المحاضرة السادسة: محطات المعالجة ـ قسم التنقية السنة الخامسة

Sanitary & Environmental Engineering Department

التحلية وتكنولوجيا الفصل الغشائي

Desalination and Membrane Separations

Dr.Eng.Bassam Alaji Damascus 2021-2022

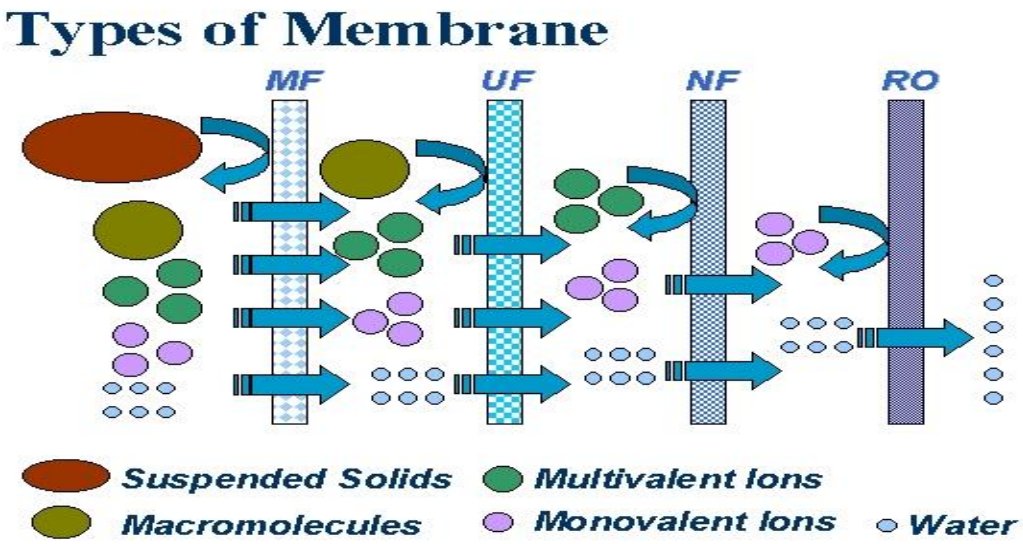
طرائق الفصل الغشائي

1-الأغشية نصف النفوذة:

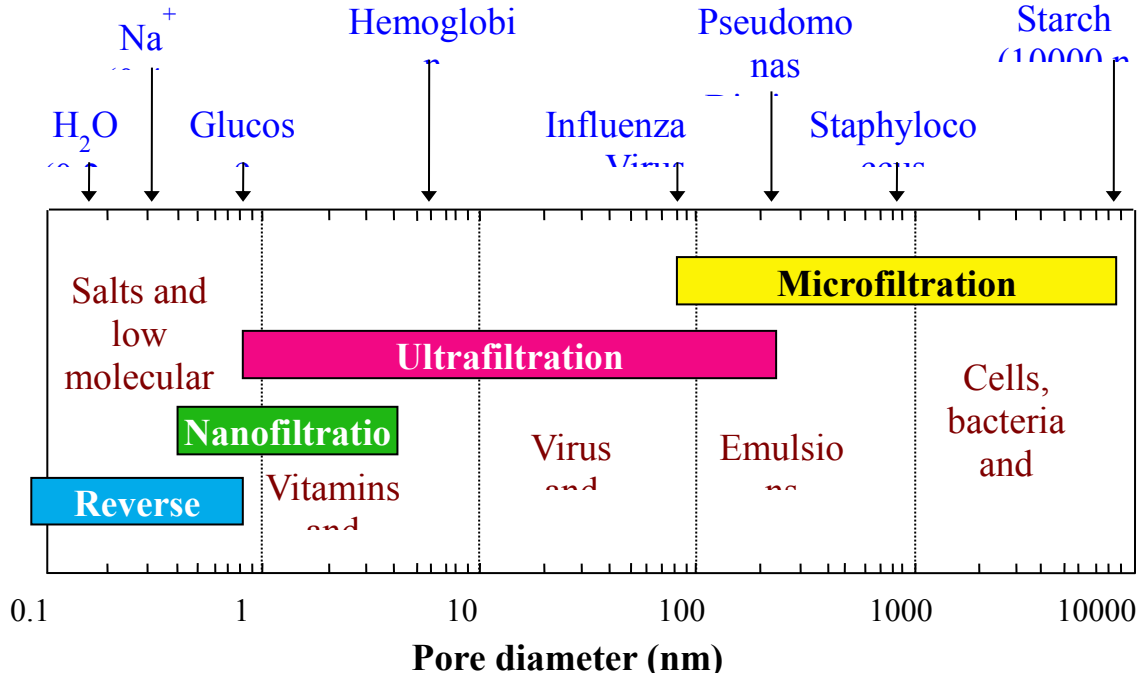
الميمبران (الغشاء): هو عبارة عن حاجز اصطفائي نصف نفوذ يسمح بتنقية أنواع محددة من السوائل باستخدام آليات الانتشار والنخل. يمكن للأغشية أن تفصل الجزيئات والجسيمات ومجال واسع من حجوم وأوزان الجزيئات .

أكثر عمليات الفصل انتشاراً هي تلك التي تستخدم إختلاف الضغط بين كلا جانبي الغشاء.

على الرغم من أن أغشية التكنولوجيات السابقة متماثلة في الشكل، إلا أن الآليات المستخدمة في الفصل يمكن أن تكون مختلف جداً.



Name of the membrane process in function of the particle size.



التناضح العكسي Reverse osmosis (RO):

يستخدم الغشاء نصف النفوذ مع طبقة رقيقة من مادّة دعم لدّنة فوق هيكل ثانوي يحوي ثقوبا أكثر. إنّ الطبقة الرقيقة ذات سماكة حوالي 0.25 micron وتملك مسامات ذات أبعاد حوالي 10 Angstrom – 5. إن الهيكل الثانوي المثقّب يؤمن دعم الجلد الرقيق. **الضغط اللازم هو الضغط التناضحي**

يقوم الجزء النشيط للغشاء بصد الأيونات المشحونة بينما ينجذب الماء إليه. سيسد الماء الممتز الممر وسيمنع مرور الأيونات. وسينتقل الماء تحت الضغط التناضحي عبر مسامات الغشاء.

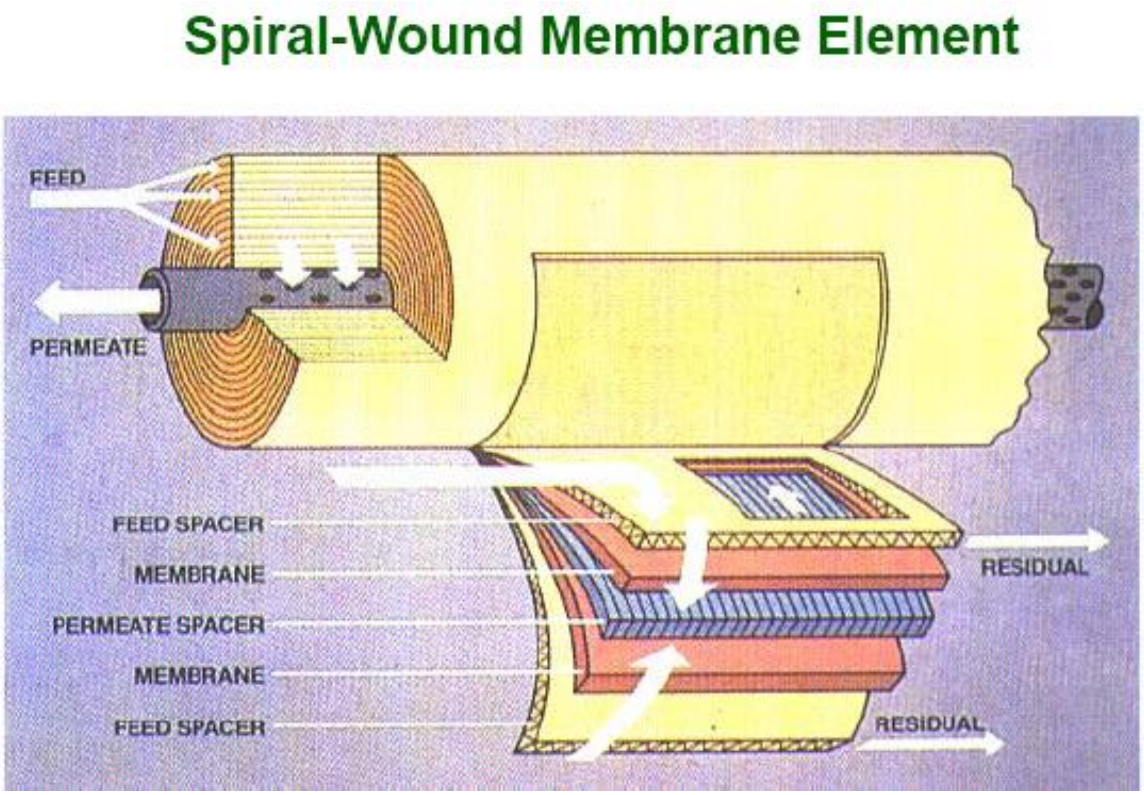
الترشيح النانوي Nanofiltration:

هي عملية مكمّلة للتناضح العكسي، حيث يسمح بمرور الأيونات أحادية التّكافؤ وترفض الأيونات ثنائية التّكافؤ. تطبق في هذه الطريقة ضغوط عالية ولكنها أقل من تلك المطبقة في طريقة التناضح العكسي . **الضغط اللازم هو الضغط التناضحي وضياعات كلية.**

الترشيح فائق الدقة Ultrafiltration والترشيح الميكروي Microfiltration

تعتمد طريقة الترشيح فائق الدقة Ultrafiltration والترشيح الميكروي Microfiltration على الإجهاد الصافي المطبق عبر مسامية الغشاء. يطبق في هذه الطريقة ضغوط أقل من تلك المطبقة في طريقة التناضح العكسي والتي تقوم بتغطية ضياعات الاحتكاك. **الضغط اللازم هو الضغط الذي يغطي ضياعات الاحتكاك.**

2-أنواع الأغشية المستخدمة:



محاسن ومساوئ النماذج الغشائية

MEMBRANE MODULES	ADVANTAGES	DISADVANTAGES
SPIRAL-WOUND	منخفضة تكاليف التصنيع، سهلة التنظيف كيميائياً وهيدروليكياً، تطبيقات متعددة، صغيرة المساحة	لا يمكن معالجة مياه بعكارة عالية بدون معالجة أولية مكلفة، يمكن انسدادها بالجسيمات الدقيقة
HOLLOW FIBER	منخفضة تكاليف التصنيع نسبياً، مدمجة، صغيرة المساحة، متطلبات معقولة من الطاقة	يمكن انسدادها نظراً لصغر الفراغ بين الألياف، صعبة التنظيف، تتطلب معالجة أولية غالية، تطبيقات محدودة
TUBULAR	يمكن معالجة مياه بعكارة عالية، سهلة التنظيف نسبياً كيميائياً وهيدروليكياً، يمكن معالجة مياه ذات SS عالي مع معالجة أولية محدودة	تكاليف التصنيع عالية، تتطلب مساحة مرتفعة
PLATE AND FRAME	غشية وتجهيزات متطورة	غالية تكاليف التشغيل بوجود كميات كبيرة من الشور، صعبة التنظيف، قابلية الانسداد

Applications of Micro- and Ultrafiltration:

- المعالجة التقليدية للمياه (يمكن استبدال جميع العمليات باستثناء التطهير)
- المعالجة الأولية في طريقة التناضح العكسي
- إزالة الحديد والمنغنيز (بعد عمليات الأكسدة)

Applications for R.O. and nanofiltration:

- أهم تطبيقات طريقة التناضح العكسي هي التحلية. طريقة مناسبة بيئياً

طورت طريقة الترشيح النانوي في البداية لإزالة القساوة.

Operating pressure ranges:

- R.O./NF: 80 – 600 psig
- MF/UF: 5 – 60 psig

3-مشاكل طرائق الفصل الغشائي

a) تشكل طبقة من الوحل على الغشاء:Fouling issue

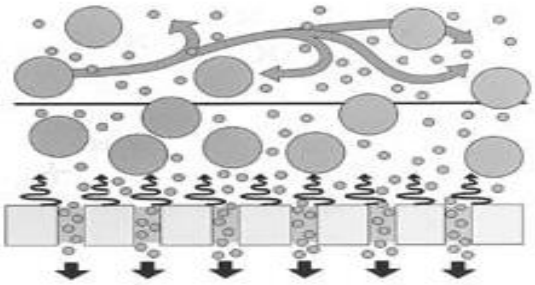
تتشكل طبقة من الجيل عبارة عن تراكم الجزيئات والمنحلات المتواجدة في المياه على الغشاء البيني مما يسبب مشكلة لهذه الطريقة وبما أن استبدال هذه الأغشية مكلف جداً لذلك يجري معالجة هذه المشكلة كما يلي :

- الإثارة النبضية الدورية للتغذية المائية

- الإثارة النبضية الدورية للراشح (backwashing) – الغسيل العكسي
- زيادة قوى القصّ بتدوير الغشاء
- إحداث ذبذبة في الغشاء (VSEP technology)
- وأشهرها قلب الجريان

b) النسبة المنخفضة للمياه النقية الناتجة عن المعالجة

تتراوح نسبة المياه النقية الناتجة عن المعالجة (85–60 %) وتصل إلى الحدود المرتفعة فقط في التكنولوجيات الغالية، مما يشير إلى النسبة المرتفعة للمياه شديدة الملوحة المطروحة إلى البيئة المحيطة **(Brine water)**



Vibrating shear
to prevent fouling

Pre-Treatment for membrane separation

- No microorganisms No oil Turbidity < 1 NTU
- Particle size < 25 micron No oxidation agents
- prevents scale formation pH = 4.5 prevents scale formation

Equipment for Pre-Treatment

- Screening of solids: prevent fouling of the membranes by fine particle or biological growth, and damage to pump. (**filtration-sand filter or microfiltration**)
- Cartridge filtration : filters used to remove 1 - 5 µm particles (**Microfiltration**)
- Antiscalant : hardness removal by using **Antiscalant** or **softening**
- Biocidal Treatment: biocides such as chlorine to kill bacteria. (**Disinfection**)
- De-chlorination: bisulfite dosing to remove the chlorine which can oxidize membrane (**De-chlorination or adsorption on activated carbon) .**
- Stabilization : **adjustment** of pH .

Equipment for post-Treatment

- Adding residual chlorine for water supply (**Disinfection**)
- Adding minimum concentration of Calcium, Magnesium and Carbonate (Alkalify) By **mixing** with raw water or **adding mar mar** powder

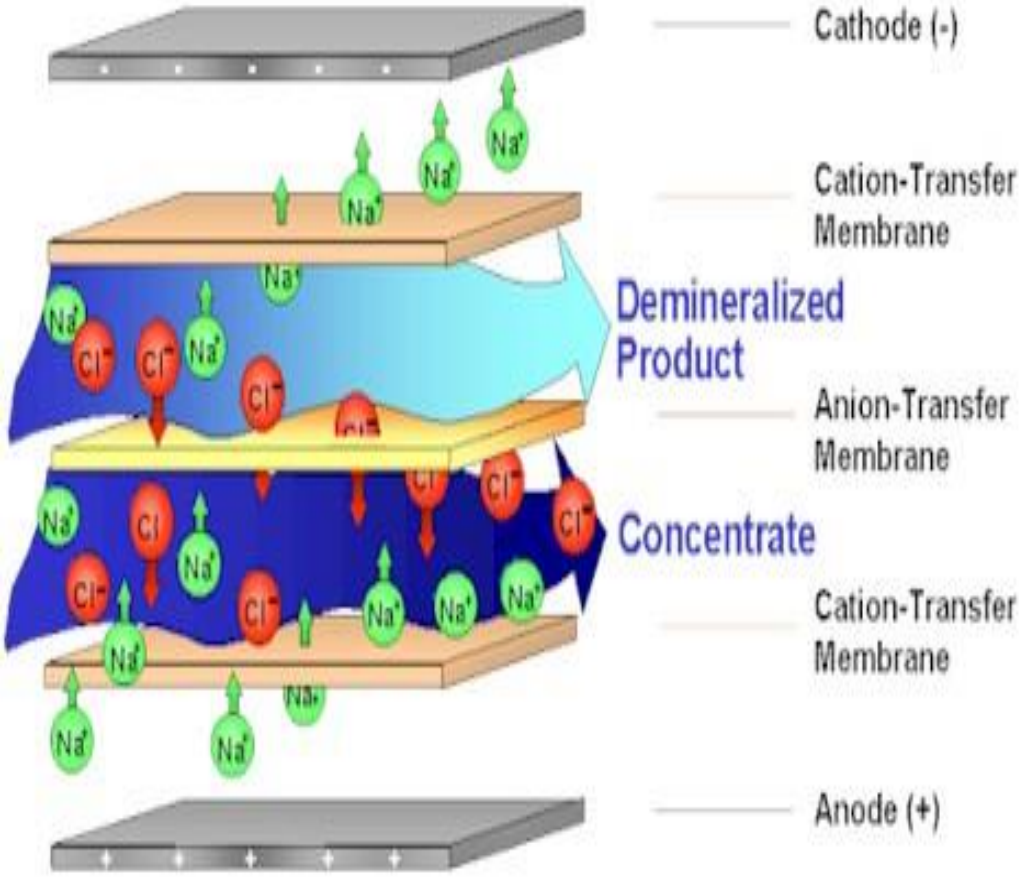
التبادل الغشائي الكهربائي

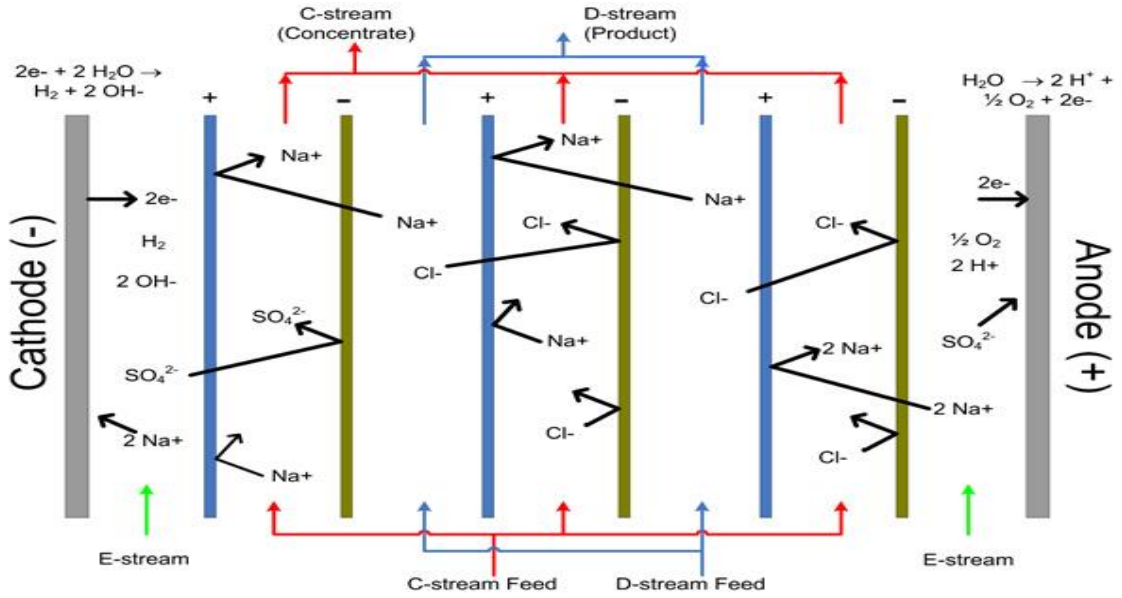
Electrodialysis

يسمح الغشاء الأيوني نصف النفوذ في عملية التبادل الغشائي الكهربائي Electrodialysis ED بمرور إما الأيونات الموجبة **cations** ويمنع مرور الأيونات المعاكسة (السالبة) أو يسمح بمرور الأيونات السالبة **anions** ويمنع مرور الأيونات المعاكسة (الموجبة).

يعاني التبادل الغشائي الكهربائي التقليدي من كثير من المشاكل نذكر منها التشكلات القشرية في قطاع المركزات **(Brine water)** نتيجة توليد أيونات الهيدروكسيل خلال الاستقطاب التركيزي للميمبرانات الأنيونية والتي تقود إلى ترسب كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيزيوم على الميمبرانات الأنيونية، والصدمة الكهربائية **(Electric shock)** .

يجري حل مشكلة القشور الرسوبية عادةً باستخدام الميمبرانات ثنائية القطب مما يسمح بالحصول على القلويات التي تعيق ترسب كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيزيوم وسيقود الحصول على الأحماض إلى التنشيط الكيميائي للمبادل الأيوني المستخدم للامتصاص الأيوني لكاتيونات القساوة والأيونات الأخرى متعددة الشحنة والمشكلة للاتحادات ضعيفة الانحلال.





التحلية باستخدام التبخير

الفكرة الأساسية لعمليات التبخير تكمن في رفع درجة حرارة المياه المالحة الى درجة الغليان وتكوين بخار الماء الذي يتم تكثيفه بعد ذلك الى ماء ومن ثم معالجته ليكون ماء صالحا للشرب .

التبخير العادي: يتم غلي الماء المالح في الخزانات بدون ضغط . ويصعد بخار الماء الى أعلى الخزان ويخرج إلى المكثف الذي يقوم بتحويل بخار الماء إلى قطرات يتم تجميعها في الخزانات النهائية. تستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات الطاقة الإنتاجية الصغيرة.

التبخير الومضي متعدد المراحل: اعتماداً على معرفة أن درجة غليان السوائل تتناسب طرداً مع الضغط الواقع عيها فكلما قل الضغط الواقع على السائل انخفضت درجة غليانه . وفي هذه الطريقة تمر مياه البحر بعد تسخينها إلى غرف متتالية ذات ضغط منخفض فتحول المياه إلى بخار ماء يتم تكثيفه على أسطح باردة ويجمع ويعالج بكميات صالحة للشرب . وتستخدم هذه الطريقة في محطات التحلية ذات الطاقة الإنتاجية الكبيرة.

التبخير متعدد المراحل متعدد التأثير: تقوم أجهزة التبخير المتعددة التأثيرات بالاستفادة من حرارة الأبخرة المتصاعدة من المبخر الأول للتكثف في المبخر الثاني . وعليه يستفاد من حرارة الأبخرة في المكثف الأول في غلي ماء البحر في المبخر الثاني، وبالتالي فإن المبخر الثاني يعمل كمكثف للأبخرة القادمة من المبخر الأول، وتصبح مهمة هذه الأبخرة في المبخر الثاني مثل مهمة بخار التسخين في المبخر الأول وهكذا.

الامتزاز على الكربون المنشط

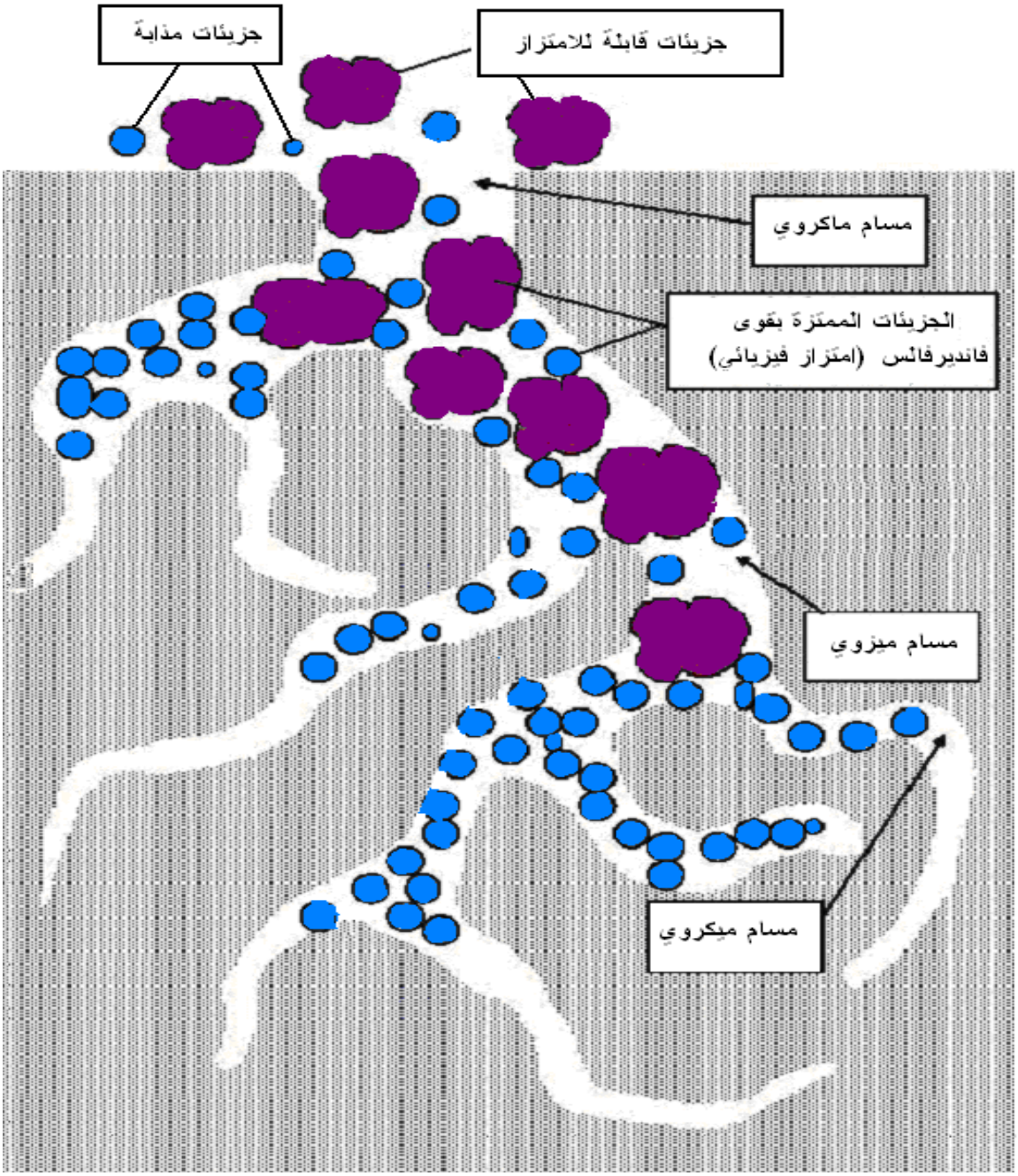
الإمتصاص Absorption : هي عملية يجري فيها انتقال المنحل solute في طور الفصل (السائل، أو الغاز، أو الصلب)، حيث يحاط المنحل بالكامل بالجزيئات المحلة solvent molecules. في هذه الحالة يمكن للمحل أن يكون غازي أو سائل أو صلب.

الامتزاز Adsorption : هي عملية مختلفة جداً، حيث يحدث تجمع المنحل على المنطقة الفاصلة بين الطورين.

ليست فكرة الامتزاز على الكربون المنشط للمواد العضوية فكرةً جديدةً، فقد بدأت منذ عام 1883 في الولايات المتحدة الأمريكية حيث جرى استخدام مرشحات الفحم الحجري لإزالة طعم ورائحة مياه الشرب (تحسين خواص استساغة المياه). يستخدم الكربون المنشط في الوقت الحالي بشكل واسع جداً وفي جميع أنحاء العالم في عمليات تحضير ومعالجة مياه الشرب والمياه الطبيعية ومياه الصرف الصناعي.

يجري خلال تصميم الأجهزة الخاصة بالكربون المنشط الاعتماد على البارامترات التالية: سرعة التيار، الضاغط، سماكة طبقة الفحم، فترة التماس. إن البارامترات السابقة هي معايير مهمة، إلا أنه لزيادة فعالية عمل الأجهزة لا بد من دراسة العملية الفيزيائية والكيميائية الجارية خلال الامتزاز، وبالتالي لا بد من أخذ مواصفات الماز والممتز ومحلول الامتزاز ، إضافة إلى شروط العملية بعين الاعتبار.

ومسامية متطورة جداً، أي مادة ذات قدرة كبيرة جداً على امتزاز المواد الكيماوية من الغازات والسوائل. استحدم الكربون المنشّط كمادة امتزاز لقرون طويلة، وقد جرت الاستخدامات المبكرة لهذه المادة في عمليات ترشيح المياه وعملية تنقية محاليل السكر. يرجع استخدام الكربون المنشّط في تنقيةِ المياه إلى العام 2000 قبل الميلاد عندما استخدمه المصريون القدماء لتنقية المياه للأغراض الطبية. ويستخدم الكربون المنشّط في الوقت الحالي في إزالة تشكيلة واسعة من العناصر والمركبات الكيميائية من المياه الملوثة، حيث يمكن لمرشحات الكربون إزالة الكثير من الملوثات من المياه.



التركيب المسامي للكربون المنشّط