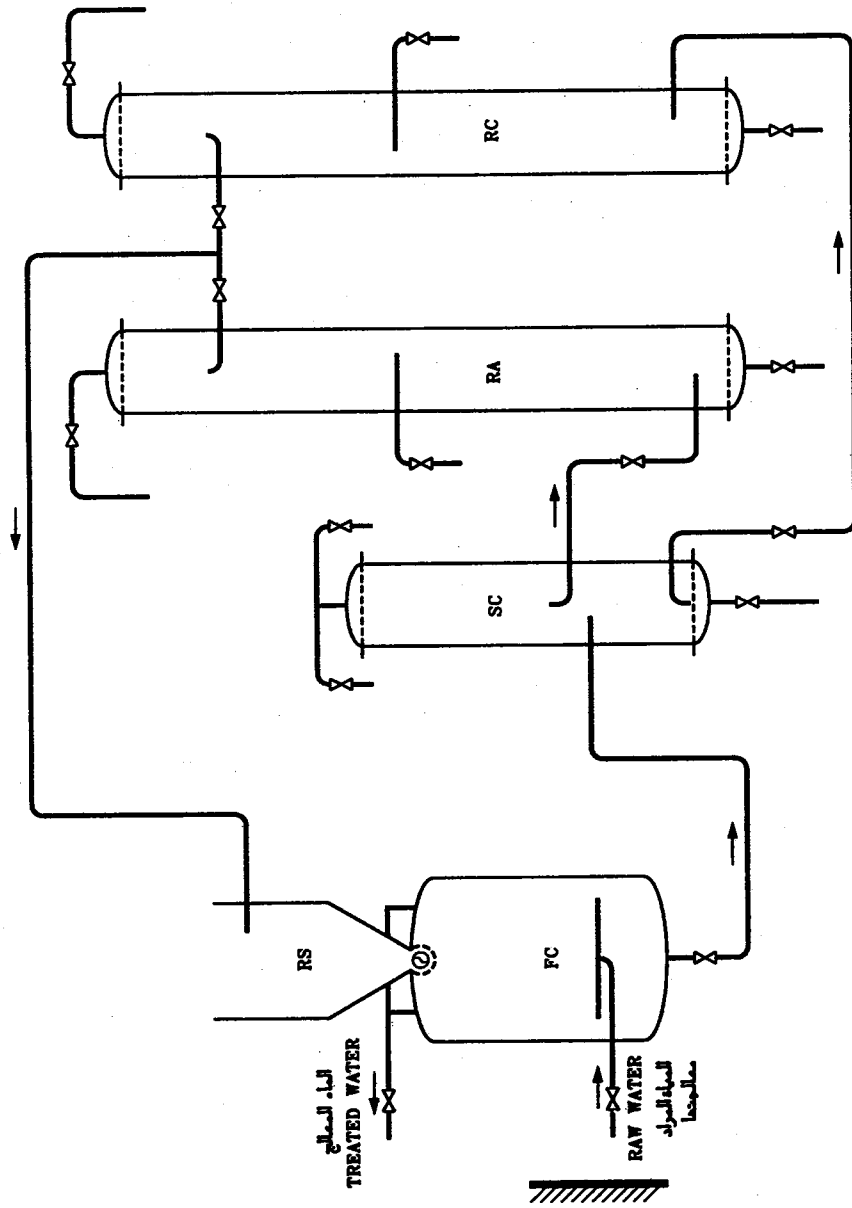
\* تثبيت به مهد مختلط كاتيوني وأنيوني.

\* فصل الراتج الأنيوني من الراتج الكاتيوني.

\* تجديد فعالية الراتج الكاتيوني.

\* تجديد فعالية الراتج الأنيوني.





مخطط (٢١) نظام إزالة مستمرة للأيونات في معد معطبا  
**MIX ED-BED SYSTEM OF CONTINUOUS DEIONIZATION**  
 عمود التثبيت (FC) MIXING COLUMN  
 عمود التثبيت (SC) SEPARATION COLUMN  
 عمود تجديد عمود الأنيون (RA) ANION REGENERATION COLUMN  
 عمود تجديد عمود الكاتيون (RC) CATION REGENERATION COLUMN

بعد انتهاء الفترة المخصصة للتبادل الأيوني ينقل خليط الراتنجات من أسفل عمود التثبيت هيدروليكيًا إلى عمود الفصل حيث يرْسُب الراتنج الكاتيوني إلى الجزء الأسفل من العمود ويطفو الراتنج الأنيوني متجمعا في الجزء العلوي ومن ثم ينقل كل منهما إلى عمود تجديد الفعالية الخاص به وبعد التجديد والغسيل يتم خلط الراتجين مرة أخرى في قادوس الخلط قبل دخول الخليط إلى عمود التثبيت مرة أخرى.

وهذا الأسلوب يناسب الماء الذي لا يحتوي على نسبة كبيرة من البيكربونات وذلك لأن فصل ثاني أكسيد الكربون الناتج من التعامل مع البيكربونات في وجود خليط الراتنجات غير ممكن وبالتالي فإنه يؤدي إلى أن يقوم الراتنج الأنيوني بتثبيته وبذلك يشغل جزءا كبيرا من طاقة هذا الراتنج مما يتسبب في زيادة التكلفة للاضطرار لاستخدام كميات أكبر من اللازم من الراتنج الأنيوني ومحاليل إضافية لتجديد فعاليته. والحل في مثل هذه الأحوال هو أن يتم التخلص من البيكربونات أولا باستخدام مبادل أيوني به راتنج أنيوني ضعيف (راتنج كاربوكسيل) ثم إزالة ثاني أكسيد الكربون قبل إدخال الماء في وحدة المهد المختلط.

I16

Ionic mobility<sup>(8,10)</sup>

حركية الأيونات

تتوقف السرعة التي تتحرك بها الأيونات في محلول ما على عوامل عدة منها: طبيعة المذيب، شحنة الأيون، حجم الأيون، تناقص الجهد الكهربائي في اتجاه الحركة، درجة الحرارة، التذبذب Solvation (S44) وهو عدد جزئيات المذيب التي تغلف كل أيون.

ويطلق تعبير حركية الأيون على السرعة التي يتحرك بها الأيون تحت تأثير تناقص جهد كهربائي يساوي ١ فولت لكل سم. وتتراوح حركية الأيونات المختلفة بين  $٣ \times 10^{-4}$  و  $٨ \times 10^{-1}$  متر في الثانية. ومما هو جدير بالذكر أن أيونات الهيدروجين تتحرك بسرعة أعلى بكثير من سرعة الأيونات الأخرى. ولذلك أهمية خاصة، فإلى جانب أنها تفسر سبب الموصلية العالية للأحماض القوية فإنها تشير إلى أن هذه السرعة العالية جدا لا يمكن تفسيرها إلا بافتراض أن أيون الهيدروجين وهو عبارة عن بروتون ينتقل من جزئ من جزئيات الماء إلى جزئ آخر أثناء انتقاله خلال المحلول وكأنه في سباق للقوارب يقفز من قارب إلى القارب الذي يسبقه وبذلك يستفيد من فارق المسافة ليضاعف من سرعته. وفي الجدول (٩) قيم لحركية بعض الأيونات في الماء.

جدول (٩)  
حركية بعض الأيونات

كاثيونات	الأيون	الحركية $\times 10^4$ (متر/ثانية)	أنيونات	الأيون	الحركية $\times 10^4$ (متر/ثانية)
H <sup>+</sup>		٣٦,٣	OH <sup>-</sup>		٢٠,٥
K <sup>+</sup>		٧,٦١	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>		٨,٢٦
Ba <sup>+2</sup>		٦,٦	Γ		٧,٩٥
Ca <sup>+2</sup>		٦,١٦	Cl <sup>-</sup>		٧,٩١
Na <sup>+</sup>		٥,١٩	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		٧,٤١

Ionic strength<sup>(6,8)</sup>

## القوة الأيونية

القوة الأيونية (I) لملح ما في مذيب معين هي مقياس لقوة المجال الكهربائي الناتج عن الأيونات الموجودة في المحلول. وتعتمد قيمتها على تركيز كل أيون وشحنة كل منها ويعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$I = 1/2 \sum_0^i c_i Z_i^2$$

حيث  $c_i$  تركيز كل أيون (i) و  $Z_i$  تكافؤ كل أيون.

وتستخدم القوة الأيونية في أغراض كثيرة منها:

(1) حساب ذوبانية الأملاح قليلة الذوبان Sparingly soluble salts مثل كبريتات الكالسيوم

فمن نتائج نظرية ديبياي وهوكل Debye-Huckel theory ما يسمى بالقانون الحدي للأملاح قليلة

الذوبان Limiting law for sparingly soluble salts والذي يتمثل في العلاقة الآتية:

$$\log\left(\frac{S}{S_0}\right) = A Z_+ Z_- \sqrt{I}$$

حيث

$S_0, S$  ذوبانية الملح محدود الذوبان في المحلول المعني وذوبانيته في الماء النقي على التوالي

و  $Z_+ Z_-$  حاصل ضرب تكافؤ الأيون الموجب والأيون السالب على التوالي

و I القوة الأيونية

و A ثابت تتوقف قيمته على درجة الحرارة

وهناك علاقات أكثر دقة للتنبؤ بذوبانية الأملاح محدودة الذوبان في المحاليل الأكثر تركيزاً،

وهذه العلاقات تُنحَل في الاعتبار حجم الأيونات وتأثير كل أيون على الأيون المجاور عندما

تكون المسافات بينهما صغيرة.

(2) حساب الحجم المولالي الظاهري  $V_i$  Apparent molal volume من علاقات رابطة Correlations

مثل:

$$V_i = A_{oi} + B_{oi} I^{1/2}$$

حيث  $A_{oi}$ ,  $B_{oi}$  معاملات يجري تعيينها لكل ملح من الأملاح، وتعتمد على طبيعة الملح وعلى درجة الحرارة. ومن الحجم المولالي الظاهري يمكن حساب كثافة (d) أى محلول من المحاليل مهما تعددت الأملاح الذائبة فيه.

$$d = \frac{1000 + \sum m_i M_i}{V_o + \sum m_i V_i}$$

حيث

$M_i$  الوزن الجزيئي لكل ملح

و  $m_i$  مولالية كل مكون من مكونات المحلول

و  $V_o$  حجم ١٠٠٠ جم من الماء عند درجة الحرارة المطلوبة

(٣) حساب معامل الفعالية ( $f_x$ ) Activity coefficient (A8) أيون ذائب في الماء

$$-\log f_x = \frac{A Z^2 \sqrt{I}}{1 + 1.4 \sqrt{I}}$$

حيث

Z تكافؤ الأيون

A ثابت تتغير قيمته بتغير درجة الحرارة

(٤) حساب الضغط التناضحي لمحلول ما [أنظر حساب الضغط التناضحي

.](O6) Osmotic pressure calculation

I18

رقم الانتقال الأيوني Ionic transport number<sup>(8,10)</sup>

رقم الانتقال الأيوني (t) هو الجزء الذي يحمله كل أيون من التيار الكلي الذي يمر في المحلول وقيمته تعتمد على السرعة النسبية للكاتيون والأيون فإذا أخذنا ملحا ثنائيا بسيطا فإن رقم الانتقال الأيوني للكاتيون (t+) هو عبارة عن

$$t_+ = \frac{\text{التيار الذي يحمله الكاتيون}}{\text{التيار الكلي}}$$

حيث  $v_+$ ,  $v_-$  هي السرعات المطلقة للأيون والكاتيون على التوالي. كما أنه من الممكن تعريف رقم

الانتقال الأيوني كما يلي:

$$t_+ = \frac{v_+}{v_+ + v_-}$$

حيث

$\Lambda_+$  الموصلية الكهربية للكاثيون عند التركيز المعني

$\Lambda_\infty$  الموصلية الكهربية للكاثيون في محلول ذي تخفيف لا نهائي Infinite dilution

$$t_+ = \frac{\Lambda_+}{\Lambda_\infty}$$

I19

Iron bacteria<sup>(1,7)</sup>

بكتريا الحديد

بكتريا الحديد هي أنواع من البكتريا تتغذى على الحديد المختزل (الحديدوز) وتقوم بإفراز انزيمات تساعد على أكسدة الحديدوز إلى حديديك حيث يتم اختزان هذه البكتريا في أغلفة Sheaths أو سويقات Penduncles أو كبسولات.

وجود آثار Traces من الحديد في الماء تكفي للبدء في هذه العملية التي يتولد عنها تكون درينات Tubercles تتراكم إلى الحد الذي قد يتسبب في انسداد الأنابيب الحاملة للماء. ومن الممكن التثبت من وجود هذه المخلفات البكتيرية بإذابة عينة منها في حامض مركز واختبار الناتج تحت الميكروسكوب حيث تظهر كخييطات بكتيرية مغلقة باكسيد الحديد. وبالإضافة إلى ذلك فإن المواضيع التي تغطي بهذه الخييطات تصبح خالية من الأكسجين Anaerobic مكونة خلايا تهوية تفاضلية Differential aeration cells (D21) تؤدي إلى تآكل الجدران، كما أن هذا الجو يساعد على نمو البكتريا المختزلة للكبريتات (B2) Sulphate-reducing bacteria مما يؤدي إلى مزيد من التآكل.

ومن أصناف بكتريا الحديد:

ليبتوثريكس Liptothrix وتكون على شكل خييطات Filaments أو ترخومات Trichomes تحتوي على صف واحد من الخلايا الاسطوانية محاطة بغلاف يكون في أول الأمر رقيقا لا لون له ولكنه يزداد سمكا ويتحول لونه إلى البني ويزداد دكائة كلما ازداد امتصاصه لأكسيد الحديد.

كرينوثريكس Crenothrix وهنا نجد أن الترخومات مفتوحة من الطرفين بحيث تسمح بتسرب خلايا تصطف لكي تكون ترخومات جديدة، هذا ويتكون غلاف حديدي لهذه البكتريا بطريقة مماثلة لما يحدث مع الليبتوثريكس.

جاليونيللا Gallionella وهي خلايا تنمو على سويقات حلزونية Spiral stalks وتكون إما متفرعة Branched أو غير متفرعة.

I20

Isoelectric point<sup>(2,8,10)</sup>

نقطة التعادل الكهربائي

نقطة التعادل الكهربائي للبروتينات والأحماض الأمينية والغرويات العالقة Suspended colloids هي النقطة التي عندها تتعادل الشحنات الكهربائية فتصبح حبيبات هذه المواد في حالة تعادل كهربائي.

تعتمد الشحنة الكهربائية التي تحملها الغرويات على سطحها على الوسط الذي توجد فيه وبالذات على الرقم الهيدروجيني لهذا الوسط لأن الحبيبات الغروية تتحد مع أو تمتاز على سطحها أيونات الهيدروجين ( $H^+$ ) أو الهيدروكسيل ( $OH^-$ ) حسب تكوينها الكيميائي. وتسمى النقطة (الرقم الهيدروجيني) التي يحدث عندها التعادل الكهربائي بنقطة التعادل الكهربائي، ونظرا لأن وجود شحنة كهربائية سالبة كانت أو موجبة على سطح الحبيبات يجعلها تتنافر مما يعوق تدمجها (تكتلها) (A20) Agglomeration فمن ثم تصل قابلية هذه الحبيبات للتمج إلى أقصاها عند نقطة التعادل الكهربائي.

I21

Isotherm, Adsorption<sup>(9,10,24)</sup>

منحنى الامتزاز عند درجة حرارة ثابتة

جرت العادة على بيان كميات المادة الممتزة (A10) Adsorbate التي تستطيع مادة مازة Adsorbent (A11) على تثبيتها فيزيائيا على سطحها أو في مسامها على هيئة رسم بياني بين الكمية الممتزة عند حالة الاتزان وبين تركيز المادة الممتزة عند درجة حرارة ثابتة، ويطلق على الرسم البياني الناتج عن ذلك اسم منحنى الامتزاز عند درجة حرارة ثابتة. وبالنسبة للغازات عادة ما يكون الإحداثيات الرأسية Ordinate هو كمية الغاز الممتز (عند الصفر المئوي وضغط كلي قدره ٧٦٠ مم زئبق) على كل جرام من المادة المازة وهي خالية من المادة الممتزة. أما الإحداثيات الأفقية Abscissa فيكون هو الضغط الجزئي للغاز الممتز. ويبين الشكل (٣٧) منحنى نمطي لامتزاز (عند درجة حرارة بعيدة عن درجة الحرارة الحرجة للغاز Critical temperature) على مادة مازة صلبة ومنه يمكن ملاحظة أن كمية المادة الممتزة تتزايد مع ازدياد ضغطها الجزئي ولكن معدل الزيادة يأخذ في التناقص كلما زاد الضغط (ميل المنحنى يقل مع زيادة الضغط) وكثيرا ما يعبر عن منحنى الامتزاز عند درجة حرارة ثابتة بمعادلة ارتباطية مثل:

$$x = k_1(p)^{\frac{1}{n}}$$

حيث

$$\chi \text{ كمية المادة الممتزة} = \frac{\text{وزن المادة التي تم امتزازها عند نقطة الاتزان}}{\text{وزن المادة المازة}}$$

$p$  الضغط الجزئي للمادة الممتزة في الطور الغازي

$k, n$  ثوابت تختلف باختلاف المادة المازة والمادة الممتزة

ويطلق على هذه المعادلة اسم منحنى فروندليخ Freundlich isotherm

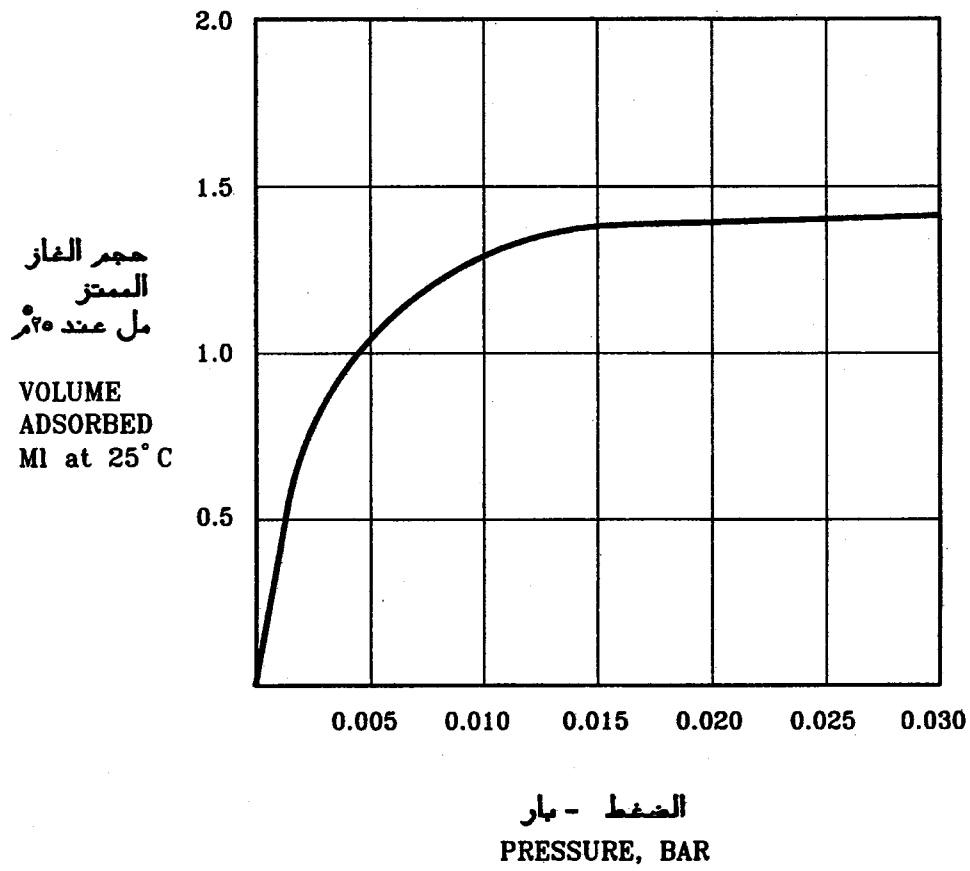
وهناك أيضا منحنى لانجمير Langmuir الذي تمثله المعادلة التالية:

$$x = \frac{k_2 P}{1 + k_3 p}$$

والذي من الممكن استخدامه كمعادلة ارتباطية لإيجاد كمية المادة الممتزة  $\chi$  عند ضغط جزئي  $p$  حيث  $k_2, k_3$  ثوابت.

ومن أمثلة الامتزاز من سائل إلى مادة صلبة هو امتزاز مادة عضوية ذائبة في الماء على الكربون المنشط (A5) Activated carbon وفي هذه الحالة يكون منحنى الامتزاز بين كمية المادة العضوية التي يتم امتزازها وبين تركيز المادة العضوية المتبقية في الماء عند نقطة الاتزان ( $C_e$ ) وإذا تم رسم لوغاريتم هذا التركيز مع لوغاريتم المادة التي تم امتزازها  $\chi$  منسوبا إلى وزن المادة المازة (الكربون المنشط) يكون الناتج خطا مستقيما ميله يساوي  $1/n$  ويقطع الأحداث الأفقي عند  $k_4$  حيث  $C_1=1$  أو  $\log C_1=0$ .





شكل (٢٧) منحنى الامتزاز عند درجة حرارة ثابتة  
ADSORPTION ISOTHERM

I22

### عملية ثابتة درجة الحرارة Isothermal process<sup>(12)</sup>

كثيرا ما يكون من المرغوب فيه إجراء عملية ما عند درجة حرارة ثابتة، ويتم ذلك بالتخلص من الحرارة المتولدة عن العملية بنفس المعدل الذي تتولد به إذا كنت العملية طاردة الحرارة Exothermic أما إذا كانت العملية ماصة للحرارة Endothermic فإن الحرارة تضاف بالمعدل اللازم للاحتفاظ بدرجة الحرارة ثابتة، وغالبا ما يتم ذلك عن طريق دائرة تحكم تُنظِّم معدل دخول ماء التبريد مثلا في الحالة الأولى، أو دخول البخار الذي يجري تكثيفه والاستفادة من الحرارة الكامنة المتولدة عن التكثيف في الحالة الثانية.

I23

### ثابت الخواص في جميع الاتجاهات Isotropic<sup>(14)</sup>

يطلق على جسم ما هذا الاسم إذا كانت خواصه ثابتة لا تتغير قيمتها في جميع الاتجاهات مثل موصلية الحرارة Heat conductivity أو موصلية الكهرباء Electrical conductivity .

J1

## وحدة جاكسون لقياس العكارة (التعكير) Jackson turbidity unit<sup>(10)</sup>

وحدة قياسية للتعبير عن مدى تعكير الماء وهي تعتمد على النظر بالعين المجردة إلى شعلة شمعة خلال عمود من الماء تعكسه مواد عالقة موجودة في أنبوب زجاجي شفاف. ولما كانت هذه الطريقة ليست دقيقة وتختلف نتائجها باختلاف طبيعة المواد العالقة، فعادة ما يتم استخدام مقاييس أكثر دقة مثل وحدة فورمازين لقياس العكارة Formazine turbidity unit أو الوحدة النيكلومترية لقياس العكارة Nephelometric turbidity unit (N12).

J2

## اختبار الجرة Jar test<sup>(7)</sup>

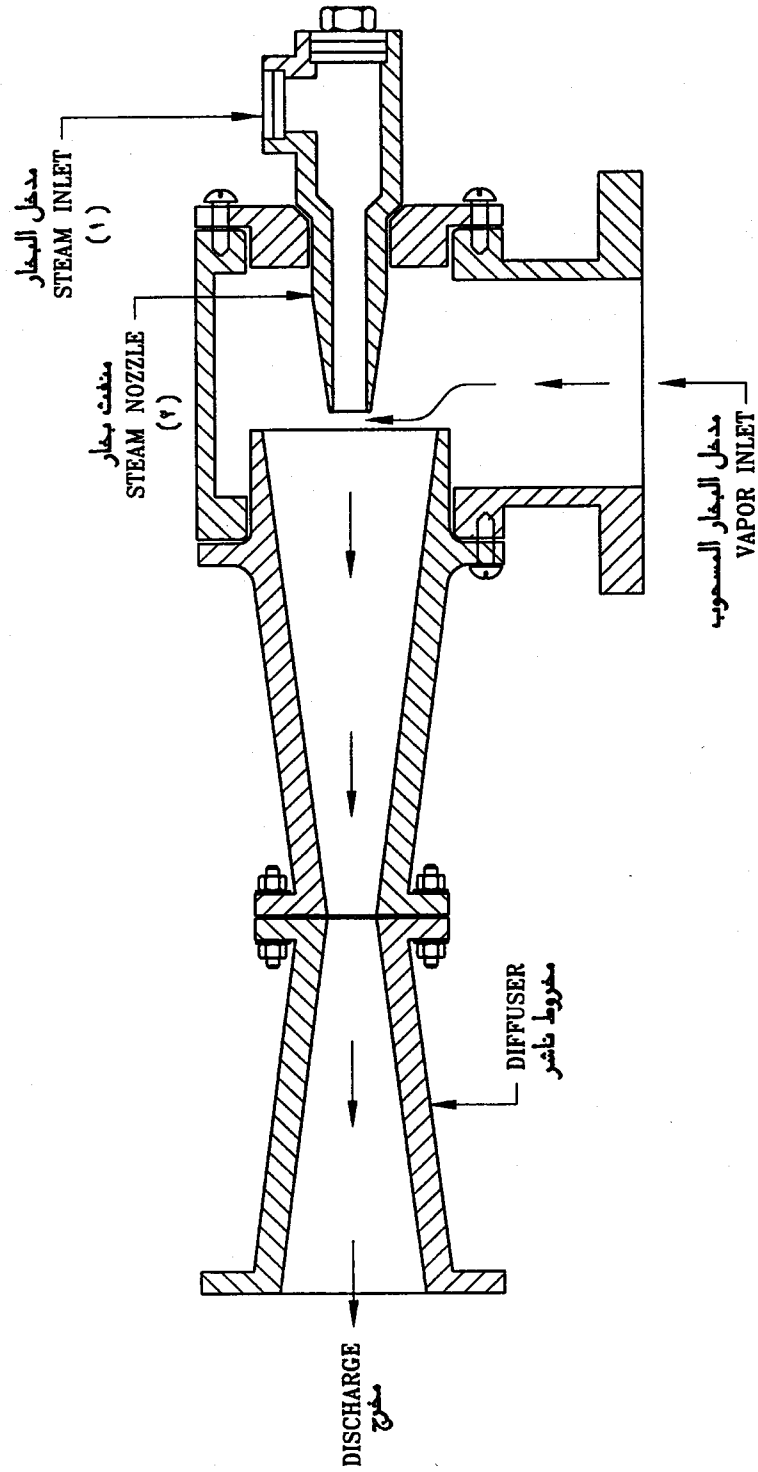
طريقة معملية لعمل القياسات الخاصة بالتخثر (C21) Coagulation و التمدج (التكثف) Flocculation (F20) و الترسيب Sedimentation (S16) ويشتمل الجهاز المستخدم لهذا الغرض على عدد (عادة أربعة) من الجرار Jars أو القوارير Flasks: سعة كل منها لتر، ومزود كل منها بخلاط. وهذه الخلاطات تعمل بعامود الإدارة والحد بيدير محرك (موتور) متعدد السرعات Variable speed motor. ويستخدم اختبار الجرة للمقارنة بين مدى فاعلية المخثرات أو المدمجات (المكثلات)، أو لتحديد الجرعة المثلى من مخثر أو مدمج ماء، أو لتحديد الرقم الهيدروجيني الأمثل للقيام بهذه العمليات على أكمل وجه.

ويبدأ الاختبار بملء الجرار لحجم متساوي من الوسط المراد إجراء التجارب عليه ثم إضافة كمية المخثر أو المدمج المقتنة لكل جرة وضبط الرقم الهيدروجيني عند المستوى المطلوب في كل منها. بعد ذلك يبدأ تقليب محتويات كل جرة تقريبا سريعا (١٢٠ لفة في الدقيقة) متساويا في جميع الجرار ويستمر التقليب لمدة دقيقتين ثم تخفض السرعة إلى ٢٥ لفة في الدقيقة ويستمر التقليب بهذه السرعة لمدة ١٥ دقيقة. وفي هذه المرحلة يحدث تكثف العوالق وبعد هذه الفترة تترك العوالق المتكثفة لترسب لمدة ٣٠ دقيقة. وبعد ذلك وعن طريق عمل قياسات درجة التعكير المتبقية في السائل الطافي Supernatant liquid في كل جرة أو قياسات أخرى مقارنة بين محتويات الجرار المختلفة، يمكن التوصل إلى أفضل ظروف التشغيل التي تؤدي إلى أحسن النتائج.

تتكون النفائث القاذفة [أنظر أيضا نفث القذف (E3) Ejector] من مُنْقَث Nozzle يمر منه غاز (بخار) أو سائل (ماء) عند ضغط عال جدا على هيئة نافورة في أنبوب فينتوري Venturi tube حيث يتم تحويل طاقة الضغط إلى طاقة سرعة ويتولد عن ذلك تخلخل (انخفاض في الضغط). ولذلك تعتبر النفائث القاذفة نوع هام من أنواع مضخات التفريغ Vacuum pumps التي لا يوجد بها أجزاء تدور Moving parts . وفيها يسحب المائع الذي يراد التخلص منه (عادة غازات غير قابلة للتكثف Noncondensable gases) بواسطة مائع آخر (بخار أو ماء) يسري بسرعة فائقة. وكما هو موضح في الشكل (٣٨) فإن البخار عند ضغط حوالي ٧ جوي يدخل من الفتحة (١) إلى منفث (٢) "مقرب/مباعد" Converging-diverging nozzle الذي يخرج منه البخار عند سرعة تفوق سرعة الصوت Supersonic ليُدخل في مخروط ناشر Diffuser. وفي الجزء المقرب من المخروط يختلط الغاز المراد سحبه بالبخار فتتخفف سرعة البخار إلى سرعة الصوت أو أقل منها، وفي الجزء المباعد من المخروط تتحول الطاقة الحركية Kinetic energy لخليط الغاز والبخار إلى طاقة ضغط بحيث يمكن تصريف هذا الخليط إلى الجو المحيط، غير أنه في أغلب الأحيان (خاصة إذا ماكانت النفائث القاذفة تتكون من عدة مراحل تصل بعض الأحيان إلى خمسة) يرسل هذا الخليط إلى مكثف حيث يتم تبريده بالماء.

ولا تحتاج النفائث القاذفة إلا إلى صيانة محدودة، وتزداد أهمية استخدامها مع الغازات التي قد تُفسد بالتآكل مضخات التفريغ الميكانيكية. وفي الأحوال التي تستدعي معاملة خاصة يمكن صناعة النفائث والناشرات من معادن لا تصدأ.

وعندما يستخدم البخار كمائع محرك يطلق على هذه النفائث اسم نفائث بخارية قاذفة Steam-jet ejectors وإذا استخدم الماء بدلا من البخار سميت نفائث مياه قاذفة Water-ejectors . هذا ويمكن للنفائث القاذفة البخارية توليد خلطة يصل مداها إلى ضغط يساوي ١ مم زئبق أما النفائث القاذفة المائية فالحدود الدنيا للتفريغ الذي يمكن أن يصل إليها الضغط هو قيمة الضغط البخاري Vapour pressure (V2) للماء المستخدم ولهذا السبب فقد يفضل الماء المالح في بعض الأحيان لانخفاض ضغطه البخاري عن الماء العذب عند نفس درجة الحرارة.



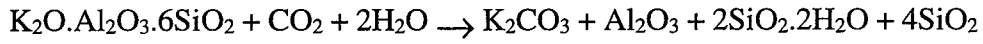
شكل (٣٨) نفثات قاذف بخاري  
STEAM JET EJECTOR

K1

Kaolin<sup>(30)</sup>

الكاولين

نوع معين من التراب غالباً ما يكون محتواه من الألومنيوم  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  عال، وهو عبارة عن سيليكات ألومنيوم مميأة Hydrated تنتج من تأثير عوامل التعرية على صخور Igneous rocks التي يكون فلدسبار البوتاسيوم هو المكون الأساسي لها كما يتبين من المعادلة الآتية:



Potash feldspar

Kaolinite

وإلى جانب الاستخدام الأكبر للكاولين في صناعات الفخار فإنه يستعمل في بعض الأحيان في عمليات معالجة المياه.

K2

Kelvin`s degree ( $^{\circ}K$ )<sup>(11)</sup>

درجة كلفن

وحدة قياس درجة الحرارة المطلقة التي يُعبّر فيها الصفر المطلق ( $0^{\circ}K$ ) عن درجة الحرارة التي تتلاشى عندها تماماً سرعة الغازات المثالية Ideal gases أي تصبح طاقتها الحركية تساوي صفراً. وهذه الدرجة تساوي  $273,2$  درجة على مقياس سيلزيوس (المئوي) وعليه فإن أي درجة حرارة على المقياس المئوي يمكن تحويلها إلى الدرجة المطلقة على مقياس كلفن بإضافة  $273,2$  أي أن

$$^{\circ}K = t^{\circ}C + 273.2$$

ومن ثم يكون الصفر المئوي (نقطة انصهار الجليد)

$$0^{\circ}C + 273.2 = 273.2^{\circ}K$$

ونقطة غليان الماء النقي عند واحد جوي

$$100^{\circ}C + 273.2 = 373.2^{\circ}K$$

K3

Kinematic viscosity<sup>(20)</sup>

اللزوجة الكينماتيكية

اللزوجة الكينماتيكية (ν) تساوي اللزوجة المطلقة معبرا عنها بالبواز poise (جم لكل سم ثانية) مقسومة على كثافة المائع عند درجة حرارة الغرفة معبرا عنها بالجرام لكل سم<sup>3</sup>. والوحدات التي تقاس بها اللزوجة الكينماتيكية هي ستوك Stoke والذي يساوي سم<sup>2</sup>/ثانية

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\frac{\text{اللزوجة المطلقة بالبواز}}{\text{الكثافة جم/سم}^3} = \frac{\text{سم}^2}{\text{جم}} \times \frac{\text{جم}}{\text{سم}^3} = \frac{\text{سم}^2}{\text{ثانية}}$$

[أنظر أيضا اللزوجة Viscosity (V3)].

L1

Lagooning, Natural<sup>(1,9)</sup>

التهوية الطبيعية في الأحواض

تتم تهوية مياه الصرف في أحواض واسعة ضحلة (عمق ٨٠-١٢٠ سم) بحيث تسمح للضوء بالنفوذ خلال الماء مما يساعد على نمو الطحالب الخضراء التي تنتج الأكسجين بواسطة التمثيل الضوئي Photosynthesis مما يساعد على نمو البكتيريا التي تلعب دورا هاما في تنقية الماء من الملوثات الموجودة فيه. ولكن هذه الطريقة البسيطة تحتاج إلى مكان واسع ووقت طويل جدا. ولضمان كفاءة التهوية دون توليد روائح وانتشار الهوام (الحشرات) كالذباب والبعوض تتم معالجة تيار التغذية معالجة سابقة لدخول الحوض. ويمكن لهذه الطريقة من التهوية خفض الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD<sub>5</sub> بما قيمته ٢٥-٥٠ كجم لكل هكتار (١٠ متر مربع) أي ٢,٥ إلى ٥ جم لكل متر مربع في اليوم. غير أن كثرة الطحالب المتخلفة عن العملية تجعل المياه الناتجة لا يقل محتواها من المواد العالقة عن ٨٠-١٢٠ مجم/لتر.

L2

Lagoons, Aerated<sup>(1,9)</sup>

الأحواض المهوأة

تجرى عملية تهوية مياه الصرف المحتوية على كمية قليلة من العوالق الصلبة في أحواض عميقة (عمق ٢م فأكثر). ويجرى تصميم عملية إدخال الهواء طبقا للاحتياج البيوكيميائي للأكسجين. ونظرا لأن حجم الحوض كبير فإن معدل الاستهلاك النوعي للطاقة Specific power consumption يتراوح بين ٢-٥ وات لكل متر مكعب. وفي هذا الحوض الكبير يحدث اتزان Equilibrium بين مدخلات الملوثات والقابلة للتحلل بيولوجيا Input biodegradable pollution وبين كمية البكتريا التي تنمو في الحوض على هذه الملوثات، هذا ويترسب جزء من الملوثات والبكتريا المتكونة إلى قاع الحوض حيث تجرى عملية تخمير لا هوائي Anaerobic fermentation. ونظرا للأثر الكبير لدرجة الحرارة على فعالية البكتريا المستتبنة Bacterial culture في هذه الأحواض فمن الواجب ملاحظة هذا العامل المهم عند التصميم.

ويتم تخفيض مستوى التلوث في هذه الأحواض من قيمته الأصلية ( $L_0$ ) إلى قيمته النهائية ( $L_f$ ) في زمن استبقاء Residence time ( $R_{13}$ ) مدته ( $t$ ) يوما، وإذا عرفنا كفاءة إزالة التلوث كنسبة مئوية  $E$  كما يلي:

$$E = 100 \left( \frac{L_0 - L_f}{L_0} \right)$$

فإن  $E$  سوف تعتمد على درجة الحرارة ( $T$ ) وعلى زمن الاستبقاء طبقا للعلاقة التالية:

$$E = 100 - \frac{100}{1 + K_T t}$$

حيث  $K_T$  عبارة عن مدى إزالة التلوث BOD عند درجة حرارة  $T$  والذي يربطه مع مدى إزالة التلوث BOD عند درجة حرارة  $20^\circ\text{C}$  العلاقة الآتية:

$$K_T = K_{20} \theta^{T-20}$$

أما  $\theta$  فهي معامل تأثير درجة الحرارة والذي يساوي

١,٣٥ عند درجات حرارة أقل من  $20^\circ\text{C}$

١,٠٥ عند درجات حرارة أعلى من  $20^\circ\text{C}$



وتتوقف قيمة  $K_{20}$  على زمن الاستبقاء (t) كما هو مبين فيما يلي:

T يوم	٢	٤	٦	٨	١٠	١٥	٢٠
$K_{20}$	٠,٥	٠,٦٧	٠,٧٥	٠,٨	٠,٨٣	٠,٨٨	٠,٩١

وفيما يلي بعض الملامح التصميمية للأحواض المهوأة:

التحميل العضوي BOD5 ٢,٥-٣٣,٥ جم/م<sup>٣</sup>/يوم  
العمق (متر) ١,٨-٦,١ (٦-٢٠ قدم)

L3

Laminar flow<sup>(18,20)</sup>

السريان الطبقي أو الصفائحي

يكون السريان طبقيًا عندما يسري تيار من أحد الموائع (غاز أو سائل) في مجرى ببطء كاف بحيث يكون سريانه وكأنه يتكون من طبقات (صفائح) رقيقة متجاورة لكل طبقة سرعة ثابتة ولكن كل سرعة تختلف عن سرعة الطبقة المجاورة اختلافًا تفاضليًا Differential. وإذا كان المجرى أنبويًا فإن سرعات هذه الطبقات تزداد من الجدار إلى منتصف الأنبوب بحيث تُكوّن قطعًا مكافئًا Parabol. ولما كان الانسياب الطبقي أكثر احتمالًا في الموائع اللزجة Viscous fluids لذلك فإنه يُطلق عليه في بعض الأحيان اسم Viscous flow كما أنه يسمى أيضًا Streamline flow. ويعتبر رقم رينولد Reynold's number (R20) مقياس وجود هذا النوع من السريان فإذا كان رقم رينولد أقل من ٢١٠٠ فإن ذلك يؤخذ كدلالة على أن قوى اللزوجة Viscous forces هي القوى المسيطرة على السريان وأن الخلط المستعرض Transverse mixing غير موجود وبالتالي يكون السريان طبقيًا.

L4

## دليل (معامل) لانجلير للتشبع Langlier saturation index<sup>(1,4,33)</sup>

دليل لانجلير هو أحد أدلة كربونات الكالسيوم التي تستخدم لتقدير ميل الماء إلى ترسيب قشور كربونات الكالسيوم أو إذابتها. وتقييم هذا الميل يساعد في عمل برامج لمنع ترسيب القشور في الأنابيب والمبادلات الحرارية في الصناعة وكذلك سخانات المياه المنزلية.

إذا كان الماء فوق التشبع Supersaturated بالنسبة لكربونات الكالسيوم فإنه يميل إلى ترسيب كربونات الكالسيوم على الأسطح التي يلامسها أما إذا كان أقل من التشبع Undersaturated فإنه يميل إلى إذابتها. أما المياه التي تكون عند نقطة التشبع Saturation point أو الاتزان فلا تميل إلى الترسيب ولا الإذابة. ومن ثم فدرجة التشبع تعتبر الخط الفاصل بين احتمال الترسيب واحتمال الإذابة.

ومن المعروف أن أنابيب الصلب تتمتع بحماية سطوحها الداخلية من التآكل عندما يترسب عليها طبقة رقيقة من كربونات الكالسيوم تسمى الطبقة الواقية (P26) Protective layer ويفسر تعويق كربونات الكالسيوم للتآكل بتغطية المناطق القابلة للتآكل بالإضافة إلى تزويد السطح بنسيج Matrix يحتجز نواتج التآكل إذا حدث فيزيد السطح حماية ضد التآكل. لهذا السبب فإن الماء إذا كان أقل من التشبع وبالتالي يميل إلى إذابة الطبقة الواقية يقال أنه يكون مسببا للتآكل.

وقد عرف لانجلير دليله (معامله) على أنه الفرق بين الرقم الهيدروجيني لعينة الماء المعينة (Ph) ورقمها الهيدروجيني عندما تصل إلى درجة التشبع بكربونات الكالسيوم عند نفس درجة حرارة الماء. ويعتبر لانجلير أن الماء يميل إلى تكوين القشور إذا كان الفرق (pH-pH<sub>s</sub>) موجبا وإذا كان سالبا فإن الماء يكون مسببا للتآكل. أما إذا كان الفرق صفرا أي أن pH=pH<sub>s</sub> فإن ذلك يعني أن الماء عند نقطة التشبع فلا يكون رواسب أو قشور ولا يسبب تآكلا.

ولقد اعتمد لانجلير في طريقة حساب هذا الدليل على معرفة المعلومات الآتية:

- عسر الكالسيوم (H1) Calcium hardness

- القلوية الكلية (A25) Total or M-alkalinity

- التركيز الكلي للأملاح TDS Total dissolved salts

- الرقم الهيدروجيني لعينة الماء

- درجة الحرارة السائدة في الماء

والشكل (٣٩) يقدم حلا بيانيا لطريقة التوصل إلى pH<sub>s</sub> وبالتالي إلى دليل (معامل) لانجلير

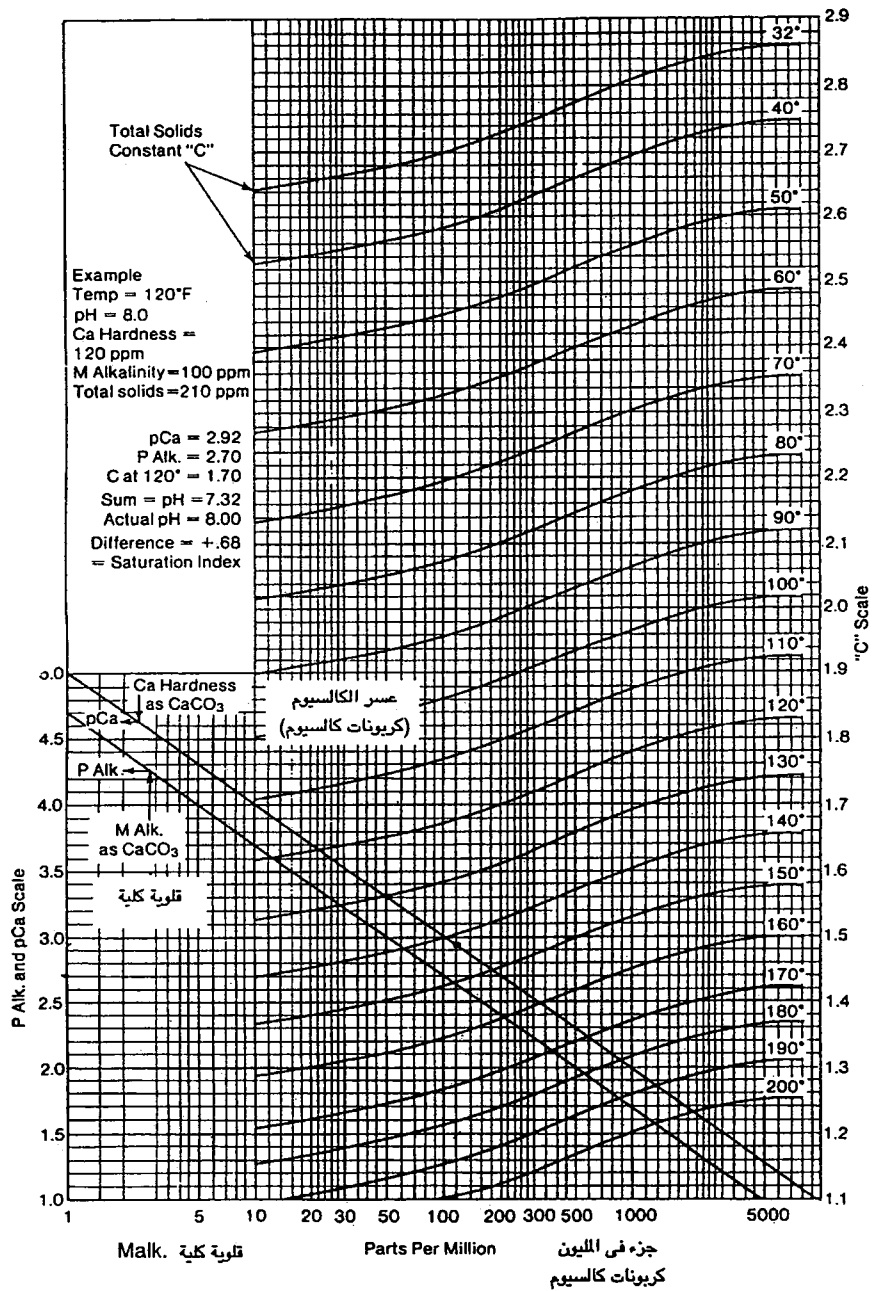
وفي الشكل المذكور نجد ما يلي:

- \* منحني يعطي pCa بدلالة عسر الكالسيوم مقبسا بجزء في المليون كربونات كالسيوم حيث  $pCa = -\log_{10}(Ca)$  ، عسر الكالسيوم (جزئ جرامي في اللتر)
- \* منحني يعطي pAlk بدلالة القلوية الكلية مقبسة بجزء في المليون كربونات كالسيوم حيث  $pAlk = -\log_{10}(Alk)$  ،  $pAlk = pAlk - 0.3$  (جزئ جرامي في اللتر)
- \* منحنيات كل منحني عند درجة حرارة معينة تعطي C بدلالة التركيز الكلي للأملاح TDS (جزء في المليون)
- وفي هذه الطريقة يؤخذ  $pH_s$  على أنه مجموع القراءات الثلاث

$$pH_s = pCa + pAlk + C$$

والمثال المحلول على الرسم لماء درجة حرارته ١٢٠°م (٤٦°م)، ورقمه الهيدروجيني  $pH=8$ ، وعسر الكالسيوم فيه = ١٢٠ جزء في المليون على هيئة كربونات كالسيوم، وقلويته الكلية  $Malkalinity = 100$  جزء في المليون على هيئة كربونات كالسيوم. أما التركيز الكلي للأملاح الذائبة في الماء TDS فهو ٢١٠ جزء في المليون. وعليه يكون  $pH_s = 8 = 1.7 + 2.7 + 2.92 = 7.32$ ، ولما كان الرقم الهيدروجيني للماء  $pH$  هو ٨ فإن دليل لانجلير يكون  $8 - 7.32 = 0.68$ .

وهذا يدل على أن من المتوقع ألا يسبب هذا الماء تآكلا ولكن قد يكون رواسب أو قشور. ويجب توخي جانب الحذر عند استخدام دليل لانجلير بغرض التحكم في التآكل أو ترسيب القشور إذ أن هناك عوامل كثيرة قد تعترض جدوى هذا الاستخدام مثل تغير درجة الحرارة وتغير ظروف التشغيل. هذا بالإضافة إلى أن وجود الأكسجين ذائبا في الماء يجب أن يؤخذ في الاعتبار، إذ أنه من الممكن أن يؤدي وجوده إلى أن يكون الماء مسببا للتآكل بالرغم من كون دليل لانجلير يساوي صفرا. وبالإضافة إلى ذلك فإن الحكم على الماء غير المشبع بكربونات الكالسيوم بأنه مسبب للتآكل يصبح غير ذي معنى في حالة غياب الطبقة الواقية Protective layer (P26) أساسا. هذا وتجدر الإشارة إلى أن عدوانية الماء  $Water\ aggressiveness\ (W1)$  بالنسبة لكربونات الكالسيوم لا يمكن اعتبارها من الناحية العلمية الدقيقة مناظرة تماما للتآكل المعدني وخاصة تآكل الصلب لأنه قد يكون الماء غير عدواني بالنسبة لكربونات الكالسيوم ولكنه يسبب تآكل الصلب لاعتبارات أخرى غير تلك الداخلة في تعريف العدوانية بالمنظور المرتبط بكربونات الكالسيوم.



شكل (٣٩) دليل لانجليير للتشبع Langlier Saturation Index

Source: Drew Chemical Corporation (1984) Drew Principles of Industrial Water Treatment, p 242. Booton, New Jersey: Drew Chemical Corporation.

وفي محاولة لزيادة الموثوقية Reliability في التنبؤ بسلوك الماء مسببا للتآكل أو مرسبا للقشور تم اقتراح دليل ريزنر للاستقرار (R21) Ryznar stability index . بالإضافة إلى دليل ستيف ودافيز Stiff & Davies Index (S48) الذي اقترح ليكون أكثر ملاءمة للمحاليل عالية الملوحة كتلك المستخدمة في حقول استخراج البترول والتي يكون تركيز الأملاح فيها عال بالدرجة التي يكون للقوة الأيونية Ionic strength (I17) أثرها على ذوبانية كربونات الكالسيوم.

وهناك طرق حسابية أكثر دقة [أنظر أدلة التشبع (S7) Saturation indices] تدخل في الاعتبار أيونات الكالسيوم غير المتاحة للترسب على هيئة كربونات كالسيوم، والقلوية الناتجة من أيونات غير البيكربونات والكربونات والهيدروكسيد، ومعامل الفعالية بدلالة القوة الأيونية محسوبة من التركيب الأيوني للماء.

L5

### مخطط (رسم بياني) لانجلير للثبات Langlier stability diagram<sup>(6,7,13)</sup>

الرسم البياني المبين بالشكل (٤٠) قدمه لانجلير للمساعدة في التحكم في ترسيب القشور القلوية Alkaline scales من مياه البحر سواء كان مصدرها هيدروكسيد الماغنسيوم أو كربونات الكالسيوم.

توصل لانجلير إلى العلاقة الخطية الآتية لتمثل التشبع بهيدروكسيد الماغنسيوم

$$pK_{Mg} = 2pH - pMg$$

حيث  $pMg$  مقلوب لوغاريتم تركيز أيون الماغنسيوم عند التشبع  $pMg = -\log [Mg]_s$

و  $pH$  الرقم الهيدروجيني

$$[H^+][OH^-] \text{ Ionic product } K_w \text{ حيث } \frac{K_w^2}{(K_{sp})_{Mg}} = K_{Mg}$$

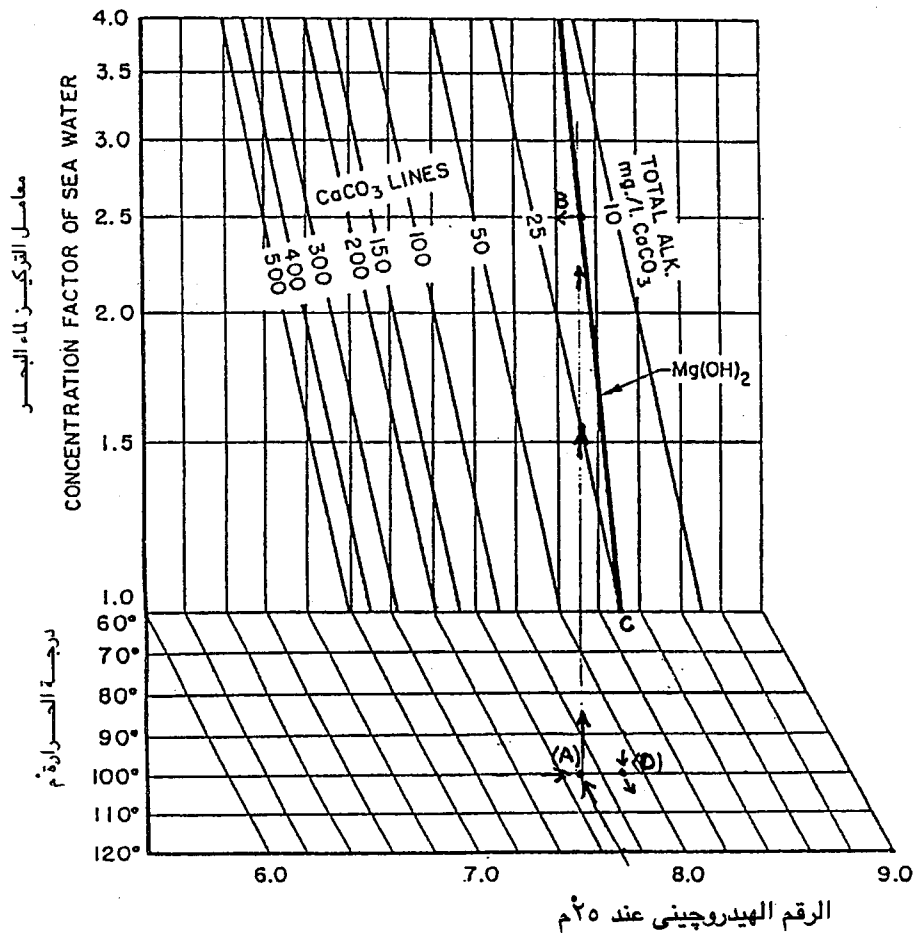
و  $(K_{sp})_{Mg}$  حاصل ذوبانية Solubility product هيدروكسيد الماغنسيوم  $[Mg^{+2}][OH^-]^2$

وقد افترض لانجلير تغير  $K_{Mg}$  خطيا مع درجة الحرارة مستخدما نتيجتين معمليتين عند ٦٠م ( $K_{Mg} = 10.4$ )، ١٠٠م ( $K_{Mg} = 14.6$ ) كما أنه وجد أن التغير مع التركيز يكون طفيفا. ولقد استخدم لانجلير هذه النتائج لرسم مخطط التشبع الخاص بهيدروكسيد الماغنسيوم والذي يكون على شكل خط مستقيم يسمى خط هيدروكسيد الماغنسيوم في الشكل (٤٠) ومنه يمكن التوصل إلى الظروف الحدية لترسيب هيدروكسيد الماغنسيوم من ماء البحر، فالمنطقة على شمال هذا

الخط تمثل حالة تحت التشبع Undersaturation بحيث إذا وضعت عينة من قشور هيدروكسيد المغنسيوم في الماء المتمثل بنقطة في هذه المنطقة فإنها تذوب في الماء. أما المنطقة الواقعة على يمين الخط فهي تمثل حالة فوق التشبع Supersaturation والتي إذا وجدت فإنها تنبئ بترسب قشور هيدروكسيد المغنسيوم.

هذا ولقد راجع ستانديفورد وسينك Standiford & Sinek نتائج لانجلير عام ١٩٦١<sup>(٣٢)</sup> وأضاف إليها اليس وآخرون Ellis et al.<sup>(٣٣)</sup> مقياساً بيانياً لتأثير درجة الحرارة ومعامل التركيز (CF) Concentration factor يجعل في الإمكان استخدامه لدرجات حرارة من ٦٠ إلى ١٢٠م ومعامل تركيز من ١ إلى ٤. أما عند درجات حرارة أعلى من ١٢٠م فيتحرك خط احتمال ترسيب القشور إلى اليسار بتأثير الذوبانية المنعكسة Inverse solubility لهيدروكسيد المغنسيوم (نقل الذوبانية مع ارتفاع درجة الحرارة).

ولكى نعين أعلى معامل تركيز (CF) مسموح به دون حدوث ترسيب لهيدروكسيد المغنسيوم، نقوم برسم خط رأسي من النقطة التي تمثل حالة الماء (مثلاً A لدرجة حرارة ١٠٠م ورقم هيدروجيني ٧,٧) حتى يتقاطع مع خط هيدروكسيد المغنسيوم في النقطة (B) عند معامل تركيز ٢,٥ وهذا يعني أن ماء البحر الذي يجرى تقطيره عند ١٠٠م يمكن تركيزه إلى ضعف تركيزه الأصلي دون أن يبدأ في ترسيب قشور هيدروكسيد المغنسيوم. كما أن المخطط يمكن استخدامه أيضاً لتعيين كيف تتغير نقطة تشبع ماء البحر دون تقطير (C) مع تغير درجة الحرارة فمثلاً نجد أن ماء البحر يصل إلى التشبع بهيدروكسيد المغنسيوم عند رقم هيدروجيني = ٧,٩ إذا ما كانت درجة حرارته ١٠٠م فإذا انخفضت الحرارة إلى ٩٠م فإن الرقم الهيدروجيني للتشبع يصبح ٨ أما عند ١١٠م فيحدث التشبع عند ٧,٨.



شكل (٤٠) مخطط لانجلير للشباب Langlier Stability Diagram

Source: Spiegler KS & Laird ADK, Editors (1980) Principles of Desalination part B, p 635. New York: Academic Press.

أما مخطط الاتزان الخاص بكاربونات الكالسيوم [أنظر أيضا دليل لانجليير للتشبع (L4) Langlier's saturation index] فهو عبارة عن مجموعة من الخطوط المتوازية المبنية على أساس العلاقة التي توصل إليها لانجليير وزملاؤه عام ١٩٥٠

$$pK_{Ca} = pH - pCa - pAlk$$

$$\frac{K^2}{(Ksp)_{Ca}} = K_{Ca} \text{ حيث}$$

و  $(Ksp)_{Ca}$  حاصل ذوبانية كاربونات الكالسيوم  $[Ca^{+2}][CO_3^{-2}]$

و  $K_2$  الثابت الثاني لتفكك حامض الكربونيك

وفي حالة كاربونات الكالسيوم نجد أن تركيز أيون الكالسيوم عند التشبع يعتمد على تركيز أيون الهيدروجين وعلى القلوية الكلية في الماء.

ولقد تم تعيين رقم  $pK_{Ca}$  من دراسات على ذوبان كاربونات الكالسيوم في ماء البحر أثناء تركيزه ووجد أنها ٢,٦ عند ١٠٠م و ٣,٠ عند ٦٠م.

ومن نتائج هذه التجارب أمكن رسم مجموعة الخطوط المتوازية (شكل ٤٠) والتي يمثل كل خط منها قلوية كلية معينة (من ١٠-٥٠٠ مجم كاربونات كالسيوم في اللتر) وفوق كل خط من هذه الخطوط منطقة أعلى من التشبع بكاربونات الكالسيوم، والماء الذي تمثله نقطة في هذه المنطقة يكون ماء مكونا لقشور كاربونات الكالسيوم، أما ما تمثله نقطة واقعة تحت هذا الخط فهو ماء تحت التشبع لا يرسب القشور.

ومما هو جدير بالذكر أن لانجليير عند القيام بتجاربه كان يتأكد من خلو الماء من ناتج أكسيد الكربون الحر. ولما كان وجود هذا الغاز يتسبب في ذوبان قشور كاربونات الكالسيوم لذلك فإن وجوده لا يسبب مشكلة كبيرة إذ أن الأرقام التي يتم الحصول عليها من هذا المخطط تكون أكثر تحفظا من الواقع.

ويعتبر مخطط لانجليير كافيا لأغراض الغالبية من الحسابات الهندسية بالرغم مما اعتمد عليه من فروض مثل عدم تأثر ذوبانية القشور بالتركيز الكلي أو بمعامل التركيز وهي فرضية غير صحيحة خاصة عند درجات الملوحة العالية بالإضافة إلى اعتماده على النتائج عند درجتي حرارة اثنتين وافترض علاقة خطية تمثل تأثير درجة الحرارة.



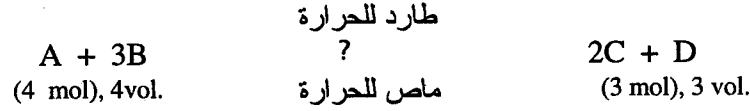
L6

## Le Chatelier's Principle<sup>(2,8)</sup>

## قاعدة لوشاتيليه

"إذا كان نظام ما في حالة اتزان وحدث ما من شأنه أن يؤثر على الاتزان فإن النظام يكون له رد فعل بحيث يزول هذا الأثر ليعم الاتزان مرة أخرى".

وهذه القاعدة يمكن تطبيقها على الاتزان الكيميائي وعلى الاتزان الفيزيائي على حد سواء. فإذا أخذنا مثالا لتفاعل كيميائي مثل



فإن تطبيق قاعدة لوشاتيليه يفيد في التنبؤ بتأثير الضغط ودرجة الحرارة:

\* إذا كان النظام في حالة اتزان عند ضغط معين ثم رفع الضغط فإن قاعدة لوشاتيليه تقول أن النظام يكون رد فعله بحيث يلغي تأثير زيادة الضغط. وبما أن التفاعل من اليسار إلى اليمين يقلل من الحجم أى يقل معه الضغط فإن زيادة الضغط تعني ازدياد تكوين D, C مما يزيل أثر ازدياد الضغط. وبالطبع فإن خفض الضغط سيكون له أثر عكس ذلك.

\* إن زيادة درجة الحرارة تساعد التفاعل الذي يتولد عنه امتصاص للحرارة وهو التفاعل من اليمين إلى اليسار أى التفاعل العكسي في حين أن خفض درجة الحرارة يساعد على التفاعل الطارد للحرارة وهو الذي ينتج D, C.

وتستخدم قاعدة لوشاتيليه في تفسير دور إعاقة وصول الأكسجين إلى المهبط في إبطاء عملية التآكل وهو ما يسمى بالاستقطاب المهبطي (C5) Cathode polarization.

L7

## Leaching<sup>(14,20)</sup>

## الاستخلاص من المواد الصلبة/النض

عندما يستخدم سائل لإذابة أحد مكونات خليط من المواد الصلبة وفصلها عن الجزء الذي لا يذوب على هيئة محلول في السائل المذيب، فإن ذلك يسمى نضاً أو استخلاصاً من مادة صلبة بمذيب سائل. ومن أمثلة النض في الحياة اليومية استخلاص القهوة من البن باستخدام الماء الساخن، وفي الصناعة استخلاص الزيت من الحبوب الزيتية كقول الصويا باستخدام الهكسان.

ويطلق نفس الاسم على فقدان التربة لبعض مكوناتها بمرور الماء خلالها ويكون مثل هذا الاستخلاص من الأشياء المستحبة إذا أزال الأملاح من تربة ملحية (سَبَخَة)، ويكون مضرا إذا كان يذيب بعض المكونات المفيدة لنمو النباتات.

L8

### Lethal concentration<sup>(9,31)</sup> التركيز المميت

تعبر يستخدم في مجال المياه عند دراسة السمية Toxicity التي تنتج من الملوثات التي تجد طريقها للمياه. والسمية هي الأثر السلبي الذي يحدثه دخول جرعة dose معينة من مادة سامة أو خليط من أكثر من مادة إلى داخل الكائن الحي أو تعرضه لتركيز معين لمدة معينة. والجرعة والتركيز في هذا المجال لا يمكن تبادلهما Not interchangeable ، فالجرعة هي كمية المادة السامة التي تدخل الكائن الحي في حين أن التركيز هو كمية هذه المادة في حجم معين من الماء أثناء دخولها أو تعرض الكائن الحي لها.

والتركيز المميت هو التركيز الذي من المتوقع أن يتسبب في موت نسبة محددة من الكائنات الحية عندما تتعرض له هذه الكائنات باستمرار لمدة معينة. وفي العادة يؤخذ المتوسط Median أى التركيز الذي يؤدي إلى موت ٥٠% من تعداد الكائنات الحية إذا تعرضت لمدة مثلا ٩٦ ساعة ويرمز له في هذه الحالة برمز 96h(LC)50.

وفي نفس المجال هناك مقاييس أخرى مستعملة مثل:

\* التركيز المؤثر أو الفعال Effective concentration (EC) وهو تركيز المادة السامة الذي من المتوقع أن يعطي أثرا معينا في نسبة محدودة من تعداد الكائنات الحية، وعادة ما يكون هذا الأثر تحت المميت Sublethal كالتغير في معدل التنفس Respiration rate أو فقدان الاتزان Loss of equilibrium. وعادة ما يذكر مدة التعرض فمثلا 96h(EC)50 لفقدان الاتزان معناه التركيز الفعال الذي يعطي فقدان اتزان في ٥٠% من تعداد الكائنات الحية عندما تتعرض لهذا التركيز من المادة السامة لمدة ٩٦ ساعة.

\* التركيز الذي ليس له أثر محسوس (NOEC) Non-observed-effect concentration

أعلى تركيز للمادة السامة الذي عنده يكون الأثر المقيس احصائيا غير ذي شأن

. Statistically insignificant

\* أعلى تركيز مسموح به (MATC) Maximum allowable toxicant concentration

أعلى تركيز لمادة سامة يمكن أن يكون موجودا في جسم مائي Water body دون أن يؤدي إلى آثار سلبية على الجزء الحساس من دورة الحياة أو على كل دورة حياة كائن حي معين أو مجموعة من الكائنات الحية (أحياء مائية).

L9

### إزالة العسر بالجير والصودا Lime-soda softening<sup>(7,9)</sup>

يُعزى عسر الماء أساسا إلى وجود مركبات الكالسيوم والماغنسيوم، وقد تساهم بعض المواد الأخرى كمركبات الاسترنتشيوم والحديد والمنجنيز. أما الأنيونات التي عادة ما تكون هذه الكاتيونات مرتبطة بها فهي في الأخص بيكربونات وكبريتات ولو أن كلوريدات ونيترات الكالسيوم والماغنسيوم قد توجد أيضا في بعض المياه الطبيعية. وتشتمل عملية إزالة عسر الماء على التخلص من مسببات العسر إلى الحد الذي يتطلبه خفض استهلاك المنظفات بالنسبة لمياه الاستعمال المنزلي أو التمكن من التحكم في تكوين القشور Scale formation. ومنع التآكل بالنسبة للمياه المستخدمة في الصناعة وغير ذلك من متطلبات الحصول على مياه ذات مواصفات خاصة.

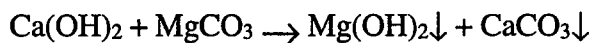
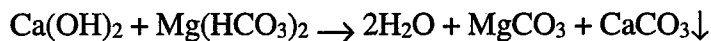
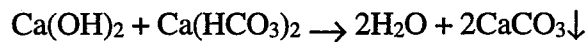
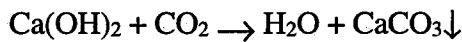
ويطلق على العسر الناجم عن بيكربونات الكالسيوم والماغنسيوم اسم عسر الكربونات (CH) Carbonate hardness أما كبريتات الكالسيوم والماغنسيوم (بالإضافة إلى كلوريدات ونيترات هذه العناصر) فيسمى العسر الناتج عنها عسر اللاكربونات (NCH) Noncarbonate hardness. والجير الحي (CaO) هو المادة الرئيسية المستخدمة في هذه الطريقة والذي بعد إطفائه بالماء يعطي هيدروكسيديا رخيص الثمن يسمى بالجير المطفأ  $Ca(OH)_2$  والذي يقوم عند إضافته للماء المراد إزالة عسره بما يلي:

\* معادلة ثاني أكسيد الكربون الذي يكون موجودا في الماء

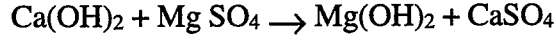
\* تحويل قلوية البيكربونات إلى كربونات

\* ترسيب كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنسيوم

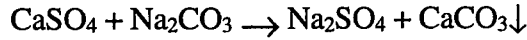
كما يتضح من المعادلات الآتية:



وبالرغم من أن هذه التفاعلات تتضمن أيضا كبريتات الماغنسيوم



إلا أن هذا لا يعد إزالة للعسر إذ أن كل جزئ عسر ماغنسيوم ينتج من هذا التفاعل جزئ كبريتات كالسيوم وهذه بالإضافة إلى كبريتات الكالسيوم التي تكون أصلا موجودة في الماء تحتاج لإزالتها إلى كربونات صوديوم



ومن التفاعلات سائلة الذكر يمكن حساب الكميات اللازمة من الجير ورماد الصودا اللازمة. والرقم الهيدروجيني (pH) الأمثل لإزالة أكبر قدر من الكالسيوم (والذي يعتمد على درجة الحرارة والتركيز الكلي للأملاح) هو حوالي ١٠,٣. أما الماغنسيوم فلا يترسب كميًا Quantitatively بالقدر الذي يظهر من المعادلات السابقة لأن نوبانية هيدروكسيد الماغنسيوم تتوقف على الرقم الهيدروجيني. وعلى وجه العموم فإن رقما هيدروجينيا ما بين ١١-١١,٣ يلزم الوصول إليه لخفض تركيز أيونات الماغنسيوم خفضا كبيرا ومما هو جدير بالذكر أن هذه المستويات العالية من الرقم الهيدروجيني تستلزم استخدام نسبة إضافية من القلوية Excess alkalinity (وهذا يتسبب في بقاء جزء من الكالسيوم ذائبا في الماء) مما يستلزم معادلته بإعادة الكربنة Recarbonation .

والنسبة الإضافية من القلوية والتي تحدها نوبانية هيدروكسيد الماغنسيوم تتراوح بين ٣٠-٧٠ مجم/لتر محسوبا ككربونات كالسيوم.

ويتم تقدير كميات الجير المطلوبة في هذه العملية بمعرفة البيانات الآتية:

- تركيز ثاني أكسيد الكربون الحر (مجم/لتر)  $[\text{CO}_2]$

- القلوية الكلية محسوبة (مجم كربونات كالسيوم/لتر)  $(\text{Alk}_i)$

- عسر الماغنسيوم (مجم كربونات كالسيوم/لتر)  $(\text{MgH})$

- الكمية الإضافية من القلوية (مجم كربونات كالسيوم/لتر)  $(x)$

من المعادلة التالية:

جم أكسيد كالسيوم CaO (١٠٠% نقاوة) لكل ١٠٠٠ متر مكعب ماء

$$= ١٢٧٢ [\text{CO}_2] + (\text{Alk}_i) + (\text{MgH}) + (x) \cdot ٥٦٤$$

أو رطل أكسيد كالسيوم CaO (١٠٠% نقاوة) لكل مليون جالون ماء

$$= ١٠,٦ [\text{CO}_2] + ٤,٧ + (\text{Alk}_i) + (\text{MgH}) + (x)$$

أما كمية رماد الصودا فتحدد بمعرفة عسر اللاكربونات (NCH). بالإضافة إلى أنه لاعتبارات فنية واقتصادية فقد جرت العادة على أن يترك جزء من هذا العسر دون أن يزال. وإذا افترضنا أن هذا الجزء هو  $y$  فإن كمية كربونات الصودا اللازمة يمكن حسابها من المعادلة التالية:

جم كربونات صوديوم (١٠٠% نقاوة) لكل ١٠٠٠ متر مكعب ماء

$$[y - (NCH)] 1,056 =$$

أو رطل كربونات صوديوم (١٠٠% نقاوة) لكل مليون جالون ماء

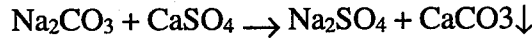
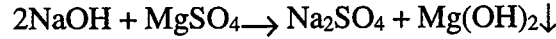
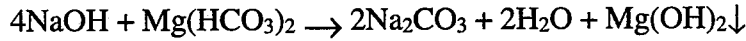
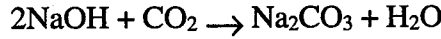
$$[y - (NCH)] 8,80 =$$

حيث NCH عسر اللاكربوات مقيسا بمجم كربونات كالسيوم/لتر

y عسر اللاكربونات الذي يتقرر تركه في الماء بعد معالجته مقيسا بمجم كربونات كالسيوم/لتر

### استخدام الصودا الكاوية

من الممكن استخدام الصودا الكاوية كقلوي بديل للجير أو لكلا من الجير وكربونات الصوديوم لإزالة عسر الماء كما يتضح من المعادلات التالية:



ومن الملاحظ أن كربونات الصودا التي تنتج من التفاعلات الثلاثة الأولى تكون متاحة لإزالة عسر اللاكربونات الناتج عن الكالسيوم.

ومن أهم مزايا استخدام الصودا الكاوية أنها أسهل في تخزينها والتعامل معها إذا ما قورنت بالجير، كما أن الحمأة Sludge الناتجة تكون أقل بكثير من الحمأة التي تنتج عند استخدام الجير. غير أنه يجب ملاحظة أنها أعلى سعرا كما أن الماء الناتج بعد استخدامها في إزالة العسر يكون عاليا في محتواه من الصوديوم لأن التفاعلات أعلاه تنتج أملاح صوديوم تبقى ذائبة في الماء.

ويبين الجدول (١٠) احتياجات المواد اللازمة لإزالة العسر في طريقة الجير - رماد الصودا بالمقارنة بطريقة الصودا الكاوية.

أما الجدول (١١) فيبين كميات الحمأة Sludge الناتجة في الحالتين ومنه يتضح تماما أن الحمأة الناتجة في حالة استخدام الصودا الكاوية أقل بكثير منها في حالة الجير ورماد الصودا.

### إزالة العسر عند درجات الحرارة العالية

لما كانت نوبانية الكالسيوم والماغنسيوم تقل بارتفاع درجة الحرارة فإن إزالة العسر تجرى في بعض الأحيان عند درجات حرارة عالية وإلى جانب انخفاض النوبانية فإن هناك مزايا أخرى لهذه الطريقة إذ أن سرعة التفاعل تكون أعلى وترسيب كربونات الكالسيوم أسرع لانخفاض كثافة

ولزوجة الماء عند درجات الحرارة العالية، بالإضافة إلى أن كميات الجير المطلوب تكون أقل لعدم وجود ثاني أكسيد الكربون الذي يفقده الماء مع ارتفاع الحرارة.

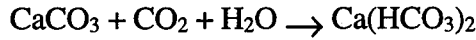
L10

Lime softening<sup>(4,7)</sup>

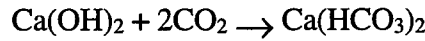
إزالة العسر بالجير

عندما يكون تركيز الماغنسيوم في الماء (عسر الماغنسيوم) منخفضاً، أو عندما لا يكون من الضروري إزالة كل الماغنسيوم من الماء فمن الممكن إزالة العسر باستخدام الجير فقط [أنظر أيضاً إزالة العسر بالجير والصودا Lime-soda softening (L9)] ويتم ذلك بما يعرف باسم إزالة كربونات الكالسيوم انتقائياً Selective CaCO<sub>3</sub> removal. وفي هذه الطريقة يعالج الماء بالقدر الذي يكفي فقط لإزالة عسر الكالسيوم وإذا كان من المرغوب فيه خفض الكالسيوم إلى أقل قدر فإن كمية كافية من الجير تضاف للوصول إلى الرقم الهيدروجيني الذي يضمن ذلك كما أنه من الممكن تدوير الحمأة Sludge circulation للمساعدة على ترسيب كربونات الكالسيوم.

وفي الطريقة التقليدية لإزالة الكالسيوم انتقائياً يبقى الماء بعد المعالجة فوق المشبع Supersaturated بالنسبة لكربونات الكالسيوم، ومن الممكن أن يكون رقمه الهيدروجيني أكبر من ١٠ مما يستلزم خفضه بإعادة الكربنة Recarbonation حيث يتفاعل ثاني أكسيد الكربون مع كربونات الكالسيوم ليعطي بيكربونات



كما يتفاعل مع الجير الزائد ليتحول أيضاً إلى بيكربونات



ومما هو جدير بالذكر أن إدخال أسلوب السريان المقسوم Split-flow في هذه الطريقة يقلل من الاحتياج لثاني أكسيد الكربون (شكل ٤١) لأن ثاني أكسيد الكربون الذائب وقلوية البيكربونات الموجودة في ماء التغذية المحول Bypass water تعادل جزءاً من هيدروكسيد الكالسيوم المتبقي في الماء.

جدول (١٠)  
احتياجات المواد لإزالة العسر

جرعة المواد /جم/الف متر مكعب ماء\*

طريقة الصودا الكاوية	طريقة الجير - رماد الصودا	الجير كأكسيد كالسيوم	مصدر الاحتياج للمواد
NaOH	رماد الصودا Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	CaO	
١٨١٩	-	١٢٧٣	ثاني أكسيد الكربون
٨٠٠	-	٥٦٠	عسر الكربونات (كالسيوم) CaCH
١٦٠٠	-	١١٢٠	عسر الكربونات (ماغنسيوم) MgCH
٨٠٠	١٠٦١	٥٦٠	عسر اللاكربونات (ماغنسيوم) MgNCH
-	١٠٦١	-	عسر اللاكربونات (كالسيوم) CaNCH
-	(١٠٦١)-	٥٦٠	قلوية الصوديوم NaAlk

\* احتياج المواد نظريا Stoichiometrically لكل امجم/لتر من مصدر الاحتياج على هيئة كربونات كالسيوم لجميع المصادر ماعدا ثاني أكسيد الكربون فهو امجم CO<sub>2</sub> لكل لتر.

جدول (١١)  
الحماة الناتجة من عملية إزالة العسر

الحماة الناتجة كمادة صلبة جافة  
(جم لكل ١٠٠٠ متر مكعب ماء)

طريقة الصودا الكاوية	طريقة الجير-رماد صودا	الكمية	المصدر
	٢٢٧٤	امجم CO <sub>2</sub> /لتر	ثاني أكسيد الكربون
١٠٠٠	٢٠٠٠	١ امجم CaCO <sub>3</sub> /لتر	عسر الكربونات(كالسيوم)
٥٨١	٢٠٠٠	١ امجم CaCO <sub>3</sub> /لتر	عسر الكربونات(ماغنسيوم)
٥٨١	١٥٨٢	١ امجم CaCO <sub>3</sub> /لتر	عسر اللاكربونات (ماغنسيوم)
١٠٠٠	١٠٠٠	١ امجم CaCO <sub>3</sub> /لتر	عسر اللاكربونات (كالسيوم)
-	١٠٠٠	١ امجم CaCO <sub>3</sub> /لتر	قلوية صوديوم

L11

## الكثافة الحدية للتيار Limiting current density<sup>(5,6)</sup>

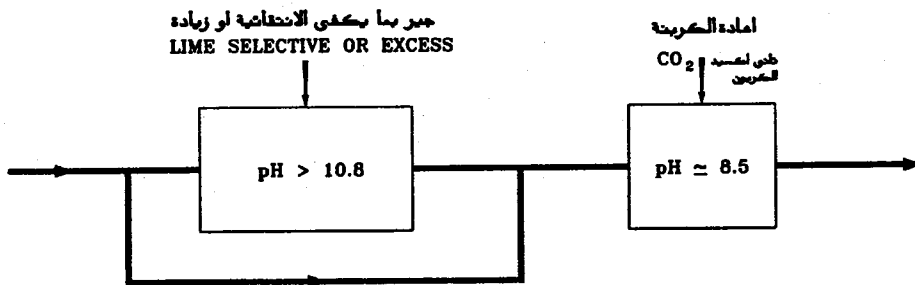
لما كانت القدرة على إزالة الملوحة بواسطة الفرز الغشائي الكهربائي (الديليزة الكهربائية) Electrodialysis (E8) وبالتالي معدل إنتاج الماء العذب يعتمد على شدة التيار الكهربائي المستخدم. ولما كانت كثافة التيار هي شدة التيار لكل وحدة مساحة من سطح الأغشية المستخدمة (i)، ومن ثم فإن ذلك يشير إلى أن زيادة كثافة التيار تعني زيادة الإنتاج لمساحة معينة من سطح الأغشية أو استخدام مساحة أقل للتوصل إلى مستوى معين من الإنتاج. ولكن مع ارتفاع كثافة التيار وتناقص تركيز الأملاح في الماء تقل الأيونات المتاحة لحمل التيار مما يستلزم تفكك Splitting أو تأين الماء إلى أيونات  $H^+$  و  $OH^-$  ليصبح تركيزها أعلى من التركيز الذي تكون عليه في الماء المتعادل Neutral عند الاتزان (E19) Equilibrium وهو  $10^{-7}$  (مول جرامي/لتر) وذلك حتى تقوم بمهمة حمل التيار. ولما كان هذا يحدث عند الأغشية الأيونية التي تسمح بمرور أيونات الهيدروكسيل إلى ممرات المحلول الملحي تاركة وراءها أيونات الهيدروجين مما يتسبب في انخفاض الرقم الهيدروجيني للماء المنتج، كما أن تراكم أيونات الهيدروكسيل على الجانب الآخر من سطح الغشاء يؤدي إلى ترسيب القشور على هذه السطوح. وهذه الظاهرة هي ما تسمى بالاستقطاب (P16) Polarization، الذي إلى جانب ما تقدم فإنه يتسبب في زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية زيادة كبيرة للأسباب الآتية:

\* زيادة التيار اللازم لإزالة الأملاح عند هذا التركيز المتدني

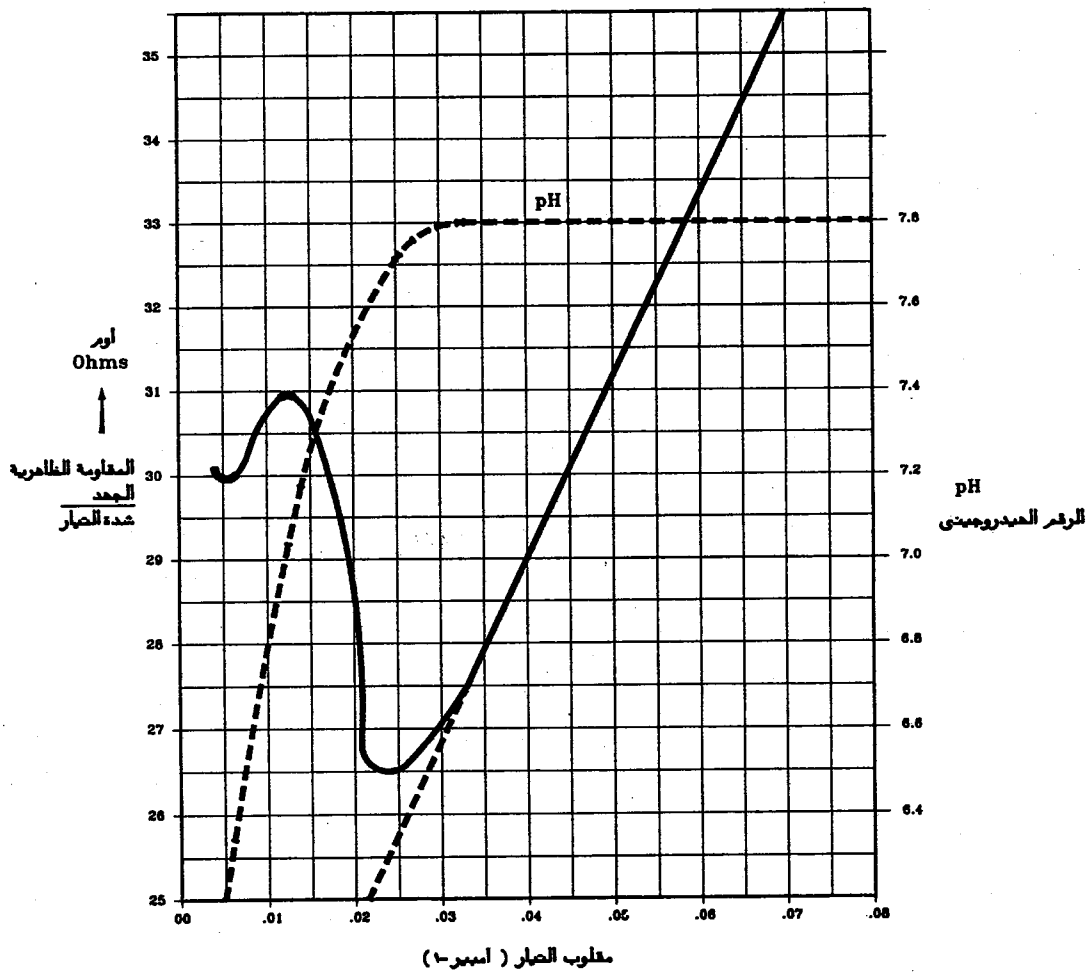
\* زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية بسبب تدني الموصلية الكهربائية (C25) Conductivity للماء الذي يصبح قريبا من النقاء الكامل، ثم بسبب الطاقة المستهلكة في تفكك Splitting الماء والطاقة اللازمة لمقاومة القوة الدافعة الكهربائية العكسية Back emf الناتجة عن طبقة الاستقطاب.

مما تقدم نجد أن احتمال حدوث الاستقطاب مع ما يصاحبه من محاذير يزداد بازدياد كثافة التيار ومن ثم فيجب أن تكون هناك كثافة تيار حرجة Critical current density يؤدي تخطيها إلى حدوث الاستقطاب لا محالة والتي تسمى بالكثافة الحدية للتيار.





شكل ( ٤١ ) أسلوب المعالجة بالسريان المقسور مع اعادة الكربنة  
**SPLIT TREATMENT AND RECARBONATION**



شكل ( ٤٢ ) الاستقطاب وهدة التيار الحدية  
 مغلوب التيار ( امبير )

ونظرا للطبيعة المعقدة لظاهرة الاستقطاب وارتباطها بهيدروديناميكية السريان واعتمادها على عدد كبير من المتغيرات منها الملوحة (S2) Salinity ودرجة حرارة الماء والتكوين الهندسي Geometrical configuration لمجرى السريان بين الأغشية وسرعة ومقدار دوامية (T9) Turbulence الماء الجاري وبعد الأغشية عن بعضها البعض، لكل ذلك فإن التوصل إلى علاقة مباشرة بين الكثافة الحدية وكل هذه المتغيرات أمر صعب ولذلك انصرف الاهتمام إلى الاعتماد على طرق تجريبية Empirical methods للتوصل إلى تحديدها ومنها الطريقة التي قدمها كوان وبياون Cowan & Brown عام ١٩٥٩ والتي تعتمد على الرسم البياني للعلاقة بين المقاومة الظاهرية Apparent resistance [الجهد مقسوما على شدة التيار  $(V/I)$ ] مقابل مقلوب شدة التيار والذي يعطي منحنى كالمبين بالشكل (٤٢). وفيه تبدأ قيمة المقاومة الظاهرية في التناقص خطيا Linearly مع زيادة شدة التيار (أي تناقص مقلوبها) وعند قيمة معينة لشدة التيار يصل المنحنى إلى حد أدنى Minimum للمقاومة الظاهرية ثم تبدأ المقاومة في الارتفاع مع زيادة شدة التيار ونقطة الحد الأدنى هي العلامة التي تشير إلى بداية حدوث الاستقطاب ومن ثم تعتبر مؤشرا للشدة الحرجة للتيار.

وعند تتبع الرقم الهيدروجيني للماء المنتج في مثل هذه التجربة نجد أنه يعطي المسار المبين بالمنحنى المرسوم بخط منقطع في الشكل (٤٢) والذي يتبين منه أن الرقم الهيدروجيني يبقى ثابتا تقريبا مع زيادة شدة التيار وعندما يبدأ الاستقطاب يبدأ الرقم الهيدروجيني في الانخفاض لزيادة تركيز أيونات الهيدروجين فيه (كما سبق الإشارة إليه). وقد وجد أن النقطة التي عندها يبدأ انخفاض الرقم الهيدروجيني هي تقريبا نفس النقطة التي تمثل الحد الأدنى للمقاومة الظاهرية والتي تمثل كما سبق ذكره الشدة الحرجة للتيار (شدة التيار الحدية) والتي يمكن حساب الكثافة الحرجة للتيار. وإذا أريد تلافي حدوث الاستقطاب تماما فينصح باستخدام ما قد يصل إلى ٧٠% من هذه القيمة.

L12

## معامل التحميل (التشغيل) Load factor<sup>(14)</sup>

نسبة الحمل الذي تؤديه وحدة إنتاجية إلى أقصى حمل يمكن أن تقوم به. ومن الممكن أن يكون هذا الحمل إنتاج منتج معين أو توليد طاقة أو ما شاكل ذلك مثل الطاقة الكهربائية المنتجة من وحدة توليد كهرباء نسبة إلى الطاقة القصوى المصممة هذه الوحدة لإنتاجها أو كمية الماء التي تنتجها وحدة تحلية مياه مالحة إلى الطاقة التصميمية القصوى لهذه الوحدة.

L13

المتوسط اللوغاريتمي لفرق درجات الحرارة

Logarithmic mean temperature difference<sup>(20,24)</sup>

عندما يتم تسخين مائع ما Fluid (سائل أو غاز) في مبادل حراري من درجة حرارة  $(t_i)$  إلى  $(t_o)$  بواسطة مائع آخر ساخن تنخفض حرارته من  $(T_i)$  إلى  $(T_o)$  وعادة ما يكون اتجاه سريان كل منهما عكس الآخر Countercurrent ويفرض أن:

(١) المبادل الحراري معزول عزلا كافيا يسمح بافتراض عدم وجود فاقد حراري للمحيط الخارجي

الموجود فيه المبادل الحراري

(٢) الحرارة النوعية لكلا المائعين ثابتة

(٣) سرعة سريان كل من المائعين ثابتة

(٤) المعامل الكلي لانتقال الحرارة (U) [أنظر معامل انتقال الحرارة

[(H14) Heat transfer coefficient

فإن كمية الحرارة التفاضلية (dq) التي يتم تبادلها بين المائعين عبر مساحة تفاضلية (dA) من سطح

التبادل الحراري تكون

$$dq = U (T - t) dA = U \Delta T dA$$

حيث

$T, t$  درجة حرارة المائع الساخن والبارد على التوالي

و  $\Delta t$  الفرق بين درجات الحرارة

والفرضين ٢، ٣ ينبئان بأنه إذا ما رسمنا التغير المتوقع في درجة حرارة المائع الساخن

من  $T_o$  إلى  $T_i$  مع كمية الحرارة المنتقلة  $q$  والمائع البارد من  $t_i$  إلى  $t_o$  فإن النتيجة تكون خطا مستقيما في

كلتا الحالتين وبالتالي فإن الفرق في درجات الحرارة  $(T-t)$  يعطي أيضا خطا مستقيما بمعنى أن ميل

هذا الخط يكون ثابتا

$$\frac{d\Delta T}{dq} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{q_T}$$

حيث  $q_T, (T_i - t_o) = \Delta T_1, (T_o - t_i) = \Delta T_2$  كمية الحرارة الكلية التي تنتقل خلال المبادل

وبالتعويض عن dq نجد

$$\frac{d(\Delta T)}{U\Delta T dA} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{q_T}$$

وبالتكامل من بداية المبادل الحراري إلى نهايته

$$\int_{\Delta T_1}^{\Delta T_2} \frac{d\Delta T}{\Delta T} = \frac{U(\Delta T_2 - \Delta T_1)}{q_T} \int_0^{A_T} dA$$

$$\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \frac{U(\Delta T_2 - \Delta T_1)A}{q_T}$$

$$q_T = UA \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} = UA (\Delta T)_{lm}$$

ويطلق على  $(\Delta T)_{lm}$  المتوسط اللوغاريتمي لفرق درجات الحرارة.



## REFERENCES

1. Degremont (1979) *Water Treatment Handbook*, 1186 pp. New York: John Wiley & Sons.
2. Sawyer CN et al (1994) *Chemistry for Environmental Engineering*, 658 pp. New York: McGraw-Hill, Civil Engineering Series.
3. American Society of Civil Engineers & American Water Works Association (1990) *Water Treatment Plant Design*, 598 pp. New York: McGraw-Hill Publishing Company.
4. Drew Chemical Corporation (1984) *Drew Principles of Industrial Water Treatment*, 310 pp. Boonton, New Jersey: Drew Chemical Corporation.
5. Howe ED (1974) *Fundamentals of Water Desalination*, New York: Marcel Dekker Inc.
6. Spiegler KS & Laird ADK, Editors (1980) *Principles of Desalination*, Part A, 357 pp. Part B, 821 pp. New York: Academic Press.
7. Kemmer FN & McCallion J, Editors (1979) *The Nalco Water Handbook*, 753 pp. New York: McGraw-Hill Book Company.
8. Hicks J (1972) *Comprehensive Chemistry*, 921 pp. London: The Macmillan Press Ltd.
9. Corbitt RA (1989) *Standard Handbook of Environmental Engineering*, 1274 pp. New York: McGraw-Hill Publishing Company.
10. Barrow GM (1988) *Physical Chemistry*, 859 pp. New York: McGraw-Hill, Inc.
11. Hougen OA & Watson KM (1946) *Industrial Chemical Calculations*, 487 pp. New York: John Wiley & Sons, Inc.
12. Othmer K, Editor (1977) *Concise Encyclopedia of Chemical Technology*, 1318 pp. New York: Wiley Interscience.

13. American Water Works Association (1984) *Introduction to Water Treatment. Principles and Practices of Water Supply Operations*, 381 pp. Denver, Colorado: American Water Works Association.
14. Rogers BG et al, Editorial Board (1980) *Glossary: Water and Wastewater Control Engineering*, 441 pp. Denver, Colorado: American Public Health Association, American Society of Civil Engineering, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation.
15. Spiegler KS & El-Sayed YM (1994) *A Desalination Primer*, 215 pp. Santa Maria Imbaro (Ch) Italy: Balaban Desalination Publications.
16. Dupont Company Peramsep Products
  - a. (1982) Bulletin G-3 *Glossary* 4 pp.
  - b. (1987) Bulletin 606 *RO Membrane Comparisons* 4 pp.
 Willmington, Delaware: DuPont Company.
17. Al Sofi MAK et al (1989) *Practical Experience in Scale Control*, Proceedings Fourth World congress on Desalination and Water Reuse Kuwait, 1989 Vol. 1, pp. 313-325.
18. Coulson JM & Richardson JF (1976) *Chemical Engineering* Vol. 1, 449 pp. Oxford: Pergamon Press.
19. Auerbach JJ et al (1981) *Foam Control Additives in MSF Desalination*, Proceedings International Congress on Desalination and Water Reuse Manama, Bahrain Nov. 29 -Dec. 31, 1981, Vol. 1, pp. 159-168.
20. McCabe WJ & Smith JC (1976) *Unit Operations of Chemical Engineering*, 1028 pp. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
21. Dupont Company Peramsep Products (1992) *Products Engineering Manual*

a. Bulletin 1020, 7 pp	e. Bulletin 4080, 4 pp.
b. Bulletin 2030, 15 pp	f. Bulletin 4010, 24 pp.
c. Bulletin 2020, 12 pp	g. Bulletin 4040, 6 pp.
d. Bulletin 3020, 7 pp	h. Bulletin 3030 11 pp.

 Willmington, Delaware: DuPont Company.
22. International Desalination Association (1985) *Theory and Practice of Reverse Osmosis*, 359 pp. New Jersey: International Desalination Association.

23. Mandil MA (1981) *Electrodialysis*. Proceedings Solar Desalination Workshop Denver, Colorado 23-25 March 1981, pp 95-112.
24. Foust AS et al (1980) *Principles of Unit Operations*, 768 pp. New York: John Wiley & Sons.
25. Winters H (1995) *Biofouling - Its History and How it Affects Today's Desalination Industry*. Proceedings IDA World Congress, Abu Dhabi, 1995, Vol 2, pp 254-264 Abu Dhabi: IDA/UAE University/WED Abu Dhabi.
26. Mandil MA (1992) *Water: Sources, Properties and Characteristics*, Manama, Bahrain: Water Sciences and Technology Association [In Arabic].
27. Kreith F & Black WZ (1980) *Basic Heat Transfer*, 849 pp. New York: Harper and Row Publishers.
28. Perry RH and Greed D, Editors (1984) *Perry's Chemical Engineers Handbook*, New York: McGraw-Hill.
29. Bourlon D (1995) *Al Taweelah Power & Desalination Plant. Sea Water Intake Civil Works*, Proceedings of the IDA World Congress, Abu Dhabi 1995, Vol 2, pp 275-285. Abu Dhabi: IDA/UAE University/WED Abu Dhabi.
30. Shreve RN (1956) *Chemical Process Industries*, 905 pp. New York: McGraw-Hill Book Company.
- 30a. Hassan AM et al (1998) *New Approach Using Nanofiltration in Seawater Desalination by SWRO & MSF, Desalination*, Vol (118).
- 30b. Al-Sofi, MAK et al (1998), *Nanofiltration as a Means of MSF at TBT? 120°C, Desalination*, Vol 118.
31. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation (1995) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Washington: American Public Health Association.
32. Standiford FC, & Sinek JR (1961) *Chemical Engineering Progress*, 57, 58.
33. Ellis RD & McCutchan JW (1971) *Environmental Science & Technology*, 5, 230.



34. Hydranautics Company (1992) Technical Services Bulletin, San Diego, CA: Hydranautics Company.
35. J nsson AS, Wimmerstedt R & Harysson AC (1985) *Membrane Distillation. A Theoretical Study of Evaporation Through Microporous Membranes*. Proceedings of Second World Conference on Desalination and Water Re-Use. Bermuda 1985. Vol 2, 237-249. International Desalination Association.
36. Hanbury WT & Hodgkiess T (1985) *Membrane Distillation - An Assessment*. Proceedings Second World Conference on Desalination and Water Re-Use. Bermuda 1985. Vol 2, 287-297. International Desalination Association.
37. Sourirajan S (1977) *Reverse Osmosis and Synthetic Membranes*, 598 pp. Ottawa, Canada: National Research Council.
38. Passanisi JH (1995) *General Aspects and Characteristics of Desalination Membranes*. Proceedings IDA World Congress, Abu Dhabi 1995. Vol 7, pp 3-35. Abu Dhabi: IDA/UAE University/WED Abu Dhabi.
39. Gregorzewski A, Genthner K (1995) *Multi Effect Distillation: A Study and Comparison of Different Process Configurations*. Proceedings IDA World Congress, Abu Dhabi 1995. Vol 2, pp 387-406. Abu Dhabi: IDA/UAE University/WED Abu Dhabi.
40. Tonner J, New D, Minnich K (1995) *Enhanced Once Through MSF*. Proceedings IDA World Congress, Abu Dhabi 1995. Vol 2, pp 303-314. Abu Dhabi: IDA/UAE University/WED Abu Dhabi.
41. Hamed OA et al (1995) *Performance Analysis of Sea Water Reverse Osmosis Plants*. Proceedings IDA World Congress, Abu Dhabi 1995. Vol 3, pp 25-40. Abu Dhabi: IDA/UAE University/WED Abu Dhabi.
42. Dodge BF (1944) *Chemical Engineering Thermodynamics*, pp 680. New York: McGraw-Hill Book Company.
43. Siegell JH (1996) Solve Plant Odour Problems. *Chemical Engineering Progress*, 92(1) 35-41.

44. Stoughton RW & Leitzke MH (1965) Calculation of Some Thermodynamic Properties of Sea Salt Solutions at Elevated Temperatures from Data on NaCl Solutions. *Journal of Chemical Engineering Data*, 10(3) 254-260.
45. Delvigne GAL, Thabet RA (1995) *Optimization of Intake Outfall Configuration*. Proceedings IDA World Congress, Abu Dhabi 1995. Vol 2, pp 259-274. Abu Dhabi: IDA/UAE University/WED Abu Dhabi.
46. Wringer A, Bodamer GW & Kunin R (1953) *Journal of Electrochemical Society* 100, 178.
47. International Atomic Energy Agency (1990) *Use of Nuclear Reactors for Seawater Desalination*, 207 pp. IAEA-Report TECDOC-574. Vienna: IAEA.
48. Mandil MA & Chida K (1994) *Chemistry of Desalination Plants Seminar*, 138 pp. Jeddah: Dar Al-Taqiya.
49. Bushnak A (1996) *Water Desalination Technology and Cost Review*, UNESCO Report 52 pp Jeddah: Dar Al-Taqiya.
50. Darwish MA (1997) *The Thermovapor Compression Desalters: Energy and Availability Analysis of Single and Multi-Effect Systems*. Proceedings Third Gulf Water Conference Muscat (1997) Vol 2, pp 441-462. Manama: Water Sciences & Technology Association.
51. La Riviere, JWM (1989) Threats to the World's Water, *Scientific American*, 261(3) 80-94.

## قائمة المحتويات

### A

A1	Absorption	الامتصاص
A2	Acid cleaning	التنظيف بالأحماض
A3	Acid treatment	المعالجة بالأحماض
A4	Acidity	الحمضية
A5	Activated carbon	الكربون المنشط
A6	Activated sludge treatment	معالجة الحمأة المنشطة
A7	Activity	الفعالية
A8	Activity coefficient	معامل الفاعلية
A9	Adiabatic process	عملية ثابتة المحتوى الحراري
A10	Adsorbate	المادة الممتزة
A11	Adsorbent	المادة المازة
A12	Adsorption	الامتزاز
A13	Aerated lagoons (ponds)	البرك / الأحواض المهواة
A14	Aeration	التهوية (المزج بالهواء)
A15	Aeration, Extended	التهوية الممتدة
A16	Aerators	أجهزة التهوية
A17	Aerobic biological treatment	المعالجة البيولوجية في وجود هواء
A18	Aerobic digestion	الهضم الهوائي
A19	Aerobic lagoons, Natural	برك التهوية الطبيعية
A20	Agglomeration	تجمع (تكتل)
A21	Algae	الطحالب
A22	Algaecide	مبيد الطحالب
A23	Alkaline cleaning	التنظيف بالقلويات
A24	Alkaline scales	القشور القلوية
A25	Alkalinity	القلوية
A26	Aluminium sulphate	كبريتات الألومنيوم
A27	Amphoteric	أمفوتيري (ثنائي القطبية)
A28	Anabolism	الأيض البنائي / التمثيل الغذائي البنائي
A29	Anaerobic digestion (fermentation)	الهضم اللاهوائي (التخمير)
A30	Anhydrite	كبريتات الكالسيوم اللامائية (الأنهيدريت)
A31	Anion	أيون سالب (أنيون)
A32	Anion exchanger	مبادل أيونات سالبة
A33	Anion permeable membranes	أغشية منفذة للأيونات السالبة
A34	Anodic polarization	الاستقطاب المصعدي (الأنودي)
A35	Anthracite	الأنثراسيت
A36	Antifoam agent	مانع الرغوة
A37	Antifoulants	مانعات الاتساخ (مانعات التآكل)

A38 Antiscalants	مانعات القشور (الترسب)
A39 Asymmetrical membranes	الأغشية اللاتماثلية
A40 Autopsy, Sectional	تشریح مقطعي

## B

B1 Backwash	الغسيل العكسي
B2 Bacteria	البكتريا
B3 Bacterial corrosion	التآكل البكتيري
B4 Bacterial oxidation	الأكسدة البكتيرية
B5 Ball cleaning	التطهير بإمرار الكرات
B6 scale	مقياس بوميه
B7 Bicarbonate alkalinity	قلوية البيكربونات
B8 Biochemical oxygen demand (BOD)	الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين
B9 Biocide	مبيد الكائنات الحية الدقيقة
B10 Biodegradation	التحلل البيولوجي
B11 Biological filter	المرشح البيولوجي
B12 Biological fouling (Biofouling)	الانساخ البيولوجي (التقذر البيولوجي)
B13 Biomass	المحتوى الحيوي
B14 Biological pollutants	الملوثات البيولوجية
B15 Blowdown	المياه المطرودة
B16 BOD loading	التحميل البيولوجي
B17 Boiling point	نقطة الغليان
B18 Boiling point elevation	الارتفاع في نقطة الغليان
B19 Boundary layer	الطبقة المتاخمة
B20 Brackish water	مياه متوسطة الملوحة
B21 Brine	المحلول الملحي
B22 Brine heater	مسخن المحلول الملحي
B23 Buffer solution	المحلول المنظم (محلول رقمه الهيدروجيني ثابت)
B24 Bulk density	الكثافة الظاهرية

## C

C1 Calcium carbonate equivalent	مكافئ كربونات الكالسيوم
C2 Candle filter	مرشح شموع
C3 Cartridge filter	المرشح الخرطوشي
C4 Catabolism	الأيض الهدمي / التمثيل الغذائي الهدمي
C5 Cathode polarization	الاستقطاب المهبطي (الكاثودي)
C6 Cathodic protection	الوقاية المهبطية (الكاثودية)
C7 Cation	أيون موجب (كاتيون)
C8 Cation exchange resins	راتنجات تبادل الأيونات الموجبة

C9 Cavitation	التجوّف
C10 Cellulose	السليلوز
C11 Cellulose acetate	خلات (أسيئات) السيلولوز
C12 Centrifugal separation	الفصل (الفرز) بالطرد المركزي
C13 Centrifugation of sludge	الطرد المركزي للحمأة
C14 Chelants	المواد الكلايية
C15 Chemical equilibrium	الاتزان الكيميائي
C16 Chemical oxygen demand	الاحتياج الكيميائي للأكسجين
C17 Chemical stabilization of sludge	التثبيت الكيميائي للحمأة
C18 Chlorination	الكلورة
C19 Clarification	الترويق
C20 Coagulants	المخثرات
C21 Coagulation	التخثر (التجلط)
C22 Colloids	الغرويات
C23 Compaction of membranes	انضغاط الأغشية
C24 Concentration polarization	الاستقطاب التركيبي
C25 Conductivity, Electrical	الموصلية الكهربائية
C26 Corrosion	التآكل
C27 Corrosion inhibitors	مثبطات التآكل

## D

D1 Deaeration	نزع الهواء
D2 Deaerators	نازعات الهواء
D3 Decarbonator	نازع ثاني أكسيد الكربون
D4 Dechlorination	إزالة الكلور
D5 Defoamers	مزيلات الرغوة
D6 Degasification	إزالة الغازات
D7 Degreasing	إزالة الشحوم
D8 Degree of hardness	درجة عسر الماء
D9 Deionization	إزالة المواد المتأينة
D10 Deliquescence	تميع
D11 Demisters	مزيلات الرذاذ
D12 Denitrification	إزالة المواد النيتروجينية / انعكاس النترنة
D13 Desalination	تحلية / إعدام / إزالة ملوحة
D14 Detention tank	صهريج احتجاز
D15 Detergents, Synthetic	منظفات صناعية
D16 Dewatering of sludge	نزع ماء الحمأة
D17 Dialysis	الفرز الغشائي
D18 Diatoms	الدياتومات
D19 Diatomaceous earth	تراب الدياتوم
D20 Dielectric constant	ثابت العزل الكهربائي

D21 Differential aeration cells	خلايا التهوية التفاضلية
D22 Diffusion	الانتشار
D23 Diffusion coefficient	معامل الانتشار
D24 Digester	وعاء الهضم
D25 Digestion	الهضم
D26 Disc filters	مرشحات الأقراص
D27 Disinfection	التطهير
D28 Dispersants	المشتتات
D29 Dissolved oxygen sag curve	منحنى تناقص الأكسجين الذائب
D30 Distillate	مقطر / قطارة / ناتج التقطير
D31 Dissociation, Degree of	درجة التفكك
D32 Donnan effect	تأثير دونان
D33 Dosing pump	مضخة جرعات / مضخة حقن كيماويات سائلة
D34 Dual-media filter	مرشح ذو طبقتين

## E

E1 EDTA	رباعي اسيتات الإثيلين ثنائي الأمين (ر أ ث أ)
E2 Ejectocompression	الضغط بالقذف
E3 Ejector	نفث القذف / طارد الهواء
E4 Electrical conductivity	الموصلية الكهربائية
E5 Electrochemical corrosion	التآكل الكهروكيميائي
E6 Electrode	قطب كهربائي / مسرى / اليكترود
E7 Electrode potential	جهد القطب الكهربائي / جهد الاليكترود
E8 Electrodialysis	الفرز الغشائي الكهربائي / الديليزة الكهربائية
E9 Electrodialysis reversal (EDR)	الفرز الغشائي الكهربائي مع عكس القطبية
E10 Electrolyte	الاليكتروليت
E11 Electrosmosis	تناضح كهربائي
E12 Electrolysis	التحليل الكهربائي
E13 Energy recovery	استعادة الطاقة
E14 English degree of hardness	وحدة عسر انجليزية
E15 Entrainment	رذاذ مسحوب
E16 Enthalpy	الإنتالپيا/المحتوى الحراري
E17 Entropy	الإنتروپيا (العشوائية / التبخر)
E18 Equalizing basins	أحواض الموازنة
E19 Equilibrium	حالة التوازن / الاتزان
E20 Equilibrium constant	ثابت التوازن / الاتزان
E21 Erosion	النحر / الحث / القرص
E22 Evaporation	البخر / التبخر
E23 Exergy	الأكسيرجي

## F

F1 Faraday's constant	ثابت فارادي
F2 Faraday efficiency	كفاءة فارادي
F3 Fermentation	التخمّر
F4 Ferric chloride	كلوريد الحديدك
F5 Ferric sulphate	كبريتات الحديدك
F6 Fiber compaction	انضغاط الألياف (الأغشية)
F7 Filter	المرشح
F8 Filter aids	مساعدات الترشيح
F9 Filter cakes	أقراص الترشيح
F10 Filter loading	تحميل (سعة استيعاب) المرشح
F11 Filter medium	وسط الترشيح
F12 Filter press	المرشح الضاغط
F13 Filter strainer	مصفاة المرشح
F14 Filter washing	غسيل المرشح
F15 Filtration, Microporous	الترشيح الميكروني
F16 Filtration rate	معدل الترشيح
F17 Five-day BOD	الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين لمدة خمسة أيام
F18 Flash distillation	التقطير الومضي
F19 Flocculants	مُدَمِّجَات
F20 Flocculation	التَّمَجج / التكتل
F21 Flotation	التعويم
F22 Flow balancing	موازنة معدل السريان
F23 Fluoridation	إضافة الفلوريدات / الفلورة
F24 Flux	معدل التدفق
F25 Flux decline	تناقص معدل التدفق
F26 Foam	الرغوة / الزبد
F27 Formaldehyde (formalin)	الفورم الدهيد (الفورمالين)
F28 Fouling	الانساخ / التَقَدّر
F29 Fouling, Biological	الانساخ البيولوجي
F30 Fouling factor	معامل الانساخ
F31 Fouling index	دليل الانساخ
F32 Free carbon dioxide	ثاني أكسيد الكربون الحر
F33 Free energy	الطاقة الحرة
F34 Free residual chlorine	الكلور الحر المتبقي
F35 Free surface energy	الطاقة الحرة للسطح
F36 Freeze desalination	التحلية بالتجميد
F37 French degree of hardness	وحدة قياس عسر الماء الفرنسية
F38 Friction factor	معامل الاحتكاك
F39 Friction head loss	فاقد الضغط بالاحتكاك
F40 Frothing	تكوّن الرغوة / ازدياد

F41 Froude's number ( $F_N$ )  
F42 FTU Formazine turbidity unit  
F43 Fugacity  
F44 Fungus (fungi)

رقم فراود  
وحدة فورمازين لقياس العكارة (التعكّر)  
الفوجاسيتي / إنفلاتية (انطلاقية) الغاز  
فطر (فطريات)

## G

G1 Gained output ratio (GOR)  
G2 Gel  
G3 German degree of hardness  
G4 Geothermal heat  
G5 Gibb's free energy  
G6 Gibb's potential  
G7 Grain  
G8 Gravity filters  
G9 Greensand

نسبة المردود  
هلام / جيلاتين  
وحدة قياس عسر الماء الألمانية  
الحرارة الباطنية للأرض  
طاقة جيب. الحرة  
جهد جيب  
قمحة  
مرشحات بالجاذبية  
الرمل الخضراوي

## H

H1 Hardness, Water  
H2 Hardness, Temporary  
H3 Hardness, Total  
H4 Head loss (Pressure drop)  
H5 Heat capacity  
H6 Heat content  
H7 Heat exchanger  
H8 Heat flux  
H9 Heat, Latent  
H10 Heat recovery stages  
H11 Heat rejection stages  
H12 Heat, Sensible  
H13 Heat transfer  
H14 Heat transfer coefficient  
H15 Henry's law  
H16 Hollow fine fibbers  
H17 Horizontal tube evaporator  
H18 Humic acids  
H19 Humidity  
H20 Hydrate freezing  
H21 Hydraulic loading  
H22 Hydrazine

عُسر الماء  
العسر المؤقت  
العسر الكلي  
فاقد الضغط  
السعة الحرارية  
المحتوى الحراري  
مبادل حراري  
معدل التدفق الحراري  
الحرارة الكامنة  
مراحل استعادة الحرارة  
مراحل طرد الحرارة  
الحرارة المحسوسة  
انتقال الحرارة  
معامل انتقال الحرارة  
قانون هنري  
شعيرات دقيقة جوفاء  
مبخر ذو أنابيب أفقية  
أحماض الهيوميك  
الرطوبة  
التجميد التميؤي  
التحميل الهيدروليكي  
هيدرازين



H23 Hydraulic turbine	توربين هيدروليكي
H24 Hydrogen bonds	روابط هيدروجينية
H25 Hydrolysis	التحلل بالماء / التميؤ
H26 Hydrophile	الإلف للماء
H27 Hydrphobic	نافر من الماء
H28 Hydrostatic pressure	الضغط الهيدروستاتيكي
H29 Hygroscopicity	الميل للتميؤ
H30 Hyperfiltration	الترشيح الفائق

## I

I1 Impermeability	اللانفاذية / مناعة ضد التخلل
I2 Indicator	كشاف
I3 Industrial waste water	مياه الصرف الصناعي
I4 Infiltration	الرشح/التسرب
I5 Insolation, Solar	الإشعاع الشمسي
I6 Insulation, Thermal	عازل حراري
I7 Intake	مدخل / مأخذ
I8 Ion	الأيون
I9 Ion exchange	التبادل الأيوني
I10 Ion exchange breakthrough point	نقطة الاختراق في التبادل الأيوني
I11 Ion exchange resin	راتنج التبادل الأيوني
I12 Ion exchange resin capacity	طاقة راتنج التبادل الأيوني
I13 Ion exchange resin regeneration	تجديد فعالية راتنج التبادل الأيوني
I14 Ion exchange resin selectivity	انتقائية راتنج التبادل الأيوني
I15 Ion exchangers	مبادلات الأيونات
I16 Ionic mobility	حركية الأيونات
I17 Ionic strength	القوة الأيونية
I18 Ionic transport number	رقم الانتقال الأيوني
I19 Iron bacteria	بكتريا الحديد
I20 Isoelectric point	نقطة التعادل الكهربائي
I21 Isotherm, Adsorption	منحنى الامتزاز عند درجة حرارة ثابتة
I22 Isothermal process	عملية ثابتة درجة الحرارة
I23 Isotropic	ثابت الخواص في جميع الاتجاهات

## J

J1 Jackson turbidity unit	وحدة جاكسون لقياس العكارة (التعكير)
J2 Jar test	اختبار الجرة
J3 Jet ejectors	نفاثات قاذفة (طاردة)

## K

K1	Kaolin	الكاولين
K2	Kelvin's degree ( $^{\circ}\text{K}$ )	درجة كلفن
K3	Kinematic viscosity	اللزوجة الكينماتيكية

## L

L1	Lagooning, Natural	التهوية الطبيعية في الأحواض
L2	Lagoons, Aerated	الأحواض المهواة
L3	Laminar flow	السريان الطبقي أو الصفائحي
L4	Langlier saturation index	دليل (معامل) لانجليير للتشبع
L5	Langlier stability diagram	مخطط (رسم بياني) لانجليير للثبات
L6	Le Chatelier's Principle	قاعدة لوشاتيليه
L7	Leaching	الاستخلاص من المواد الصلبة
L8	Lethal concentration	التركيز المميت
L9	Lime-soda softening	إزالة العسر بالجير والصودا
L10	Lime softening	إزالة العسر بالجير
L11	Limiting current density	الكثافة الحدية للتيار
L12	Load factor	معامل التحميل (التشغيل)
L13	Logarithmic mean temp. difference	المتوسط اللوغاريتمي لفرق درجات الحرارة

## M

M1	Magnesium hardness	عسر الماغنسيوم
M2	Make-up water	الماء التعويضي
M3	Marble test	اختبار الرخام
M4	Mass action law	قانون فعل الكتلة
M5	Membrane biofouling, R.O.	الانساخ البيولوجي لأغشية التناضح العكسي
M6	Membrane cleaning (R.O.)	تنظيف أغشية التناضح العكسي
M7	Membrane configuration, R.O.	أنماط أغشية التناضح العكسي
M8	Membrane distillation	التقطير الغشائي
M9	Membrane(s), Electrodialysis	أغشية الفرز الكهربائي
M10	Membrane fabrication, R.O.	تصنيع أغشية التناضح العكسي
M11	Membrane flux, retention coefficient (MFRC)	معامل ثبات التدفق خلال الأغشية
M12	Membrane fouling, R.O.	انساخ أغشية التناضح العكسي
M13	Membrane functional mechanisms	آليات الفصل بالأغشية
M14	Membrane materials, R.O.	مواد تصنيع أغشية التناضح العكسي
M15	Membrane separation process	طرق الفصل الغشائية
M16	Mesh number	مقياس فتحات المناخل (رقم الميش)
M17	Metabolism	الأيض / التمثيل الغذائي

M18 Microbiocides	مبيدات الكائنات الحية الدقيقة (الميكروبات)
M19 Microfiltration	الترشيح الدقيق
M20 Micron (micrometer $\mu\text{m}$ or $\mu$ )	الميكرون
M21 Micron filters	المرشحات الميكرونية
M22 Milk of lime	لبن الجير / ماء الجير
M23 Milliequivalent	المكافئ الميلي جرامي
M24 Mineralization	زيادة المحتوى المعدني (تركيز الأملاح)
M25 Moisture content	محتوى المادة من الرطوبة
M26 Mole/Molality/Molarity	المول / المولالية / المولارية
M27 Mollier's diagram	رسم موليير
M28 Moving-bed ion exchange	التبادل الأيوني بالمهد المتحرك
M29 Mud balls	الكرات الطينية
M30 Multimedia filters	المرشحات متعددة الطبقات
M31 Multiple effect distillation (MED)	التقطير متعدد الأثر (ت م أ)
M32 Multistage flash distillation (MSF)	التقطير الوميضي متعدد المراحل (ت و م م)

## N

N1 Nanofiltration (NF)	الترشيح متناهي الدقة (النانومترية)
N2 Natural aerobic lagooning	التهوية الطبيعية
N3 Natural convection heat transfer	انتقال الحرارة بتيارات الحمل
N4 Neutralization	المعادلة
N5 Newtonian & Non-newtonian fluids	الموائع النيوتونية واللانيوتونية
N6 Nitrification	النترجة / النترجة
N7 Nitrogen cycle	دورة النيتروجين
N8 Noncarbonate hardness	عسر اللاكربونات
N9 Nonsetttable matter	المواد غير القابلة للتسريب
N10 Normal solution	محلول عياري
N11 Nitrotriacetic acid (NTA)	حامض نيتريوتراي اسيتيك
N12 Nephelometric turbidity unit	الوحدة النيفلومترية لقياس التعكر (العكارة)
N13 Nucleation	التنوية / تكون نويات التبلور

## O

O1 Odour	الرائحة
O2 Odour control	التحكم في الرائحة
O3 Odour threshold concentration (OTC)	التركيز الحدي للرائحة
O4 Osmosis	التناضح
O5 Osmotic pressure	الضغط التناضحي (الاسموزي)
O6 Osmotic pressure calculation	حساب الضغط التناضحي (الاسموزي)
O7 Outfalls	مخارج مياه الصرف

- O8 Oxidation-Reduction potential  
 O9 Oxygen scavengers  
 O10 Ozonation  
 O11 Ozonizers

جهد الأوسدة  
 مزيلات الأكسجين  
 المعالجة بالأوزون  
 أجهزة المعالجة بالأوزون

## P

- P1 Passivity  
 P2 Pathogens  
 P3 Performance ratio  
 P4 Permanent hardness  
 P5 Permselectivity  
 P6 Pervaporation  
 P7 pH value  
 P8 Phase  
 P9 Phase rule  
 P10 Phenolphthalien alkalinity  
 P11 Photosynthesis  
 P12 Phytoplanktons (Algae)  
 P13 Pipe friction  
 P14 Pitting corrosion  
 P15 Plankton  
 P16 Polarization in electro dialysis  
 P17 Pollutants, Water  
 P18 Polyelectrolyte  
 P19 Polyphosphate  
 P20 Porosity  
 P21 Post-treatment  
 P22 Potable water  
 P23 Pressure drop  
 P24 Pretreatment  
 P25 Primary waste water treatment  
 P26 Protective layer (film)

اللافعالية  
 الباثوجينات / مسببات الأمراض / مُمرضات  
 معامل الأداء  
 العسر الدائم  
 النفاذية الانتقائية  
 التبخر النفاذي (التخلي)  
 الرقم الهيدروجيني  
 الطور  
 قانون الطور  
 قلوية الفينوفثالين  
 التمثيل الضوئي  
 العوالق النباتية (الطحالب)  
 الاحتكاك الأنبوبي  
 التتقير التآكلي  
 عوالق مائية حية  
 الاستقطاب في الفرز الكهربائي الغشائي (الديليزة الكهربائية)  
 ملوثات الماء  
 البولي اليكتروليت  
 البولي فوسفات  
 المسامية / الفراغات البينية  
 المعالجة اللاحقة  
 مياه صالحة للشرب  
 فاقد الضغط / الفاقد من الضغط  
 المعالجة المسبقة  
 المعالجة الأولية لمياه الصرف  
 الطبقة الواقية

## Q

- Q1 Quaternary ammonium compounds  
 Q2 Quicklime

مركبات الأمونيوم الرباعية  
 الجير الحي

## R

R1	Radiation heat transfer	انتقال الحرارة بالإشعاع
R2	Radiation, Solar	الإشعاع الشمسي
R3	Raoult's law	قانون راؤولت
R4	Raschig rings	حلقات الترشيح
R5	Recovery ratio	نسبة الاستعادة (الاستخلاص)
R6	Recovery stages, Heat	مراحل استعادة الحرارة
R7	Redox potential	جهد الأوكسدة
R8	Regeneration, Activated carbon	تجديد فعالية الكربون المنشط
R9	Regeneration, Ion exchange resins	تجديد فعالية راتنجيات التبادل الأيوني
R10	Rejection stages, Heat	مراحل طرد الحرارة
R11	Relative humidity	الرطوبة النسبية
R12	Remineralization	إعادة التمليح / إضافة أملاح
R13	Residence time	زمن الاستبقاء
R14	Residual chlorine	الكلور المتبقي
R15	Residual chlorine removal	إزالة الكلور المتبقي
R16	Resistance, Electrical	المقاومة الكهربائية
R17	Resistance, Thermal	المقاومة الحرارية
R18	Reuse, Water	إعادة استخدام الماء
R19	Reverse osmosis	التناضح العكسي
R20	Reynold's number	رقم رينولد
R21	Ryznar stability index (RSI)	دليل ريزنر للثبات

## S

S1	Saline waters	المياه المالحة
S2	Salinity	درجة الملوحة
S3	Salinity limits	حدود الملوحة
S4	Salt passage (SP)	نفاذية الأملاح
S5	Salt rejection	نبذ الأملاح
S6	Sand filters	المرشحات الرملية
S7	Saturation indices	أدلة (معاملات) التشبع
S8	Saturation index, Langlier	دليل (معامل) لانجليير للتشبع
S9	Scales	القشور / الحشَف
S10	Scale control	التحكم في تكوين القشور
S11	Scale formation kinetics	كينيتيكية (آلية) تكوّن القشور
S12	Scale prevention	منع تكوين القشور
S13	Scale removal	إزالة القشور
S14	Sea water chemical composition	التركيب الكيميائي لماء البحر
S15	Secondary waste water treatment	المستوى الثاني لمعالجة مياه الصرف

S16 Sedimentation	الترسيب / الترسب
S17 Sedimentation, Chemical	الترسيب الكيميائي
S18 Semipermeable membranes	الأغشية شبه النفاذة
S19 Sequestration	تثحية الأيونات / إعاقة الترسيب
S20 Sequestering agents	منحيات الأيونات / مانعات الترسيب
S21 Settleable solids	المواد الصلبة القابلة للترسيب
S22 Settling, Free & hindered	الترسيب الحر والمُعاق
S23 Settling tanks	أحواض الترسيب
S24 Settling velocity, Terminal	سرعة الترسيب الحدية (النهائية)
S25 Shore wells/Beach wells	آبار الشاطئ
S26 Silt Density Index (SDI)	دليل تركيز الطمي (د ت ط)
S27 Slaked lime	الجير المطفأ
S28 Sludge	الحمأة
S29 Sludge, Aerobic stabilization	التثبيت الهوائي للحمأة
S30 Sludge, Anaerobic stabilization	التثبيت اللاهوائي للحمأة
S31 Sludge analysis	تحليل الحمأة
S32 Sludge characterization	توصيف الحمأة
S33 Sludge classification	تصنيف الحمأة
S34 Sludge concentration	تركيز الحمأة
S35 Sludge conditioning	تهيأة الحمأة
S36 Sludge dewatering	نزع ماء الحمأة
S37 Sludge stabilization	تثبيت الحمأة
S38 Sodium hexametaphosphate (SHMP)	سداسي ميثافوسفات الصوديوم
S39 Softening	إزالة العسر
S40 Solar distillation/evaporation	التقطير / التبخير بالطاقة الشمسية
S41 Solar insolation	الإشعاع الشمسي
S42 Solubility	الذوبانية
S43 Solubility product	حاصل الذوبانية (الإذابة)
S44 Solvation	التذاب
S45 Specific heat	الحرارة النوعية
S46 Spiral wound membranes	الأغشية الملفوفة حلزونياً
S47 Sponge ball cleaning	التنظيف بإمرار الكرات الأسفنجية
S48 Stiff & Davies' saturation index (S&DSI)	دليل ستيف ودافيز للتشبع
S49 Supersaturation	فوق التشبع
S50 Surface tension	التوتر السطحي

## T

T1 Temporary hardness	العسر المؤقت
T2 Tertiary waste water treatment	المستوى الثالث من معالجة مياه الصرف
T3 Thermal conductivity	الموصلية الحرارية
T4 Threshold inhibitors	المانعات المشرفية

T5 Toxicity	السُمِّيَّة
T6 Tricking filters	المرشحات النضاضة
T7 Trihalomethanes (THM)	ثلاثي الهالوميثان (ث ه م)
T8 Turbidity	التعكير / العكارة
T9 Turbulence/ Turbulent core/ Turbulent flow	الاضطراب / الدوامية جوف دوامي (مضطرب) سريان مضطرب (دوامي)

## U

U1 Ultrafiltration	الترشيح الفائق
U2 Ultrapure water	الماء فائق النقاء
U3 Ultraviolet disinfection	التطهير (قتل الجراثيم) بالأشعة فوق البنفسجية
U4 Uniformity coefficient	معامل التجانس / التماثل

## V

V1 Vapour compression distillation Mechanical VC Thermal VC	التقطير بضغط البخار ضغط البخار ميكانيكيا ضغط البخار حراريا
V2 Vapour pressure	الضغط البخاري
V3 Viscosity	اللزوجة
V4 Viscous flow	السريان اللزج

## W

W1 Water agressiveness	عدوانية الماء
W2 Water characteristics	خواص الماء
W3 Water hydrologic cycle	الدورة الهيدرولوجية للماء

## Z

Z1 Zeolite	الزيوليت
Z2 Zetameter	مقياس زيتا
Z3 Zeta potential	جهد زيتا

## قائمة الجداول والمراجع المستقاه منها

رقم الجدول	رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم المرجع	رقم الصفحة في المرجع
١	٦٤	الموصلية المكافئة CE والموصلية k	٣١	٤٣-٢
٢	١١١	جهد الأكسدة القياسي لبعض المعادن	٨	٣٦٢
٣	١٣٠	ثابت التحلل لبعض الأحماض والقلويات الضعيفة	٧	١٦-٣
٤	١٦٥	الفطريات: أصنافها وأوانها وبعض خصائصها وآثار وجودها	٤	٨٩
٥	١٧٠	مرشحات الجاذبية	١٣	١٧٠
٦	١٧٥	الحرارة النوعية لماء البحر	٦	٧٩٣
٧	٢٠٠	خصائص العوازل الحرارية	٢٨	
٨	٢١٤	ترتيب انتقائية راتجات التبادل الأيوني	٧	١٢-٥
٩	٢٢١	حركية بعض الأيونات	١٠	٣١٩
١٠	٢٤٩	احتياجات المواد لإزالة العسر	٩	١٢٩-٥
١١	٢٤٩	الحماة الناتجة من عملية إزالة العسر	٩	١٣٠-٥
١٢	٢٧٠	المواد الكيميائية المستخدمة في إزالة مسببات الاتساخ	٢١ (f.g)	
١٣	٢٧١	المحاليل المستخدمة في غسيل الأغشية السيلولوزية	٣٤	
١٤	٢٨٨	قيم الأس (m) الذي يتناقص به معامل ثبات التدفق خلال أغشية التناضح العكسي	٢١ (e)، ٤١،٣٤	
١٥	٢٩٢	تقنيات الفصل الغشائية وحجم مسام الأغشية المستخدمة فيها وحدود الضغط اللازمة لها	٣٨	-
١٦	٢٩٢	المواد التي تزيلها تقنيات الفصل الغشائي والطرق التقليدية التي تحل محلها	٣٨	-
١٧	٢٩٣	المواد التي تصنع منها أغشية الفصل الغشائي وأشكالها	٣٨	-
١٨	٢٩٥	مقاييس مجموعة مناخل بنظام تايلر	٢٠	١٠١٠
١٩	٢٩٨	قدرة بعض المبيدات في قتل الجراثيم	٣	١٩٩
٢٠	٣٤٣	الطرق والوسائل المستخدمة للتحكم في الرائحة والتخلص من مسببات وجودها	٣	٩٠-٨٨
٢١	٣٤٦	التركيز الحدي للرائحة والحدود الصحية الواجب مراعاتها	٤٣	٣٧



رقم الصفحة في المرجع	رقم المرجع	عنوان الجدول	رقم الصفحة	رقم الجدول
-	٤٤	الضغط الاسموزي لمحاليل مياه البحر محسوبا بالطرق المختلفة	٣٥٣	٢٢
٣٢٦	٨	سلسلة جهد الأخذة	٣٥٧	٢٣
-	١٣،٩	الباتوجينات والأمراض التي تنقلها	٣٦٣	٢٤
٨-٨	٧	البولي اليكترولينات وبعض خصائصها الهامة	٣٨٤	٢٥
١١٣٤	١	المواصفات القياسية لمياه الشرب	٣٩١	٢٦
٢٧	٣٦٤	التركيب النسبي لمكونات الأملاح الذائبة في عينة قياسية من مياه البحر	٤٣١	٢٧
٢٢	٢٦	المياه الجوفية متوسطة الملوحة والاختلاف في التركيز والمكونات تبعاً لمصدرها	٤٣٣	٢٨
١٨	٢٦	التركيب الأيوني لعينة قياسية من مياه البحار والمحيطات	٤٥١	٢٩
٢١	٢٦	مقارنة التركيب الأيوني لمياه البحار المختلفة	٤٥٢	٣٠
٤٢٩-٤٢٨	١	تصنيف الحمأة	٤٦٧	٣١
١٢-٣	٧	تصنيف المركبات غير العضوية طبقاً لنوباتيتها في الماء	٤٧٧	٣٢
٦٠٠-٥٧٧	٦	الحدود القصوى للشوائب في المياه فائقة النقاء	٤٩٢	٣٣

قائمة الأشكال والمراجع التي اعتمد عليها في إعدادها

رقم	رقم الصفحة	العنوان	رقم الصفحة	رقم
١	٥	المعالجة بالحماة المنشطة (الطريقة التقليدية)	٥	١
٢	١٧	أصناف الحمضية والقوية	١٧	٢
٣	١٨	التفاعلات التي تتم أثناء المعالجة	١٨	٣
٤	٣٧	عمل طبقات السائل المغلفة لمواد الحشو بالمرشحات البيولوجية النضاضة	٣٧	٤
٥	٤٩	الاستقطاب المهبطي بواسطة الهيدروجين عند رقم هيدروجيني منخفض	٤٩	٥
٦	٦٦	خلية التآكل	٦٦	٦
٧	٦٦	نماذج لبعض المبياتك والمعادن من السلسلة الجلفانية	٦٦	٧
٨	٧٦	نازع هواء خوائي ثلاثي المراحل	٧٦	٨
٩	٧٨	نازع ثاني أكسيد كربون	٧٨	٩
١٠	٨٣	فاصل زيت بفعل الجاذبية	٨٣	١٠
١١	٨٦	أمثلة لتصميمات مزيلات الرذاذ	٨٦	١١
١٢	١١٠	قطب الهيدروجين العياري	١١٠	١٢
١٣	١١٠	قياس جهد الأكسدة العياري للزنك	١١٠	١٣
١٤	١١٣	رسم تخطيطي للفرز الغشائي الكهربائي	١١٣	١٤
١٥	١١٣	مقطع في وحدة فرز غشائي كهربائي	١١٣	١٥
١٦	١١٩	وحدة تناضح عكسي مع استعادة الطاقة	١١٩	١٦
١٧	١٢١	تغير كفاءة وحدات استعادة الطاقة	١٢١	١٧
١٨	١٢٣	مقطع في توربين دفعي (عجلة بيلتون)	١٢٣	١٨
١٩	١٤٠	(أ) إطار ولوح مرشح ضاغط	١٤٠	١٩
٢٠	١٤٠	(ب) مرشح ضاغط غير مجهز بمسار غسيل مستقل	١٤٠	٢٠
٢١	١٤٢	مرشح ضاغط مجهز بمسار مستقل للغسيل	١٤٢	٢١
٢٢	١٤٦	رسوم توضيحية لكيفية حدوث التخثر والتدمج	١٤٦	٢٢
٢٣	١٤٩	فاقد الضغط خلال الأنابيب	١٤٩	٢٣
٢٤	١٥٩	معامل الاحتكاك	١٥٩	٢٤
٢٥	١٦٤	معامل فعالية الغازات والأبخرة	١٦٤	٢٥
٢٦	١٨٥	أبعاد الشعيرات الدقيقة الجوفاء المستخدمة في التحلية	١٨٥	٢٦
٢٧	١٨٦	صورة ميكروجرافية للشعيرات الدقيقة الجوفاء	١٨٦	٢٧

رقم الصفحة	رقم المرجع	العنوان	رقم الصفحة	الرقم
٢١	٥	التركيب الفراغي لجزيئات الماء	١٩٠	٢٧
٣٤	٢٦	احتياجات الصناعات المختلفة من المياه	١٩٥	٢٨
٣٦	٢٦	توزيع المياه المستخدمة في الصناعات المختلفة على أغراض استخدامها	١٩٧	٢٩
٢٦٤	٥	رسم توضيحي لمنحنى الاختراق لمهد ثابت من راتنج تبادل أيوني	٢٠٤	٣٠
٩١	١	توزيع الأيونات في مهد الراتنج (تمرير مجدندات الفعالية في نفس اتجاه التثبيت)	٢١٢	٣١
٩٢	١	توزيع الأيونات في مهد الراتنج (تمرير مجدندات الفعالية في تيار عكس اتجاه التثبيت)	٢١٢	٣٢
٣٣٠	١	تجديد الفعالية لمهد ثابت في مبادل أيونات بالتيار العكسي	٢١٦	٣٣
٣٣٢	١	التبادل الأيوني للكاتيونات والأنيونات في مهد من خليط الراتجات	٢١٧	٣٤
٣٣٥	١	وحدة تبادل أيوني (مهد مختلط وعمود واحد لتجديد الفعالية)	٢١٧	٣٥
٣٣٦	١	نظام إزالة مستمرة للأيونات في مهد مختلط	٢١٩	٣٦
٤٢٠	١٠	منحنى الامتزاز عند درجة حرارة ثابتة	٢٢٧	٣٧
٢٠٣	٢٠	نفاث قاذف بخاري	٢٣١	٣٨
٢٤٢	٤	دليل لانتاجير للتشبع	٢٣٨	٣٩
٦٣٥	٦	مخطط لانتاجير للثبات	٢٤١	٤٠
١٢٩-٥	٩	أسلوب المعالجة بالسريران المقسوم مع إعادة الكرينة	٢٥١	٤١
٣٠٢	٦	الاستقطاب وشدة التيار الحدية	٢٥١	٤٢
٣٧	٢٦	رسم تخطيطي لدائرة تبريد شبه مفتوحة	٢٥٨	٤٣
٣٨-١٠	٧	تناقض نسبة المياه التعويضية مع معامل التركيز	٢٥٨	٤٤
٢	(d) ٢١	تأثير الاتساخ والتنظيف على إنتاجية وحدات التناضح العكسي	٢٦٧	٤٥
١٠	(b) ٢١	أجهزة تنظيف وتطهير وغسيل وحدات أغشية التناضح العكسي	٢٦٩	٤٦
٥٠٠	٣٧	وحدة تناضح عكسي مكونة من الواح وأطر	٢٧٤	٤٧
١٤٩-٥	٩	وحدة تناضح عكسي أنبوبية	٢٧٧	٤٨
٤	(a) ٢١	(أ) خرطوشة أغشية ملفوفة حلزونية (ب) وعاء ضغط به خرطوشات أغشية ملفوفة حلزونية	٢٧٨	٤٩

رقم الصفحة	رقم المرجع	العنوان	رقم الصفحة	الرقم
٤	٢١ (a)	(أ) رسم توضيحي للعمل في وحدات شعيرات دقيقة جوفاء	٢٨٠	٥٠
٣	٢١ (a)	(ب) وحدة أغشية شعيرات دقيقة جوفاء	٢٨٠	
٢٣٩	٣٥	رسم توضيحي للتقطير الغشائي	٢٨١	٥١
٢	٢١ (a)	(أ) أغشية الرقائق المستوية اللاتمائية	٢٨١	٥٢
٢	٢١ (a)	(ب) الأغشية الرقيقة المركبة	٢٨١	
١٠٠	٤	تأثير الرقم الهيدروجيني على الهيئة التي يكون عليها الكلور	٣٠٠	٥٣
٢١١	٤٢	انتالبيا-انتروبيا بخار الماء (رسم مولير)	٣٠٧	٥٤
٣٩	٤٧	وحدة تبخير متعددة الأثر مصفوفة رأسي	٣١٥	٥٥
١٥٩	٥	(أ) وحدة تقطير وميض متعدد المراحل تعمل بنظام تدوير المحلول الملحي	٣١٦	٥٦
١٥٩	٥	(ب) درجات الحرارة في وحدة تقطير وميض متعدد المراحل	٣١٦	٥٦
٣٠٥	٤٠	وحدة تقطير وميض متعدد المراحل (سريان أحادي)	٣١٧	٥٧
٣٠٩	٤٠	نظام السريان الأحادي المعدل لوحدة ت و م م	٣٢٠	٥٨
٧٥	١٥	طرق صف هذه الأنابيب في وحدات ت و م م (أ) صف الأنابيب عرضيا (ب) صف الأنابيب طوليا (ج) النظام المطور للأنابيب المصفوفة عرضيا للطاقت الكبيرة	٣٢٢	٥٩
١٨٣	٢٤	تغير إجهاد القص مع معدل تناقص السرعة للموائع النيوتونية واللانيوتونية	٣٢٩	٦٠
٨٨	٢	التركيز النسبي لمركبات النيتروجين أثناء الفترة	٣٣١	٦١
٥٥٣	٢	دورة النيتروجين	٣٣٣	٦٢
١٠٦	٨	رسم تخطيطي لجهاز هارثلي وبيركلي لقياس الضغط التناضحي	٣٤٨	٦٣
٣٨٢	١٠	رسم بياني لأطوار نظام أحادي المكون (الماء)	٣٧٢	٦٤
١٤٤	١٥	تركيز الأملاح بالقرب من زوج من أغشية الفرز الغشائي الكهربائي	٣٧٨	٦٥
٤٧٣	٣	أفران تجديد فعالية الكربون المنشط	٤١١	٦٦
٥٠٢	٢	الكلورة إلى النقطة الفاصلة	٤١٨	٦٧
٨٢	٥١	توزيع المياه المالحة والمياه العذبة عالميا	٤٢٩	٦٨

رقم الصفحة	رقم المرجع	العنوان	رقم الصفحة	الرقم
٣٤	٥	ذوبانية الأملاح المكونة للقشور	٤٤٦	٦٩
١٥-٢	٤٨	معدل تكوين القشور مع الزمن	٤٤٩	٧٠
١٠	٢١ (h)	نموذج لمكونات بئر شاطئ	٤٦٠	٧١
٧٤	٤٧	المكونات الأساسية لمبخر شمسي	٤٧٤	٧٢
٤٥٧	٥٠	رسم تخطيطي لوحدة تقطير متعددة الأثر مع الضغط الحراري البخاري	٤٩٨	٧٣
٥٩	١	جهد زيتا والطبقة المزدوجة على الجسيمات الغروية	٥٠٧	٧٤

## الفهرس

(أ)

S25 Shore wells	آبار الشاطئ
E19 Equilibrium	التزان
C15 Chemical equilibrium	الاتزان الكيمائي
F28 Fouling	انساخ
M12 Membrane fouling, R.O.	انساخ أغشية التناضح العكسي
B12 Biological fouling (Biofouling)	انساخ بيولوجي
M5 Membrane biofouling, R.O.	انساخ بيولوجي (لأغشية التناضح العكسي)
A16 Aerators	أجهزة التهوية
P13 Pipe friction	احتكاك أنبوبي
B8 Biochemical oxygen demand (BOD)	احتياج بيوكيميائي للأكسجين
F17 Five-day BOD	احتياج بيوكيميائي للأكسجين (خمسة أيام)
C16 Chemical oxygen demand	احتياج كيميائي للأكسجين
A13 Aerated ponds	أحواض مهواة
E18 Equalizing basins	أحواض موازنة
J2 Jar test	اختبار الجرة
M3 Marble test	اختبار الرخام
B18 Boiling point elevation	الارتفاع في نقطة الغليان
S7 Saturation indices	أدلة التشبع
D3 Decarbonation	إزالة ثاني أكسيد الكربون
D7 Degreasing	إزالة الشحوم
D4 Dechlorination	إزالة الكلور
R15 Residual chlorine removal	إزالة الكلور المتبقي
S39 Softening	إزالة العسر
L10 Lime softening	إزالة العسر بالجير
L9 Lime-soda softening	إزالة العسر بالجير والصودا
D6 Degasification	إزالة الغازات
S13 Scale removal	إزالة القشور
D13 Desalination	إزالة ملوحة / تحلية
D9 Deionization	إزالة المواد المتأينة
D12 Denitrification	إزالة المواد النيتروجينية / انعكاس النترنة
L7 Leaching	استخلاص المواد الصلبة / نض
R18 Reuse, Water	إعادة استخدام الماء
E13 Energy recovery	استعادة الطاقة
A34 Anodic polarization	استقطاب مصعدي (أنودي)
C24 Concentration polarization	استقطاب تركيزي
P16 Polarization in electro dialysis	استقطاب في الفرز الكهربائي الغشائي (الديليزة الكهربائية)
C5 Cathode polarization	استقطاب مهبطي (كاتودي)

C11 Cellulose acetate	أسيتات سيلولوز
I5 Insolation, Solar	اشعاع شمسي
F23 Fluoridation	إضافة فلوريدات / فلورة
T9 Turbulence	اضطراب / دوامية
R18 Reuse, Water	إعادة استخدام الماء
R12 Remineralization	إعادة تمليح
D13 Desalination	إعذاب / تحلية
M5 Membrane biofouling, R.O.	أغشية تناضح عكسي، اتساخ
M7 Membrane configuration, R.O.	أغشية تناضح عكسي، أنماط
M10 Membrane fabrication, R.O.	أغشية تناضح عكسي، تصنيع
M14 Membrane materials, R.O.	أغشية تناضح عكسي، مواد
S18 Semipermeable membrane	أغشية شبه نافذة
M9 ED Membranes	أغشية فرز غشائي كهربائي
A39 Asymmetrical membranes	أغشية لامتثالية
S46 Spiral wound membranes	أغشية ملفوفة حلزونية
A33 Anion permeable membranes	أغشية منفذة للأنيونات
F9 Filter cakes	أقراص ترشيح
B4 Bacterial oxidation	أكسدة بكتيرية
E23 Exergy	أكسبرجي
H26 Hydrophile	إلف للماء
M13 Membrane functional mechanisms	آليات الفصل بالأغشية
E10 Electrolyte	الليكتروليت
A12 Adsorption	امتزاز
A1 Absorption	امتصاص
A27 Amphoteric	أمفوتيري
E17 Entropy	إنتروبيا
D22 Diffusion	انتشار
I14 Ion exchange resin selectivity	انتقائية راتنج التبادل الأيوني
N3 Natural convection heat transfer	انتقال الحرارة بتيارات الحمل
A35 Anthracite	الأنثراسيت
F6 Fiber compaction	انضغاط الألياف (الأغشية)
C23 Compaction of membranes	انضغاط الأغشية
M7 Membrane configuration, R.O.	أنماط أغشية تناضح عكسي
A30 Anhydrite	أنهيدريت
A31 Anion	أنيون
O11 Ozonizers	الأوزون، أجهزة المعالجة بواسطة
O10 Ozonation	الأوزون، المعالجة بواسطة
M17 Metabolism	الأيض / التمثيل الغذائي
A28 Anabolism	الأيض البنائي / التمثيل الغذائي البنائي
C4 Catabolism	الأيض الهدمي / التمثيل الغذائي الهدمي
I8 Ion	الأيون

(ب)

P2 Pathogens	بائوجينات / مسببات الأمراض / مُمرضات
E22 Evaporation	بخر
A19 Aerobic lagoons, Natural	برك التهوية الطبيعية
A13 Aerated lagoons (ponds)	برك مهواة
B2 Bacteria	بكتريا
I19 Iron bacteria	بكتريا الحديد
P18 Polyelectrolyte	بولي اليكتروليئات
P19 Polyphosphate	بولي فوسفات

(ت)

D32 Donnan effect	تأثير دونان
C26 Corrosion	تآكل
B3 Bacterial corrosion	تآكل بكتيري
P14 Pitting corrosion	تآكل تنقيري
E5 Electrochemical corrosion	تآكل كهروكيميائي
I9 Ion exchange	تبادل أيوني
M28 Moving-bed ion exchange	تبادل أيوني بالمهد المتحرك
E22 Evaporation	تبخر (بخر)
P6 Pervaporation	تبخر متعدد الأثر (أنظر تقطير م أ)
E17 Entropy	تبخر نفاذي
S37 Sludge stabilization	تبخير وميضي متعدد المراحل (أنظر ت و م م)
C17 Chemical stabilization of sludge	تبعثر (إنتروبيا/عشوائية)
S29 Sludge, Aerobic stabilization	تثبيت الحمأة
S30 Sludge, Anaerobic stabilization	تثبيت كيميائي للحمأة
I13 Ion exchange resin regeneration	تثبيت (هضم) هوائي للحمأة
R8 Regeneration, Activated carbon	التثبيت اللاهوائي للحمأة
A20 Agglomeration	تجديد فعالية تبادل أيوني
H20 Hydrate freezing	تجديد فعالية كربون المنشط
U4 Uniformity coefficient	تجمع (تكثف)
C9 Cavitation	تجميد تميؤني
S10 Scale control	تجانس / تماثل
O2 Odour control	تجوف
H25 Hydrolysis	التحكم في تكوين القشور
B10 Biodegradation	تحكم في الرائحة
D13 Desalination	تحلل بالماء/حمأة
F36 Freeze desalination	تحلل بيولوجي
	تحلية
	تحلية بالتجميد



تحلية بالطاقة الشمسية (نظر تقطير بالطاقة الشمسية)

S31 Sludge analysis	تحليل الحمأة
E12 Electrolysis	تحليل كهربائي
B16 BOD loading	تحميل بيولوجي
F10 Filter loading	تحميل (سعة استيعاب) المرشح
H21 Hydraulic loading	تحميل هيدروليكي
C21 Coagulation	التخثر (التجلط)
F3 Fermentation	تخمّر
A29 Anaerobic digestion	تخمّر (هضم لا هوائي)
F20 Flocculation	تدمج/تكتل
S44 Solvation	تذابوب
D19 Diatomaceous earth	تراب دياتوم
S16 Sedimentation	ترسيب/ترسب
S23 Settling tanks	ترسيب، أحواض
S19 Sequestration	ترسيب، تعويق
S22 Settling, Free & hindered	ترسيب حر ومُعاق
S17 Sedimentation, Chemical	ترسيب كيميائي
M19 Microfiltration	ترشيح دقيق
H30 Hyperfiltration	ترشيح فائق
U1 Ultrafiltration	ترشيح فائق
N1 Nanofiltration	ترشيح متناهي الدقة/ترشيح نانومتري
F15 Filtration, Microporous	ترشيح ميكروني
S14 Sea water chemical composition	التركيب الكيميائي لماء البحر
O3 Odour threshold concentration	تركيز حدي للرائحة
S34 Sludge concentration	تركيز الحمأة
L8 Lethal concentration	تركيز مميت
C19 Clarification	ترويق
I4 Infiltration	تسريب
A40 Autopsy	تشريح مقطعي
M10 Membrane fabrication, R.O.	تصنيع أغشية
S33 Sludge classification	تصنيف الحمأة
D27 Disinfection	تطهير
U3 Ultraviolet disinfection	تطهير (قتل الجراثيم) بالأشعة فوق البنفسجية
T8 Turbidity	تعكير
F21 Flotation	تعويم
F28 Fouling	تقذر
M12 Membrane fouling, R.O.	تقذر أغشية التناضح العكسي
F29 Fouling, Biological	تقذر بيولوجي
V1 Vapour compression distillation	تقطير بضغط البخار
S40 Solar distillation/evaporation	تقطير بالطاقة الشمسية
M8 Membrane distillation	تقطير غشائي
M31 Multiple effect distillation	تقطير متعدد الأثر

F18 Flash distillation	تقطير ومضي
M32 Multistage flash distillation (MSF)	تقطير الوميضي متعدد المراحل (ت و م م)
F40 Frothing	تكوّن رغوة
N13 Nucleation	تكوين نويات (تتوية)
P11 Photosynthesis	تمثيل ضوئي
R12 Remineralization	تمعدن/ تمليح، إعادة
D10 Deliquescence	تميع
O4 Osmosis	تناضح
R19 Reverse osmosis	تناضح عكسي
E8 Electrodialysis	تناضح غشائي كهربائي
E9 Electrodialysis reversal (EDR)	تناضح غشائي كهربائي مع عكس القطبية
E11 Electrosmosis	تناضح كهربائي
O6 Osmotic pressure calculation	التناضح، حساب الضغط
O5 Osmotic pressure	التناضح، الضغط
F25 Flux decline	تناقص معدل التدفق
S19 Sequestration	تتحية أيونات / إعاقة ترسيب
M6 Membrane cleaning (R.O.)	تنظيف أغشية التناضح العكسي
Acid cleaning A2	تنظيف بالأحماض
A23 Alkaline cleaning	تنظيف بالقلويات
B5 Ball cleaning	تنظيف بإمرار الكرات
N13 Nucleation	تتوية/تكون نويات التبلور
S35 Sludge conditioning	تهيأة الحمأة
A14 Aeration	تهوية
L1 Lagooning, Natural	تهوية طبيعية في الأحواض
A15 Aeration, Extended	تهوية ممتدة
S50 Surface tension	توتر سطحي
H23 Hydraulic turbine	توربين هيدروليكي
S32 Sludge characterization	توصيف الحمأة

(ث)

E20 Equilibrium constant	ثابت اتزان / توازن
D20 Dielectric constant	ثابت العزل الكهربائي
F1 Faraday's constant	ثابت فارادي
F32 Free carbon dioxide	ثاني أكسيد الكربون الحر
T7 Trihalomethanes	ثلاثي هالوميثان

(ج)

J2 Jar test  
O8 Oxidation-Reduction potential  
E7 Electrode potential  
G6 Gibb's potential  
Z3 Zeta potential  
Q2 Quicklime  
S27 Slaked lime  
T9 Turbulent core

اختبار الجرة  
جهد الأوكسدة  
جهد الأليكترود / القطب الكهربائي  
جهد جب  
جهد زيتا  
جير حي  
جير مطفأ  
جوف دوامي (مضطرب)

(ح)

S43 Solubility product  
E19 Equilibrium  
N11 Nitrilotriacetic acid  
H18 Humic acid  
E21 Erosion  
S3 Salinity limits  
G4 Geothermal heat  
H9 Heat, Latent  
H12 Heat, Sensible  
S45 Specific heat  
I16 Ionic mobility  
R4 Raschig rings  
H25 Hydrolysis  
S28 Sludge  
A4 Acidity

حاصل ذوبانية  
حالة اتزان/توازن  
حامض نيتريلوتراي اسيتيك  
حامض هيوميك  
الحت  
حدود الملوحة  
حرارة باطن الأرض  
حرارة كامنة  
حرارة محسوسة  
حرارة نوعية  
حركية أيونات  
حلقات راشيج  
حلماة/التحلل بالماء  
حمأة  
حمضية

(خ)

D21 Differential aeration cells  
C26 Corrosion  
C11 Cellulose acetate  
W2 Water characteristics

خلايا التهوية التفاضلية  
خلية تأكل (أنظر التآكل)  
خلات سيلولوز  
خواص الماء

(د)

D31 Dissociation constant	درجة التفكك
D8 Degree of hardness	درجة عسر الماء
K2 Kelvin's degree	درجة كلفن
S2 Salinity	درجة الملوحة
F31 Fouling index	دليل اتساخ / تقذر
S26 Silt Density Index	دليل تركيز الطمي
R21 Ryznar stability index	دليل ريزنر للثبات
L4 Langlier saturation index	دليل (معامل) لانجلير للتشبع
S48 Stiff & Davies' saturation index	دليل ستيف ودافيز للتشبع
T9 Turbulence	دوامية
W3 Water hydrologic cycle	دورة هيدرولوجية للماء
N7 Nitrogen cycle	دورة النيتروجين
D18 Diatoms	دياتومات
D17 Dialysis	ديليزة
E8 Electrodialysis ED	ديليزة غشائية كهربائية
E9 ED reversal (EDR)	ديليزة غشائية كهربائية مع عكس القطبية

(ذ)

S42 Solubility	ذوبانية
S43 Solubility product	ذوبانية، حاصل

(ر)

O1 Odour	رائحة
I11 Ion exchange resin	راتنج تبادل أيوني
C8 Cation exchange resins	راتنج كاتيوني
R4 Raschig rings	راشيج، حلقات
R3 Raoult's law	راؤوت، قانون
E1 EDTA	رباعي اسيتات الإيثيلين ثنائي الأمين
M3 Marble test	رخام، اختبار
E15 Entrainment	رذاذ مسحوب
H19 Humidity	رطوبة
R11 Relative humidity	رطوبة نسبية
F26 Foam	رغوة / زبد
I18 Ionic transport number	رقم انتقال أيوني
F41 Froude's number	رقم فراود
R20 Reynold's number	رقم رينولد

P7 pH value  
G9 Greensand  
H24 Hydrogen bonds

رقم هيدروجيني  
رمل خضراوي  
روابط هيدروجينية

(ز)

F26 Foam  
R13 Residence time  
M24 Mineralization  
Z1 Zeolite

زَبَد  
زمن استبقاء / زمن تلامس  
زيادة المحتوى المعدني (تركيز الأملاح)  
زيوليت

(س)

S48 Stiff & Davies' saturation index  
S38 Sodium hexametaphosphate (SHMP)  
I16 Ionic mobility  
S24 Settling velocity, Terminal  
L3 Laminar flow  
T9 Turbulent flow  
H5 Heat capacity  
T5 Toxicity  
C10 Cellulose  
C11 Cellulose acetate

ستيف ودافيز، دليل تشبع  
سداسي ميتافوسفات الصوديوم  
سرعة أيونات  
سرعة ترسيب حدية (نهائية)  
سريان طبقي أو صفائحي أو لزج  
سريان مضطرب (دوامي)  
سعة حرارية  
سُميَّة  
سيلولوز  
سيلولوز، أسيتات

(ش)

H16 Hollow fine fibrers

شعيرات دقيقة جوفاء

(ص)

O7 Outfalls  
D14 Detention tank

صرف، مخارج  
صهريج احتجاز

(ض)

V1 Thermal, VC  
V1 Mechanical, VC

ضغط البخار حراريا  
ضغط البخار ميكانيكيا

V2 Vapour pressure	الضغط البخاري
O5 Osmotic pressure	ضغط، تناضحي
O6 Osmotic pressure calculation	الضغط التناضحي، حساب
E2 Ejectocompression	الضغط بالقذف
H28 Hydrostatic pressure	ضغط هيدروستاتيكي

### (ط)

G5 Gibb's free energy	طاقة جيب الحرة
F33 Free energy	طاقة حرة
F35 Free surface energy	طاقة حرة للسطح
I12 Ion exchange resin capacity	طاقة راتنج تبادل أيوني
B19 Boundary layer	طبقة متاخمة
P26 Protective layer	طبقة واقية
A21 Algae	طحالب
P12 Phytoplankton	(انظر أيضا عوالق نباتية)
C13 Centrifugation of sludge	الطرد المركزي للحماة
M15 Membrane separation process	طرق الفصل الغشائية
P8 Phase	طور
P9 Phase rule	الطور، قانون

### (ع)

I6 Insulation, Thermal	عزل حراري
P4 Permanent hardness	عسر دائم
H3 Hardness, Total	عسر كلي
N8 Noncarbonate hardness	عسر اللاكربونات
H1 Hardness, Water	عسر الماء
M1 Magnesium hardness	عسر ماغنسيوم
H2 Hardness, Temporary	عسر مؤقت
E17 Entropy	عشوائية (إنتروپيا / تبعثر)
I22 Isothermal process	عملية ثابتة درجة الحرارة
A9 Adiabatic process	عملية ثابتة المحتوى الحراري
N10 Normal solution	عياري، محلول
P15 Plankton	عوالق مائية حية
P12 Phytoplanktons (Algae)	عوالق نباتية

(ع)

C22 Colloids	غرويات
B1 Backwash	غسيل عكسي
F14 Filter washing	غسيل المرشح
S18 Semipermeable membrane	غشاء شبه نفاذ
S46 Spiral wound membranes	غشاء ملفوف حلزوني
H27 Hydrophobic	غير آلف للماء

(ف)

U2 Ultrapure water	فائق النقاء، ماء
H4 Head loss	فاقد الضغط / الفاقد من الضغط
F39 Friction head loss	فاقد الضغط بالاحتكاك
C12 Centrifugal separation	فرز بالطرد المركزي
D17 Dialysis	فرز غشائي
E8 Electrodialysis	فرز غشائي كهربائي
E9 Electrodialysis reversal (EDR)	فرز غشائي كهربائي مع عكس القطبية
M13 Membrane functional mechanisms	فصل بالأغشية، اليات
M15 Membrane separation process	فصل بالأغشية، طرق
F44 Fungus	فطر (فطريات)
A7 Activity	فعالية
A8 Activity coefficient	معامل فعالية
F23 Fluoridation	فلورة (إضافة الفلوريدات)
S49 Supersaturation	فوق التشبع
F27 Formaldehyde	فورم الدهيد / فورمالين
F43 Fugacity	فيوجاسيتي / انفلاتية (انطلاقية) الغاز

(ق)

L6 Le Chatelier's Principle	قاعدة لوشاتيليه
R3 Raoult's law	قانون راؤولت
P9 Phase rule	قانون الطور
M4 Mass action law	قانون فعل الكتلة
H15 Henry's law	قانون هنري
S9 Scales	قشور / حشَف
E21 Erosion	قرض
A24 Alkaline scales	قشور قلوية
D30 Distillate	قطارة
E6 Electrode	قطب كهربائي

A25 Alkalinity  
P10 Phenolphthalien alkalinity  
B7 Bicarbonate alkalinity  
G7 Grain  
I17 Ionic strength

قلوية  
قلوية فينوفثالين  
قلوية بيكربونات  
قمحة  
القوة الأيونية

(ك)

C7 Cation  
K1 Kaolin  
A26 Aluminium sulphate  
F5 Ferric sulphate  
A30 Anhydrite  
L11 Limiting current density  
B24 Bulk density  
B5 Ball cleaning  
M29 Mud balls  
I2 Indicator  
A5 Activated carbon  
C14 Chelants  
F2 Faraday's efficiency  
K2 Kelvin's degree  
F34 Free residual chlorine  
R14 Residual chlorine  
C18 Chlorination  
F4 Ferric chloride  
S11 Scale formation kinetics

كاتيون  
الكاولين  
كبريتات الألمنيوم  
كبريتات الحديدك  
كبريتات كالسيوم لامائية  
كثافة حدية للتيار  
كثافة ظاهرية  
كرات، تنظيف بإمرار  
كرات طينية  
كشاف  
كربون منشط  
كلايبات (مواد كلايبية)  
كفاءة فاراداي  
كلفن، درجة  
كلور حر متبقي  
كلور متبقي  
كلورة  
كلوريد الحديدك  
كينتيكية تكون القشور

(ل)

P1 Passivity  
I1 Impermeability  
M22 Milk of lime  
V3 Viscosity  
K3 Kinematic viscosity  
L6 Le Chatelier's Principle

لافعالية  
لانفاذية  
لبن الجير / ماء الجير  
لزوجة  
اللزوجة الكينماتيكية  
لوشاتيليه، قاعدة



(م)

B20 Brackish water	ماء أخضم / زاقق / متوسط الملوحة
S14 Sea water chemical composition	ماء البحر تركيب كيميائي
M2 Make-up water	ماء تعويضي
U2 Ultrapure water	ماء فائق النقاء
I7 Intake	مأخذ/مدخل
A11 Adsorbent	مادة مازة
A10 Adsorbate	مادة ممتزة
A36 Antifoam agent	مانع رغوة
A37 Antifoulants	مانعات التناخ
S20 Sequestrants	مانعات ترسيب
38 AntiscalantsA	مانعات قشور
T4 Threshold inhibitors	مانعات مشرفية
I15 Ion exchangers	مبادلات أيونات
A32 Anion exchanger	مبادل أيونات سالبة
H7 Heat exchanger	مبادل حراري
H17 Horizontal tube evaporator	مبخر ذو أنابيب أفقية
B9 Biocide	مبيد الكائنات الحية الدقيقة
M18 Microbiocides	مبيدات الكائنات الحية الدقيقة (الميكروبات)
A22 Algaecide	مبيد طحالب
I23 Isotropic	متساوي الخواص في جميع الاتجاهات
L13 Logarithmic mean temp. difference	متوسط لوغاريتمي لفرق درجات الحرارة
C27 Corrosion inhibitors	مثبطات تآكل
L7 Leaching	مج / استخلاص من مواد صلبة
E16 Enthalpy	محتوى حراري / انتالبيا
M25 Moisture content	محتوى المادة من الرطوبة
B23 Buffer solution	محلول (نو رقم هيدروجيني ثابت/منظم)
N10 Normal solution	محلول عياري
B21 Brine	محلول ملحي
O7 Outfalls	مخارج مياه الصرف
C20 Coagulants	مخثرات
L5 Langlier stability diagram	مخطط (رسم بياني) لانجلير للثبات
M27 Mollier's diagram	مخطط موليير
F19 Flocculants	مُنَمَّجَات
F7 Filter	مرشح
R6 Recovery stages, Heat	مراحل استعادة الحرارة
R10 Rejection stages, Heat	مراحل طرد الحرارة
B11 Biological filter	مرشح بيولوجي
C3 Cartridge filter	مرشح خرطوشي
D34 Dual-media filter	مرشح ذو طبقتين
C2 Candle filter	مرشح شموع

F12 Filter press	مرشح ضاغط
M30 Multimedia filters	مرشحات متعددة الطبقات
D26 Disc filters	مرشحات أقراص
G8 Gravity filters	مرشحات جاذبية
S6 Sand filters	مرشحات رملية
M21 Micron filters	مرشحات ميكرونية
T6 Tricking filters	مرشحات نضاضة
Q1 Quaternary ammonium compounds	مركبات أمونيوم رباعية
O9 Oxygen scavengers	مزيلات أكسجين
D11 Demisters	مزيلات رذاذ
D5 Defoamers	مزيلات رغوة
F8 Filter aids	مساعداً ترشيح
P20 Porosity	مسامية / فراغات بينية
P2 Pathogens	مسببات أمراض (باثوجينات)
S15 Secondary waste water treatment	المستوى الثاني لمعالجة مياه الصرف
T2 Tertiary waste water treatment	مستوى ثالث من معالجة مياه الصرف
B22 Brine heater	مسخن محلول ملحي
D28 Dispersants	مشتتات
F13 Filter strainer	مصفاة مرشح
D33 Dosing pump	مضخة جرعات / مضخة حقن كيماويات سائلة
J3 Jet ejectors	مضخة نافورية / نفثات قاذفة
N4 Neutralization	معادلة
P25 Primary waste water treatment	معالجة أولية لمياه الصرف
A3 Acid treatment	معالجة بالأحماض
O10 Ozonation	المعالجة بالأوزون
A17 Aerobic biological treatment	معالجة بيولوجية في وجود هواء
A6 Activated sludge treatment	معالجة الحمأة المنشطة
P21 Post-treatment	معالجة لاحقة
P24 Pretreatment	معالجة مسبقة
F30 Fouling coefficient	معامل اتساخ / تقذر
F38 Friction factor	معامل احتكاك
P3 Performance ratio	معامل أداء
D23 Diffusion coefficient	معامل انتشار
H14 Heat transfer coefficient	معامل انتقال الحرارة
U4 Uniformity coefficient	معامل تجانس
L12 Load factor	معامل التحميل (التشغيل)
M11 Membrane flux, retention coefficient	معامل ثبات التدفق خلال الأغشية
A8 Activity coefficient	معامل فعالية
H13 Heat transfer	معدل انتقال الحرارة
F24 Flux	معدل تدفق
H8 Heat flux	معدل تدفق حراري
F16 Filtration rate	معدل ترشيح

R17 Resistance, Thermal	مقاومة حرارية
R16 Resistance, Electrical	مقاومة كهربائية
M16 Mesh number	مقياس فتحات المناخل / ميش
D30 Distillate	مقطر / ناتج التقطير
B6 scale	مقياس بومييه
Z2 Zetameter	مقياس زيتا
C1 Calcium carbonate equivalent	مكافئ كربونات الكالسيوم
M23 Milliequivalent	مكافئ ميلي جراي
S3 Salinity limits	ملوحة (أنظر درجة الملوحة)
S2 Salinity	الملوحة، حدود
B14 Biological pollutants	الملوحة، درجة
P17 Pollutants, Water	ملوثات بيولوجية
P2 Pathogens	ملوثات الماء
I21 Isotherm, Adsorption	مُمرضات
D29 Dissolved oxygen sag curve	منحنى امتزاز عند درجة حرارة ثابتة
D15 Detergents, Synthetic	منحنى تناقص الأكسجين الذائب
S12 Scale prevention	منظفات صناعية
C14 Chelants	منع تكوين القشور
M14 Membrane materials	مواد كلابية
S21 Settleable solids	مواد تصنيع أغشية التناضح العكسي
N9 Nonsettleable matter	مواد صلبة قابلة للترسب
F22 Flow balancing	مواد غير قابلة للترسب
N5 Newtonian & Non-newtonian fluids	موازنة معدل السريان
T3 Conductivity, Thermal	موائع نيوتونية ولا نيوتونية
C25 Conductivity, Electrical	موصلية حرارية
M26 Mole/Molality/Molarity	موصلية كهربائية
P22 Potable water	مول / مولالية / موارية
B20 Brackish water	مياه صالحة للشرب
I3 Industrial waste water	مياه صليبية / متوسط الملوحة
S1 Saline waters	مياه صرف صناعي
B15 Blowdown	مياه مالحة
M16 Mesh	مياه مطرودة
M20 Micron	ميش
H29 Hygroscopicity	ميكرون
	ميل للتميؤ

(ن)

D30 Distillate	ناتج التقطير / قطارة
D3 Decarbonator	نازع ثاني أكسيد الكربون
D2 Deaerators	نازعات الهواء

H27 Hydrophobic	نافر من الماء
S5 Salt rejection	نبذ الأملاح
N6 Nitrification	نترنة
N7 Nitrogen cycle	النيتروجين، دورة
E21 Erosion	نحت / حت / قرص
S36 Sludge dewatering	نزع ماء الحمأة
D1 Deaeration	نزع الهواء
R5 Recovery ratio	نسبة الاستعادة (الاستخلاص)
G1 Gained output ratio	نسبة المردود
E3 Ejector	نفاث القذف / طارد الهواء
J3 Jet ejectors	نفاثات قاذفة (طاردة)
S4 Salt passage	نفاذية الأملاح
P5 Permselectivity	نفاذية انتقائية
I10 Ion exchange breakthrough point	نقطة اختراق في التبادل الأيوني
I20 Isoelectric point	نقطة التعادل الكهربائي
B17 Boiling point	نقطة الغليان
N11 Nitrilotriacetic acid	نيتريلو تراي اسيتيك، حامض
N12 Nephelometric turbidity unit	نيفلومترية، وحدة قياس تعكر

#### (هـ)

D25 Digestion	هضم
A29 Anaerobic digestion	هضم لاهوائي
A18 Aerobic digestion	هضم هوائي
G2 Gel	هلام / جيلاتين
H22 Hydrazine	هيدرازين
H18 Humic acid	هيوميك، حامض

#### (و)

J1 Jackson turbidity unit	وحدة جاكسون لقياس العكارة (التعكير)
G3 German degree of hardness	وحدة قياس عسر الماء الألمانية
E14 English degree of hardness	وحدة قياس عسر الماء الانجليزية
F37 French degree of hardness	وحدة قياس عسر الماء الفرنسية
F42 FTU Formazine turbidity unit	وحدة فورمازين لقياس العكارة (التعكير)
N12 Nephelometric turbidity unit	وحدة نيفلومترية لقياس التعكر (العكارة)
F11 Filter medium	وسط ترشيح
D24 Digester	وعاء الهضم
C6 Cathode polarization	الوقاية المهبطية (الكاثودية)

**LISTING OF NON-THERMAL DESALINATION PROCESS  
TERMONOLGIES**

Anion exchanger	A <sub>32</sub>	Fouling Biological	F <sub>29</sub>	Membrane fouling	M <sub>12</sub>
Anion permeable membrane	A <sub>33</sub>	Fouling index	F <sub>31</sub>	Membrane functional mechanism	M <sub>13</sub>
Anodic polarization	A <sub>34</sub>	Hollow fine fiber	H <sub>16</sub>	Membrane materials	M <sub>14</sub>
Antifoulants	A <sub>37</sub>	Hydrate freezing	H <sub>20</sub>	Membrane separation processes	M <sub>15</sub>
Asymmetric membranes	A <sub>39</sub>	Hydraulic turbine	H <sub>23</sub>	Micron filters	M <sub>21</sub>
Autopsy sectional	A <sub>40</sub>	Hydrolysis	H <sub>25</sub>	Moving bed ion exchange	M <sub>28</sub>
Backwash	B <sub>1</sub>	Hydrophilic	H <sub>26</sub>	Multi media filters	M <sub>30</sub>
Biofouling	B <sub>12</sub>	Hydrophobic	H <sub>27</sub>	Nanofiltration	N <sub>1</sub>
Cartridge filters	C <sub>3</sub>	Hyperfiltration	H <sub>30</sub>	Osmosis	O <sub>4</sub>
Cathode polarization	C <sub>5</sub>	Ion exchange	I <sub>9</sub>	Osmotic pressure	O <sub>5</sub>
Cation exchange resins	C <sub>8</sub>	Ion exchange breakthrough point	I <sub>10</sub>	Osmotic pressure calculation	O <sub>6</sub>
Cellulose	C <sub>10</sub>	Ion exchange resin	I <sub>11</sub>	Permselectivity	P <sub>5</sub>
Cellulose acetate	C <sub>11</sub>	Ion exchange resin capacity	I <sub>12</sub>	Pervaporation	P <sub>6</sub>
Compaction of membranes	C <sub>23</sub>	Ion exchange resin regeneration	I <sub>13</sub>	Polarization in electro dialysis	P <sub>16</sub>
Concentration polarization	C <sub>24</sub>	Ion exchange resin selectivity	I <sub>14</sub>	Recovery ratio	R <sub>5</sub>
Donnan effect	D <sub>32</sub>	Ion exchangers	I <sub>15</sub>	Regeneration, ion exchange resins	R <sub>13</sub>
Dozing pump	D <sub>33</sub>	Ionic mobility	I <sub>16</sub>	Reverse osmosis	R <sub>19</sub>
Dual media filter	D <sub>34</sub>	Ionic strength	I <sub>17</sub>	Salt passage	S <sub>4</sub>
Electrodialysis	E <sub>8</sub>	Ionic transport No.	I <sub>18</sub>	Salt rejection	S <sub>5</sub>
Electrodialysis reversal	E <sub>9</sub>	Lime-soda softening	L <sub>9</sub>	Semipermeable membrane	S <sub>18</sub>
Electrosmosis	E <sub>11</sub>	Lime softening	L <sub>10</sub>	Shore (beach)wells	S <sub>25</sub>
Energy recovery	E <sub>13</sub>	Limiting current density	L <sub>11</sub>	Silt density index	S <sub>26</sub>
Faraday`s constant	F <sub>1</sub>	Membrane biofouling	M <sub>5</sub>	Sodium Hexametaphosph.	S <sub>38</sub>
Faraday efficiency	F <sub>2</sub>	Membrane cleaning	M <sub>6</sub>	Spiral wound memb.	S <sub>46</sub>
Fiber compaction	F <sub>6</sub>	Membrane configuration	M <sub>7</sub>	Ultrafiltration	U <sub>1</sub>
Flow balancing	F <sub>22</sub>	Membrane distillation	M <sub>8</sub>	Zeolite	Z <sub>1</sub>
Flux	F <sub>24</sub>	Membrane electyrodialysis	M <sub>9</sub>		
Flux decline	F <sub>25</sub>	Membrane fabrication	M <sub>10</sub>		
Formaldehyde	F <sub>27</sub>	Membrane flux retention coefficient	M <sub>11</sub>		

## LISTING OF THERMAL DESALINATION - TERMS

Acid cleaning	A <sub>2</sub>	Gained output ratio	G <sub>1</sub>	Radiation heat transfer	R <sub>1</sub>
Acid treatment	A <sub>3</sub>	Heat exchanger	H <sub>7</sub>	Radiation, solar	R <sub>2</sub>
Alkaline cleaning	A <sub>23</sub>	Heat flux	H <sub>8</sub>	Recovery stages, heat	R <sub>6</sub>
Alkaline scales	A=2 4	Heat, latent	H <sub>9</sub>	Rejection stages, heat	R <sub>10</sub>
Antifoam agents	A <sub>36</sub>	Heat recovery stages	H <sub>10</sub>	Remineralization	R <sub>12</sub>
Antifoulants	A <sub>37</sub>	Heat rejection stages	H <sub>11</sub>	Resistance, thermal	R <sub>17</sub>
Antiscalants	A <sub>38</sub>	Heat transfer	H <sub>13</sub>	Ryzner stability index	R <sub>21</sub>
Backwash	B <sub>1</sub>	Heat transfer coefficient	H <sub>14</sub>	Scales	S <sub>9</sub>
Ball cleaning	B <sub>5</sub>	Horizontal tube evaporator	H <sub>17</sub>	Scale control	S <sub>10</sub>
Blowdown	B <sub>15</sub>	Hydrate freezing	H <sub>20</sub>	Scale formation kinetics	S <sub>11</sub>
Boiling point elevation	B <sub>19</sub>	Insolation, solar	I <sub>5</sub>	Scale prevention	S <sub>12</sub>
Brine heater	B <sub>22</sub>	Insulation, thermal	I <sub>6</sub>	Scale removal	S <sub>13</sub>
Chelants	C <sub>14</sub>	Jet ejector	J <sub>3</sub>	Sequestration	S <sub>19</sub>
Deaerators	D <sub>2</sub>	Langlier saturation index	L <sub>4</sub>	Sequestering agents	S <sub>20</sub>
Decarbonator	D <sub>3</sub>	Langlier stability diagram	L <sub>5</sub>	SHMP	S <sub>38</sub>
Defoamers	D <sub>5</sub>	Logarithmic mean temp. difference	L <sub>13</sub>	Solar distillation	S <sub>40</sub>
Degasification	D <sub>6</sub>	Magnesium hardness	M <sub>1</sub>	Solar insolation	S <sub>41</sub>
Demisters	D <sub>11</sub>	Make-up water	M <sub>2</sub>	Sponge ball cleaning	S <sub>47</sub>
Distillate	D <sub>30</sub>	Membrane distillation	M <sub>8</sub>	Stiff Davies saturation index	S <sub>48</sub>
Dozing pumps	D <sub>33</sub>	Mineralization	M <sub>24</sub>	Supersaturation	S <sub>49</sub>
Dual media filter	D <sub>34</sub>	Mollier diagram	M <sub>27</sub>	Threshold inhibitors	T <sub>4</sub>
EDTA	E <sub>1</sub>	Multieffect distillation	M <sub>31</sub>	Vapor compression Mechanical/thermal	V <sub>1</sub>
Ejectocompression	E <sub>2</sub>	Multistage distillation flash	M <sub>33</sub>		
Ejector	E <sub>3</sub>	Natural convection heat transfer	N <sub>8</sub>		
Entrainment	E <sub>15</sub>	Noncarbonate hardness			
Evaporation	E <sub>22</sub>	NTA (nitrolotriacetic acid)	N <sub>11</sub>		
Flash distillation	F <sub>18</sub>	Nucleation	N <sub>13</sub>		
Foam	F <sub>26</sub>	Performance ratio	P <sub>3</sub>		
Fouling	F <sub>28</sub>	Permenant hardness	P <sub>4</sub>		
Fouling factor	F <sub>30</sub>	hardness	P <sub>6</sub>		
Free carbondioxide	F <sub>32</sub>	Pervaporation	P <sub>6</sub>		
Freeze desalination	F <sub>36</sub>	Polyelectrolyte	P <sub>18</sub>		
Frothing	F <sub>40</sub>	Polyphosphate	P <sub>19</sub>		

**LIST OF WASTE WATER (WW) TREATMENT & WATER REUSE TERMS**

Activated sludge Treatment	A <sub>6</sub>	Kaolin	K <sub>1</sub>	Teriary treatment	WW T <sub>2</sub>
Aerated lagoons	A <sub>13</sub>	Lagooning, natural	L <sub>1</sub>	Toxicity	T <sub>5</sub>
Aeration	A <sub>14</sub>	Lagoon`s, aerated	L <sub>2</sub>	Trickling filters	T <sub>6</sub>
Aeration, extended	A <sub>15</sub>	Lethal concentration	L <sub>8</sub>	Turbidity	T <sub>8</sub>
Aerators	A <sub>16</sub>	Metabolism	M <sub>17</sub>	Zetameter	Z <sub>2</sub>
Aerobic biological treatment	A <sub>17</sub>	Microbiocides	M <sub>18</sub>	Zeta potentials	Z <sub>3</sub>
Aerobic digestion	A <sub>18</sub>	Mud balls	M <sub>29</sub>		
Aerobic lagoons, natural	A <sub>19</sub>	Multimedia filter	M <sub>30</sub>		
Anaerobic digestion	A <sub>29</sub>	Natural aerobic lagooning	N <sub>2</sub>		
Biodegradation	B <sub>10</sub>	Nitrification	N <sub>6</sub>		
Biological filter	B <sub>11</sub>	Nitrogen cycle	N <sub>7</sub>		
Biomass	B <sub>13</sub>	Nonsetttable matter	N <sub>9</sub>		
Biological pollutants	B <sub>14</sub>	Odour	O <sub>1</sub>		
Candle filter	C <sub>2</sub>	Odour control	O <sub>2</sub>		
Catabolism	C <sub>4</sub>	Odour threshold concentration	O <sub>3</sub>		
Centrifugal separation	C <sub>12</sub>	Pathogens	P <sub>2</sub>		
Centrifugation of sludge	C <sub>13</sub>	Photosynthesis	P <sub>11</sub>		
Chemical oxygen demand (COD)	C <sub>16</sub>	Phytoplanktons	P <sub>12</sub>		
Chemical stabilization of sludge	C <sub>17</sub>	Plankton	P <sub>15</sub>		
Degreasing	D <sub>7</sub>	Pollutants, water	P <sub>17</sub>		
Denitrification	D <sub>12</sub>	Primary treatment	WW P <sub>25</sub>		
Detention tank	D <sub>14</sub>	Residence time	R <sub>13</sub>		
Dewatering of sludge	D <sub>16</sub>	Reuse, water	R <sub>18</sub>		
Digester	D <sub>24</sub>	Secondary treatment	WW S <sub>15</sub>		
Digestion	D <sub>25</sub>	Sedimentation,	S <sub>16</sub>		
Disc filters	D <sub>26</sub>	Sedimentation chem.	S <sub>17</sub>		
Dissolved oxygen sag curve	D <sub>29</sub>	Setttable solids	S <sub>21</sub>		
Equalizing basins	E <sub>18</sub>	Settling tanks	S <sub>23</sub>		
Fermentation	F <sub>3</sub>	Sludge	S <sub>28</sub>		
Five day BOD	F <sub>17</sub>	Sludge, aerobic stabilization	S <sub>30</sub>		
Greensand	G <sub>9</sub>	Sludge analysis	S <sub>31</sub>		
Humic acid	H <sub>18</sub>	Sludge characterization	S <sub>32</sub>		
Hydraulic loading	H <sub>21</sub>	Sludge classification	S <sub>33</sub>		
Industrial wastewater	I <sub>3</sub>	Sludge concentration	S <sub>34</sub>		
Isoelectric point	I <sub>20</sub>	Sludge conditioning	S <sub>35</sub>		
Jackson turbidity unit	J <sub>1</sub>	Sludge dewatering	S <sub>36</sub>		
Jar test	J <sub>2</sub>	Sludge stabilization	S <sub>37</sub>		

Kaolin	K <sub>1</sub>	Osmosis	O <sub>4</sub>	Residual chlorine	R <sub>14</sub>	Vapor pressure	V <sub>2</sub>
Kelvin's degree	K <sub>2</sub>	Osmotic pressure	O <sub>5</sub>	Residual chlorine removal	R <sub>15</sub>	Viscosity	V <sub>3</sub>
Kinematic viscosity	K <sub>3</sub>	Outfalls	O <sub>7</sub>	Resistance, electrical	R <sub>16</sub>	Viscous flow	V <sub>4</sub>
Laminar flow	L <sub>3</sub>	Oxidation reduction potential	O <sub>8</sub>	Resistance, thermal	R <sub>17</sub>	Water aggressiveness	W <sub>1</sub>
Langlier Saturation Index	L <sub>4</sub>	Oxygen scavengers	O <sub>9</sub>	Reynold's number	R <sub>20</sub>	Water characteristics	W <sub>2</sub>
Langlier Stability diagram	L <sub>5</sub>	Ozonation	O <sub>10</sub>	Ryznar stability index	R <sub>23</sub>	Water hydrologic cycle	W <sub>3</sub>
Le Chatelier principle	L <sub>6</sub>	Ozonizers	O <sub>11</sub>	Saline Waters	S <sub>1</sub>		
Lime-soda softening	L <sub>9</sub>	Passivity	P <sub>1</sub>	Salinity	S <sub>2</sub>		
Lime softening	L <sub>10</sub>	Permenant hardness	P <sub>4</sub>	Salinity limits	S <sub>3</sub>		
Loud factor	L <sub>12</sub>	pH value	P <sub>7</sub>	Sand filters	S <sub>6</sub>		
Marble test	M <sub>3</sub>	Phase	P <sub>8</sub>	Saturation indices	S <sub>7</sub>		
Mass action law	M <sub>4</sub>	Phase rule	P <sub>9</sub>	Saturation index, Langlier	S <sub>8</sub>		
Mesh number	M <sub>16</sub>	Phenolphthalien alkalinity	P <sub>10</sub>	Seawater, chemical composition	S <sub>14</sub>		
Microfiltration	M <sub>19</sub>	Photosynthesis	P <sub>11</sub>	Sedimentation	S <sub>16</sub>		
Micron	M <sub>20</sub>	Pipe friction	P <sub>13</sub>	Sedimentation, chemical	S <sub>17</sub>		
Micron filter	M <sub>21</sub>	Plankton	P <sub>15</sub>	Settling, Free & hindered	S <sub>22</sub>		
Milk of lime	M <sub>22</sub>	Polyelectrolyte	P <sub>18</sub>	Settling velocity terminal	S <sub>24</sub>		
Milliequivalent	M <sub>23</sub>	Polyphosphate	P <sub>19</sub>	Slaked lime	S <sub>27</sub>		
Mineralization	M <sub>24</sub>	Porosity	P <sub>20</sub>	Softening	S <sub>39</sub>		
Moisture content	M <sub>25</sub>	Post-treatment	P <sub>21</sub>	Solubility	S <sub>42</sub>		
Mole/Molality/Molarity	M <sub>26</sub>	Potable water	P <sub>22</sub>	Solubility product	S <sub>43</sub>		
Mollier's diagram	M <sub>27</sub>	Pressure drop	P <sub>23</sub>	Solvation	S <sub>44</sub>		
Mud balls	M <sub>29</sub>	Pretreatment	P <sub>24</sub>	Specific heat	S <sub>45</sub>		
Nanofiltration	N <sub>1</sub>	Protective layer(film)	P <sub>26</sub>	Saturation Index	S <sub>48</sub>		
Natural convection	N <sub>3</sub>	Quaternary ammonium compounds	Q <sub>1</sub>	Supersaturation	S <sub>49</sub>		
Heat transfer	N <sub>3</sub>	Quicklime	Q <sub>2</sub>	Surface tension	S <sub>50</sub>		
Neutralization	N <sub>4</sub>	Raoult's law	R <sub>3</sub>	Temporary hardness	T <sub>1</sub>		
Non-newtonian fluids	N <sub>5</sub>	Raschig rings	R <sub>4</sub>	Thermal conductivity	T <sub>3</sub>		
Noncarbonate hardness	N <sub>8</sub>	Redox potential	R <sub>7</sub>	Trihalomethanes	T <sub>7</sub>		
Nonsetttable matter	N <sub>9</sub>	Regeneration, activated carbon	R <sub>8</sub>	Turbidity,	T <sub>8</sub>		
Normal solution	N <sub>10</sub>	Relative humidity	R <sub>11</sub>	Turbulence/turbulent core/turbulent flow	T <sub>9</sub>		
Nephelometric turbidity unit	N <sub>12</sub>	Residence time	R <sub>13</sub>				



## LISTING OF BASIC TERMS

Absorption	A <sub>1</sub>	Chlorination	C <sub>18</sub>	Exergy	E <sub>23</sub>	Hardness, water	H <sub>1</sub>
Acidity	A <sub>4</sub>	Clarification	C <sub>19</sub>	Ferric chloride	F <sub>4</sub>	Hardness, temporary	H <sub>2</sub>
Activated Carbon	A <sub>5</sub>	Coagulants	C <sub>20</sub>	Ferric sulphate	F <sub>5</sub>	Hardness, total	H <sub>3</sub>
Activity	A <sub>7</sub>	Coagulation	C <sub>21</sub>	Filter	F <sub>7</sub>	Head loss	H <sub>4</sub>
Activity Coefficient	A <sub>8</sub>	Colloids	C <sub>22</sub>	Filter aids	F <sub>8</sub>	Heat capacity	H <sub>5</sub>
Adiabatic process	A <sub>9</sub>	Conductivity, electrical	C <sub>25</sub>	Filter cakes	F <sub>9</sub>	Heat content	H <sub>6</sub>
Adsorbate	A <sub>10</sub>	Corrosion	C <sub>26</sub>	Filter loading	F <sub>10</sub>	Heat exchanger	H <sub>7</sub>
Adsorbent	A <sub>11</sub>	Corrosion inhibitors	C <sub>27</sub>	Filter medium	F <sub>11</sub>	Heat flux	H <sub>8</sub>
Adsorption	A <sub>12</sub>	Deaeration	D <sub>1</sub>	Filter press	F <sub>12</sub>	Heat, latent	H <sub>9</sub>
Agglomeration	A <sub>20</sub>	Dechlorination	D <sub>4</sub>	Filter strainer	F <sub>13</sub>	Heat, sensible	H <sub>12</sub>
Algae	A <sub>21</sub>	Degasification	D <sub>6</sub>	Filter washing	F <sub>14</sub>	Heat transfer	H <sub>13</sub>
Algaecide	A <sub>22</sub>	Degree of hardness	D <sub>8</sub>	Filtration, microporous	F <sub>15</sub>	Heat transfer coefficient	H <sub>14</sub>
Alkalinity	A <sub>25</sub>	Deionization	D <sub>9</sub>	Filtration rate	F <sub>16</sub>	Henry's law	H <sub>15</sub>
Aluminium Sulphate	A <sub>26</sub>	Deliquescence	D <sub>10</sub>	Flocculants	F <sub>19</sub>	Humic acid	H <sub>18</sub>
Anabolism	A <sub>28</sub>	Desalination	D <sub>13</sub>	Flocculation	F <sub>20</sub>	Humidity	H <sub>19</sub>
Anhydrite	A <sub>30</sub>	Detergents, synthetic	D <sub>15</sub>	Flotation	F <sub>21</sub>	Hydrazine	H <sub>22</sub>
Anion	A <sub>31</sub>	Dialysis	D <sub>17</sub>	Fluoridation	F <sub>23</sub>	Hydrogen bonds	H <sub>24</sub>
Anthracite	A <sub>35</sub>	Diatom	D <sub>18</sub>	Formaldehyde (Formalin)	F <sub>27</sub>	Hydrolysis	H <sub>25</sub>
Antifoam Agent	A <sub>36</sub>	Diatomaceous earth	D <sub>19</sub>	Fouling	F <sub>28</sub>	Hydrophilic	H <sub>26</sub>
Backwash	B <sub>1</sub>	Dielectric constant	D <sub>20</sub>	Free energy	F <sub>33</sub>	Hydrophobic	H <sub>27</sub>
Bacteria	B <sub>2</sub>	Differential aeration cells	D <sub>21</sub>	Free residual chlorine	F <sub>34</sub>	Hydrostatic pressure	H <sub>28</sub>
Bacterial corrosion	B <sub>3</sub>	Diffusion	D <sub>22</sub>	Free surface energy	F <sub>35</sub>	Hygroscopicity	H <sub>29</sub>
Bacterial oxidation	B <sub>4</sub>	Diffusion coefficient	D <sub>23</sub>	French degree of hardness	F <sub>37</sub>	Impermeability	I <sub>1</sub>
Baume scale	B <sub>6</sub>	Dispersant	D <sub>27</sub>	Friction factor	F <sub>38</sub>	Indicator	I <sub>2</sub>
Bicarbonate alkalinity	B <sub>7</sub>	Dissociation, Degree of	D <sub>31</sub>	Friction head loss	F <sub>39</sub>	Infiltration	I <sub>4</sub>
Biodegradation	B <sub>10</sub>	Dozing pump	D <sub>33</sub>	Froude's number	F <sub>41</sub>	Intake	I <sub>7</sub>
Biofouling	B <sub>12</sub>	EDTA	E <sub>1</sub>	Formazine turbidity unit	F <sub>42</sub>	Ion	I <sub>8</sub>
Boiling point	B <sub>17</sub>	Electrical conductivity	E <sub>4</sub>	Fugacity	F <sub>43</sub>	Ionic mobility	I <sub>16</sub>
Boiling point elevation	B <sub>19</sub>	Electrochemical corrosion	E <sub>5</sub>	Fungus (Fungi)	F <sub>44</sub>	Ionic strength	I <sub>17</sub>
Brackish water	B <sub>20</sub>	Electrode	E <sub>6</sub>	Gel	G <sub>2</sub>	Ionic transport number	I <sub>18</sub>
Brine	B <sub>21</sub>	Electrode potential	E <sub>7</sub>	German degree of hardness	G <sub>3</sub>	Iron bacteria	I <sub>19</sub>
Buffer solution	B <sub>23</sub>	Electrolyte	E <sub>10</sub>	Geothermal heat	G <sub>4</sub>	Isoelectric point	I <sub>20</sub>
Bulk density	B <sub>24</sub>	Electrolysis	E <sub>12</sub>	Gibb's free energy	G <sub>5</sub>	Isotherm, adsorption	I <sub>21</sub>
Calcium carbonate equivalent	C <sub>1</sub>	English degree of hardness	E <sub>14</sub>	Gibb's potential	G <sub>6</sub>	Isothermal process	22
Cathodic protection	C <sub>6</sub>	Enthalpy	E <sub>16</sub>	Grain	G <sub>7</sub>	Isotropic	I <sub>23</sub>
Cation	C <sub>7</sub>	Entropy	E <sub>17</sub>	Gravity filter	G <sub>8</sub>		
Cavitation	C <sub>9</sub>	Equilibrium	E <sub>19</sub>	Greensand	G <sub>9</sub>	Jackson turbidity unit	J <sub>1</sub>
Chelants	C <sub>14</sub>	Equilibrium constant	E <sub>20</sub>			Jar test	J <sub>2</sub>
Chemical equilibrium	C <sub>15</sub>	Erosion	E <sub>21</sub>				

April - 2001 - Manama - Bahrain

**THE ARABIC ENCYCLOPEDIA  
OF DESALINATION AND  
WATER REUSE**

**MOHAMED AMIN MANDIL, Ph.D.  
Professor of Chemical Engineering**

**Vol. I  
(Letters A-L)**

