

## تلوث المياه Water Pollution

يشغل الماء حوالي 71% من مساحة الكرة الأرضية ويقدر حجمه بنحو 296 مليون ميل مكعب وأن 98% منها في حالة سائلة. كما وتشير الدراسات إلى أن حوالي 97% من الماء الموجود في العالم غير صالح للإستهلاك بسبب ملوحته والمتبقي والبالغة نسبته 3% تقريباً مياه عذبة، إلا أنها غير متوفرة كثيراً لأن جزءاً كبيراً منها إما موجود في تجمعات جليدية أو مخزون على شكل مياه جوفية.

وتتمثل نسب المياه العذبة فيما يأتي:

- الأقطاب الجليدية والثلاجات ..... 2.05 %
- المياه الجوفية ..... 0.68 %
- البحيرات ..... 0.01 %
- رطوبة التربة ..... 0.005 %
- بخار الماء في الغلاف الجوي ..... 0.001 %
- الأنهار والروافد والجداول ..... 0.0001 %
- المحتوى المائي للغلاف الحيوي ..... 0.00004 %

ويحصل الإنسان على الماء من مصدرين رئيسيين هما المياه الطبيعية التي يتم سحبها من الأنهار والجداول والأهوار، والمياه الجوفية التي تسحب من باطن الأرض عن طريق حفر الآبار لتغطية إستخداماته المختلفة، حيث يعد الماء من الضروريات الأساسية للعديد من الجوانب الإقتصادية كالصناعة والزراعة والنقل، والجوانب الحياتية كمياه للشرب فضلاً عن إستخداماته المنزلية الأخرى.

إن الماء حتى في وضعه الطبيعي لا يكون نقياً تماماً ، فمياه الأمطار تجمع أثناء تساقطها كميات كبيرة من الشوائب الموجود في الغلاف الجوي، لذلك فأن مصطلح التلوث يعني وجود مواد في الماء خارجة عن مركباته.

تعتبر مسألة تجهيز سكان المدن بمياه الشرب النقية وتزويد الأراضي الزراعية والصناعات المختلفة بالمياه الصالحة للإستعمال والخالية من الشوائب والملوثات من المشاكل المعقدة في الوقت الحاضر، إذ تعتبر مشكلة قلة المياه ومدى صلاحيتها للإستعمال من المشاكل التي تواجهها المناطق الجافة، وهذا ما تعانيه المناطق الرطبة أيضاً.

إعتماداً على الجرف القاري Continental Shelf تصنف المياه إلى صنفين:

١. المياه الداخلية **Inland waters**: وتشمل جميع الأجسام المائية داخل الجرف القاري وتقسّم إلى محوريين، هما:

- المياه السطحية **Surface waters**: وتتمثل بالأنهار والبحيرات والبرك.
- المياه الجوفية **Ground waters**: وتصنف إلى مياه جوفية سطحية ومياه جوفية عميقة.

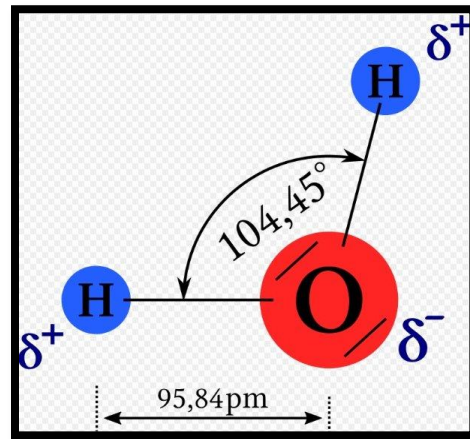
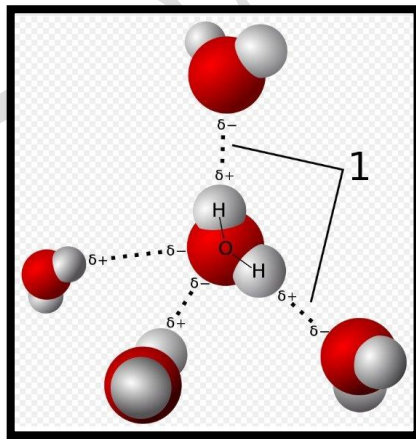
٢. المياه البحرية **Marine waters**: وتشمل الخلجان والبحار والمحيطات.

وعلى هذا الأساس فإن المياه الصالحة للشرب لا تمثل سوى 0.01 % من المياه العذبة، وبالنظر للتزايد المضطرد لنمو السكان في العالم وإنخفاض حصة الفرد من المياه الصالحة للشرب، بات موضوع حماية المياه من التلوث والإهتمام بها من الضرورات القصوى في وقتنا الحاضر.

### خواص الماء الكيميائية والفيزيائية Water Chemical and Physical Characteristics

#### ١- الرابطة التساهمية القوية:

إن البناء الفريد للماء يجعل جزيئاته متماسكة ومرتبطة بروابط هايدروجينية، ويصبح كل جزيء مرتبط بأربعة جزيئات مجاورة، وكل منها بأربعة، وهكذا تبدو جميع الجزيئات مرتبطة ببعض في شبكة فراغية متماسكة تدعى بالترتيب اللاخطي مما يعطي للماء إستقراره الحراري، ولولا هذا الترتيب لكانت درجة غليان الماء أقل من 100 درجة مئوية بكثير، وفقاً لوزنه الجزيئي الصغير ولاستحالة وجود الماء بأشكاله المختلفة على سطح الأرض ولاستحالة الحياة.

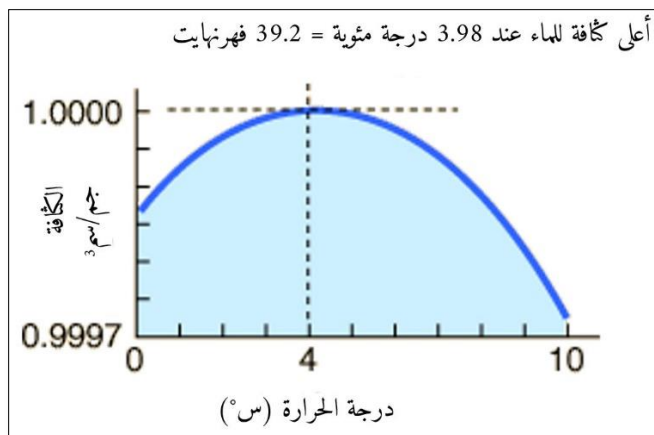


## ٢- السعة الحرارية الكبيرة للماء:

من المعلوم أن درجة غليان الماء مرتفعة، وذلك لقوة رابطة التساهمية، لذلك فهو يمتص قدرة حرارية كبيرة لكي يتبخر، حيث أن كل غرام من الماء السائل يحتاج إلى 540 سعرة ليتحول إلى بخار. وهذه الخاصية تعطي الماء دوراً فريداً في نقل القدرة من مكان لآخر، فالماء الذي يتبخر في المحيطات تسوقه الرياح مئات وآلاف الكيلومترات إلى أماكن باردة، وعندما يبرد البخار ويتحجب يتساقط على شكل قطرات مطر وينشر معه الطاقة التي إمتصها أثناء تبخره فيساهم في رفع درجة الحرارة في تلك المناطق، وتلطيف حرارة الجو في مناطق أخرى وكذلك أثناء تساقط الثلوج، وهذه الحرارة المنتشرة هي كبيرة إذا ما علمنا أنه يتبخر حوالي 520 ألف كيلومتر مكعب من الماء سنوياً.

## ٣- تمدد الماء عند تصلبه:

من المعروف أن كل الجوامد يتقلص ويتناقص حجمها عندما تبرد، وهذا ينطبق على جميع أنواع السوائل المعروفة على السواء عندما تتناقص درجة حرارتها، وأثناء ذلك يتناقص حجمها، وأثناء تناقص حجمها تزداد كثافتها، وبالتالي تغدو الأجزاء الباردة من السائل أثقل، لكن توجد حالة واحدة لا ينطبق فيها هذا القانون وهي حالة الماء. فهو مثل جميع السوائل يتقلص في الحجم كلما صار أبرد، ويفعل ذلك فقط مادامت درجة حرارته فوق أربع درجات مئوية، ولكن ما أن يصل إلى أربعة درجات مئوية فإنه يبدأ بالتمدد خلافاً للسوائل المعروفة، وأخيراً عندما يتجمد فإنه يتمدد أكثر من ذلك، ونتيجةً لتصلب الماء وتمدده يصبح وزنه أخف من الماء السائل فيطفو على سطح الماء. ولهذه الخاصية فائدة عظيمة للكائنات المائية التي تعيش في المناطق الباردة والمتجمدة، فعندما تنخفض درجة حرارة الماء في فصل الشتاء ضمن الأحواض المائية (نهر أو بحيرة أو بحر) - نتيجةً لإنخفاض درجة حرارة الغلاف الجوي المحيط - تتجمد طبقة الماء السطحية فتتمدد ويخف وزنها فتطفو على سطح الماء الأعلى كثافةً وتشكل عازلاً طبيعياً بين الغلاف الجوي البارد والماء أسفل الحوض فتساهم تلك الخاصية في خفض درجة حرارة الماء بإعتدال مما يحول دون تجمد الحوض المائي، فيساهم هذا العازل الطبيعي - إضافةً إلى الحرارة المنتشرة من تجمد الجليد - على تلطيف حرارة الماء والمحافظة على حياة الأحياء المائية وتجنبيها خطر التجمد والموت.

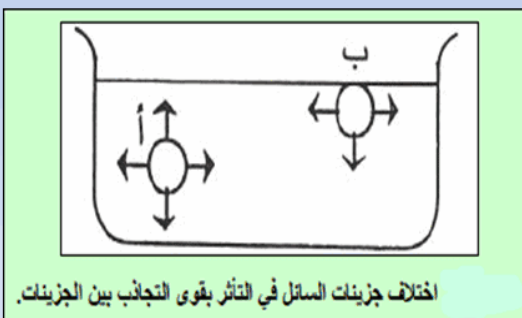
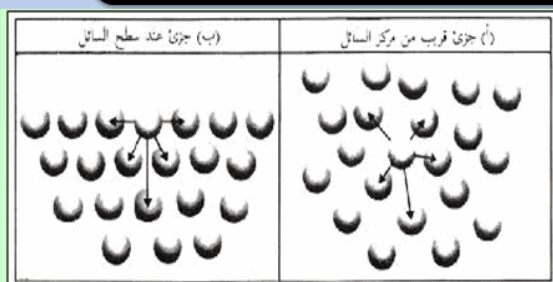


#### ٤- التوتر السطحي (الشّد السطحي) للماء:

وتكون قيمتها عالية عادةً نتيجةً لقوى التجاذب بين جزيئات الماء، إذ يلاحظ أن قيمة التوتر السطحي للماء عالية جداً وتبلغ 72 ملي نيوتن/ متر وهي تفوق الضغط الجوي، فهذه الخاصية هي التي تجعل الماء يرتفع بنفسه في الأوعية الشعرية في الأشجار وتعرف بالخاصية الشعرية، فيحمل الماء من خلالها الغذاء إلى الخلايا النباتية حتى إرتفاعات عالية، كما أنها هي المسؤولة عن تحريك الماء في المسامات والفراغات والأقنية والشقوق الدقيقة في التربة والصخور نحو الأعلى حتى تتساوى قوة التوتر السطحي للماء مع قوة الجاذبية الأرضية مما يسهل على جذور النباتات الحصول على الماء في المناطق الجافة والصحراوية. وهي نفس الخاصية التي تمكن بعض الحشرات الصغيرة من السير على الماء مثل البعوض.

#### تفسير ظاهرة التوتر السطحي

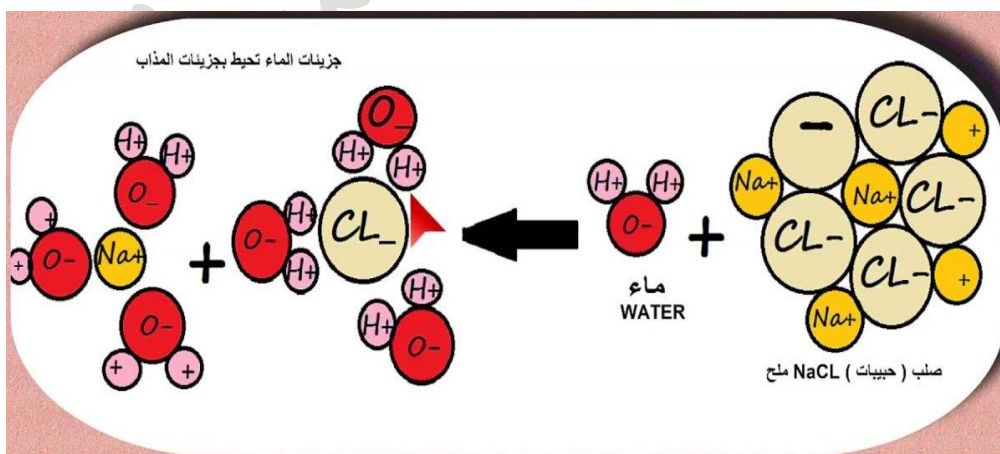
#### Explanation of Surface Tension phenomena



## ٥- قيمة ثابت العزل الكهربائي للماء:

وترتبط بقابلية الماء على الإذابة، وتعتبر قيمة ثابت العزل الكهربائي للماء عالية جداً في جزيئات الماء، حيث تكون مراكز الشحنات الموجبة والسالبة متزاخمة كثيراً عن بعضها البعض، فنلاحظ أنه عند غمر جسم ما في الماء، نلاحظ أن القوى الناشئة بين الجزيئات أو الذرات على سطح هذا الجسم تضعف تحت تأثير الماء مئة مرة تقريباً، فإذا أصبحت الرابطة بين الجزيئات غير قادرة على مقاومة هذه القوة تبدأ جزيئات الجسم أو ذراته بالانفصال عن سطحه والانتقال إلى الماء، ويبدأ الجسم عندئذٍ بالذوبان حيث يتفكك إلى جزيئات مستقلة كما يحدث للسكر عند ذوبانه في كوب الشاي، أو يتفكك إلى جسيمات مشحونة (أيونات) كما يحدث لمالح الطعام.

ويعتبر الماء بفضل ثابت عزله الكهربائي الكبير جداً، من أقوى المذيبات، فباستطاعته أن يذيب عدد كبير من الصخور الملحية على سطح الأرض. ويفتت الماء الغرائيت ببطئ ويسحب أو يمتص منه الأجزاء السهلة الذوبان فتحمل مياه الأنهار والجداول والسواقي الشوائب المنحلة فيها وتقذفها إلى المحيطات التي تتراكم فيها الأملاح والشوائب على مدى العصور، لذلك تكون مياه البحار والمحيطات مشبعة بالأملاح والمعادن والشوائب التي بدورها تمنع المياه أن تتحول إلى مستنقعات فتموت بالتالي معظم الأحياء البحرية. ولهذه الخاصية أهمية كبيرة للنبات، فالماء يذيب الأملاح والمعادن والشوائب الضرورية لحياة النبات والتي تنتقل عبر الأنابيب الشعرية لتصل إلى الخلايا النباتية.



## ٦- المفعول (الأعلى، الأخفض) للتجمد:

تتجمد السوائل عادةً من الأسفل نحو الأعلى، لكن الماء على العكس، فهو يتجمد من الأعلى نحو الأسفل، وهذه أول خاصية غير مألوفة للماء وتعد حاسمة لبقاء الماء على سطح الأرض. وإذا لم تكن تلك الخاصية محققة، أي إذا كان الجليد لا يطفو فكثير من ماء كوكبنا سوف يحتجز بشكل جليد، وعندئذٍ تصبح المياه غير ممكنة في بحارها وبحيراتها وبركها وأنهارها.

توجد العديد من الأماكن في الأرض حيث تهبط درجات الحرارة في الشتاء إلى ما دون الصفر المئوي، ومثل هذا البرد سيؤثر في ماء البحار والبحيرات، فتأخذ تلك العوالم المائية بالتبريد شيئاً فشيئاً وتبدأ أجزاء منها بالتجمد، فإذا كان الجليد لا يسلك الطريق التي يسلكها عادةً وهي أنه يطفو، فالجليد سوف يغرق للأسفل بينما الأجزاء الأدهى من الماء سوف تصعد للسطح وتتعرض للهواء الذي درجة حرارته ما زالت تحت التجمد، فيحدث تجمد تالي وهكذا تغرق كلها إلى الأسفل، وسوف تستمر هذه العملية حتى لا يصبح هناك ماء سائل موجود على الإطلاق، لكن ليس ذلك هو ما يحدث بالفعل، بل أن ما يحدث هو شيء آخر مختلف وكالتالي: أثناء تبرد الماء يتزايد الماء في ثقله حتى تصل درجة حرارته إلى 4 درجة مئوية وعند تلك النقطة يحدث تغير مفاجئ لكل شيء، فبدلاً من حدوث تقلص للماء فإنه يبدأ بالتمدد ويصبح وزنه أخف مع هبوط درجة الحرارة، والنتيجة هي أن الماء ذي الدرجة (4 مئوية) يبقى في الأسفل والماء ذي الدرجة (3 مئوية) يكون فوقه، وماء الدرجة (2 مئوية) فوقه وهكذا بالتدرج حتى الوصول إلى السطح، وحينها تكون درجة حرارته هي الصفر المئوي فقط وهنا يحدث التجمد، أي أن السطح فقط هو الذي يتجمد، أما طبقة الماء ذات الدرجة (4 مئوية) فإنها تبقى سائلة تحت الجليد، وهي كافية لإستمرار حياة المخلوقات والنباتات تحت سطح الماء.

ويجب أن نشير هنا إلى أن الناقلية الحرارية للجليد والثلج تعد منخفضة عادةً، وتعتبر حاسمة في هذا الموضوع. إذ بسبب كونها ضعيفة جداً للنقل الحراري فإن طبقات الجليد أو الثلج تحتفظ بحرارة الماء في الأسفل وتمنعها من الهروب إلى الجو، ونتيجةً لذلك فحتى لو هبطت درجة حرارة الهواء لما دون الصفر المئوي – وليكن 0.5 درجة مئوية – فطبقة الجليد في البحر سوف لن يزيد سمكها عن متر أو مترين لدى المخلوقات التي تقطن المناطق القطبية مثل الفقمة والبطريق، فهي تستفيد من ذلك للوصول إلى الماء أسفل الجليد.

**سؤال** // ماذا سيحدث لو كان الماء لا يسلك هذا الطريق وإنما سلك طريقاً نظامياً بدلاً من ذلك؟ ولنفرض أن الماء يستمر في تكثفه مع إنخفاض درجة حرارته وأن سلوكه هذا يماثل بقية السوائل الأخرى كلها وأن الجليد غرق إلى الأسفل، فماذا يحدث عندئذٍ؟

**الجواب** // في هذه الحالة فإن عملية التجمد في البحار والمحيطات ستبدأ من الأسفل وتتابع كل الطريق نحو الأعلى بسبب عدم وجود طبقة من الجليد على السطح لتمنع الحرارة الباقية من النجاة والهروب للجو. وبمعنى آخر فإن معظم بحيرات الأرض والبحار والمحيطات سوف تصبح جليداً صلباً مع بقاء طبقة من الماء سمكها بضعة أمتار على سطح الجليد وليس تحته، وحتى لو تزايدت درجة حرارة الهواء فإن الجليد في الأسفل سوف لن ينصهر كلياً بشكل مطلق.

#### ٧- اللزوجة المثالية للماء:

إذا فكرنا في السوائل التي نتعامل معها نجد أن لتلك السوائل درجات عالية من الاختلاف في لزوجتها، فلزوجة القطران والكليرين وزيت الزيتون وحامض الكبريتيك هي أمثلة تختلف عن بعضها بشكل كبير، وعندما نقارن مثل تلك السوائل بالماء يصبح هذا الفرق أكثر بشكل كبير، فالماء أكثر سيولة بعشرة ملايين مرة من القطران، وبألف مرة من الكليرين، ومئة مرة من زيت الزيتون، وعشرين مرة من حامض الكبريتيك. ومن هذه المقارنة نكتشف بأن للماء أقل لزوجة ممكنة عن سواه من المواد السائلة، لأنه في الحقيقة – وإذا استبعدنا قليلاً من المواد مثل الإيثر والهيدروجين السائل – نجد أن لزوجة الماء هي أقل من أية مادة أخرى ما عدا الغازات.

إذن هل لإنخفاض لزوجة الماء أية أهمية لنا؟ هل ستكون الأشياء مختلفة إذا كان ذلك السائل الحيوي أكثر قليلاً أو أقل قليلاً في لزوجته؟ " سيكون تلاؤم الماء أقل إذا كانت لزوجته منخفضة جداً، وستتعرض النظم الحياتية لحركات عنيفة بتأثير قوى غاية في الشدة إذا كانت لزوجة الماء منخفضة جداً مثل لزوجة الهايدروجين السائل، وإذا كانت لزوجة الماء أقل من ذلك أيضاً فالتركيبات الدقيقة سوف تتمزق بسهولة، وعندئذٍ لن يكون الماء قادراً على دعم أي تركيبات مجهرية معقدة دائماً، وحينها لا يعود التركيب الجزيئي الدقيق للخلية موجوداً. فإذا كانت اللزوجة أعلى ستكون فعاليات العضيات مثل المايتوكوندريا أو العضيات الصغيرة غير ممكنة، ويصح القول في ذلك أيضاً على عمليات إنقسام الخلية، وستكون عندئذٍ كل النشاطات الحيوية للخلية متوقفة، وكذلك فإن تطور الأعضاء والتي تعتمد بشكل جدي على قدرة الخلايا على الحركة والدوران خلال مراحل تكوين



الجنين، وسيكون ذلك بالتأكيد غير ممكن إذا كانت لزوجة الماء أكبر حتى بقليل مما هي عليه في الواقع".

إن انخفاض لزوجة الماء هو شيء أساسي ليس فقط من أجل الحركة الخلوية ولكن أيضاً من أجل نظام الدوران الدموي، فلكل مخلوق حي جسمه أكبر من ربع ملليمتر واحد نظام دورة دموية مركزي والسبب في ذلك هو أن كل كائن حي له حجم مختلف وليس من الممكن أن ينتشر الغذاء والأوكسجين عبر أعضائه ببساطة، لأنه لا يمكن إدخالهم للخلية مباشرةً كما لا يمكن تفريغ منتجاتهم الأخرى. بالإضافة إلى أنه يوجد في العضو العديد من الأنسجة المتكونة من الخلايا ومن الضروري أن يصل إليها الأوكسجين والطاقة، إذ يتم ذلك بدخولهما وتوزعهما بالضخ عبر أفنية من نوع ما، كما توجد أفنية أخرى ضرورية لتحمل الفضلات بعيداً، وتلك الأفنية بنوعها الأوردة والشرايين تشكلان جهاز الدوران. أما القلب فهو المضخة التي تحفظ حركة هذا النظام بينما يحمل المادة عبر هذه الأفنية سائل يدعى الدم ومعظمه ماء، والذي يشكل 95% من بلازما الدم – وهي المادة المتبقية بعد إزالة خلايا الدم والبروتينات والهرمونات من الدم. وهذا هو السبب في أن لزوجة الماء أهمية كبيرة جداً، فهي تسهل وظيفة النظام الدوري الدموي في الأعضاء الحية، فإذا كانت لزوجة الماء كبيرة مثل تلك التي للقطران فبالأكيد لا يستطيع أي قلب أن يضخ سوائل بهذه اللزوجة، أما إذا كانت لزوجة الماء مثل لزوجة زيت الزيتون والتي هي أقل من القطران فالقلب قد يتمكن من الضخ لكنها ستكون عملية صعبة جداً والدم سوف لن يتمكن من الوصول إلى كل البلايين من الأنابيب الشعرية والملتفة طرقها عبر أجسامنا.

**القطبية Polarity:** هي جاذبية الذرة للإلكترونات، ويعتبر الماء مركب قطبي بسبب عدم التوازن في التوزيع الإلكتروني في ترابط الهيدروجين مع الأوكسجين، بينما يعتبر الميثان مركب غير قطبي بسبب التوازن في التقاسم الإلكتروني بين الكربون والهيدروجين. تؤثر القطبية الكهربائية على العديد من الخصائص مثل التوتر السطحي والإنحلالية إضافة إلى نقطتي الغليان والإنصهار.

**المذيبات القطبية:** هي المذيبات التي تتكون جزيئاتها من ذرات مختلفة في السالبية الكهربائية وبذلك يكون تركيز الشحنات مختلفاً عبر أطراف الجزيء مثل الماء، الذي له قطب سالب من ناحية الأوكسجين حيث تتركز الإلكترونات وله قطب موجب من ناحية الهيدروجين، لذلك يسمى مذيباً قطبياً. ومن الجدير بالذكر أن المذيبات القطبية تستطيع إذابة الجزيئات القطبية فقط.