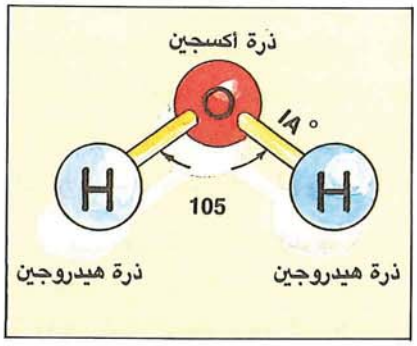
صفات الماء الطبيعية والكيميائية

د. يوسف حسن يوسف

يعد الماء من أهم ضروريات الحياة للكائنات الحية سواء اكانت نباتية أم حيوانية . ولا يمكن للحياة أن تستمر بدون الماء فهو يمد الكائنات المائية بالأكسجين اللازم لعمليات التنفس ومكون لا غنى عنه للأنسجة الحية . ولذلك قال الله تعالى في محكم تنزيله ﴿ وجعلنا من الماء كل شيء حي ﴾ (الأنبياء آية ٣٠) . والخلية الحية تحتاج دوما إلى الماء لاستمرار حياتها وتكاثرها . ويتم ذلك عن طريق دورة الماء فالنبات يفقد الماء إلى الهواء عن طريق التبخر والنتح ويمتصه من التربة عن طريق الشعيرات الجذرية . اما الحيوان فيفقد الماء بعدة طرق مثل البول والعرق والدموع والزفير بينما يستعيضه عن طريق الشرب والأغذية . وتتراوح نسبة الماء في جسم الإنسان ما بين ٩٣ ٪ بالنسبة للجنين (٣ ــ ٤ اشهر) إلى ٧٢ ٪ للإنسان البالغ . اما نسبة الماء في النباتات والأغذية المختلفة فتتفاوت تفاوتا كبيراً .

تركيب جزيئات الماء

يتكون الماء كيميائيا من ذرة أكسجين مرتبطة بذرتي هيدروجين عن طريق رابطتين تساهميتين تشكلان زاوية مقدارها ١٠٥° ، شكل (١) . وهذا الوضع المميز لتكوين جزيء الماء قد جعله يختلف طبعياً وكيميائيا عن المركبات الهيدروجينية المشابهة التي تتكون من اتحاد الهيدروجين مع عناصر تقع في نفس مجموعة الأكسجين في الجدول الدوري للعناصر مثل كبريتيد الهيدروجين (H_2S)، ذلك أن درجتي التجمد والغليان للماء تبلغ صفر و ١٠٠°م على التوالي بينما تبلغان (– ٨٥,٥)°م و (– ٦٠,٧)°م لمركب كبريتيد الهيدروجين ، وسبب ذلك الاختلاف أن طريقة ارتباط ذرتي الهيدروجين مع الأكسجين جعلت جزيء الماء ذي قطبين أحدهما موجب والآخر سالب ، شكل (١) . لذلك يمكن لذرة الأكسجين أن تجذب ذرة

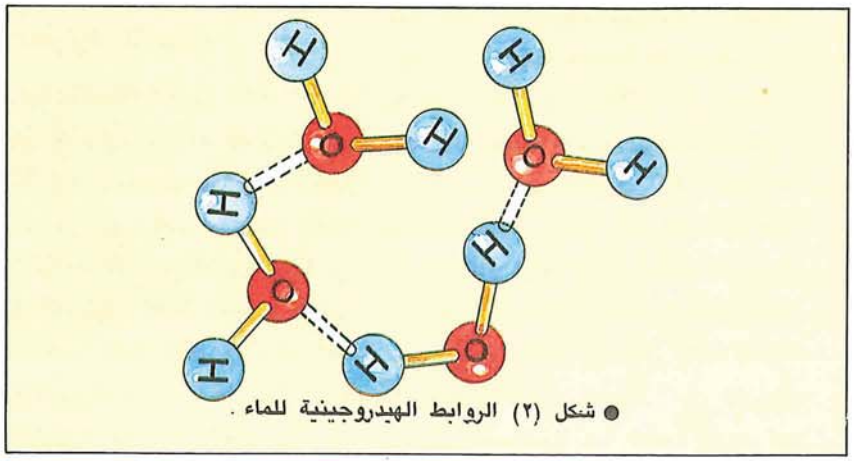


● شكل (١) التركيب الكيميائي لجزيء الماء .

هيدروجين في جزيء آخر من الماء مكونة رابطة ضعيفة تسمى الرابطة الهيدروجينية ، وهكذا ترتبط جزيئات الماء عن طريق الرابطة الهيدروجينية مكونة شكلاً مميزاً يمكنه أن يؤثر على الصفات الطبعية والكيميائية للماء شكل (٢) .

يجعل ارتباط جزيئات الماء بوساطة الرابطة الهيدروجينية من الماء مغناطيساً له قطب سالب وآخر موجب وذلك لوجود عدد من الشحن الكهربائية السالبة في ذرات الأكسجين يقابلها عدد متساوٍ من الشحن الموجبة في ذرات الهيدروجين .

تتلاشى قوة الرابطة الهيدروجينية بين جزيئات الماء بارتفاع درجة الحرارة مما يجعل الماء يأخذ شكل جزيء واحد (H_2O) في حالة التبخر ، وجزيئين $(H_2O)_2$ إلى ثلاث جزيئات $(H_2O)_3$ في حالة الماء السائل حسب درجة الحرارة ، وأربعة جزيئات $(H_2O)_4$ في حالة الجليد الرخو (Snow) وثمانية أجزاء $(H_2O)_8$ في حالة الجليد الصلب (Ice). ويزيد حجم الحيز المكاني الذي يشغله الماء السائل بازدياد عدد جزيئاته المترابطة عند تكوُّن الجليد مما يقلل من كثافة الجليد مقارنة بالماء ، وهذا يفسر تكون قشرة الجليد فوق المحيطات أو طفو الثلج فوق سطح الماء وهي خاصية ينفرد بها الماء دون أغلب المواد الأخرى والتي تزيد كثافتها عند التجمد ، ولهذه الخاصية أهمية قصوى لحياة الكائنات الحية في المناطق الباردة .



● شكل (٢) الروابط الهيدروجينية للماء .

صفات الماء الطبعية

من الصفات الطبعية للماء والتي لها أهمية قصوى لحياة الكائنات ما يلي :

١ ــ درجتي الانصهار والغليان:

تبلغ درجة الانصهار للماء صفراً مئوياً ودرجة غليانه ١٠٠°م . ولهاتين الخاصيتين أهمية كبرى في الحياة إذ يوجد الماء عند درجة حرارة الجسم بصورة سائل ليساعد على نقل الغذاء للأنسجة المختلفة ، هذا إضافة إلى أن عمليات الأيض المختلفة تعتمد على وجوده في حالة سائل عند درجة حرارة الجو العادية ، كما أن وجوده سائلاً يجعل من الميسور إتمام عمليات تصنيع الغذاء والإخراج والأكسدة والاختزال في الكائنات الحية .

٢ ــ الحرارة النوعية :

تعرف الحرارة النوعية بأنها كمية الحرارة اللازمة لتغيير درجة حرارة واحد جرام من الماء عند درجة حرارة ١٤°م درجة واحدة . ونظراً لوجود الرابطة الهيدروجينية في تكوين جزيئات الماء فإن الماء مقارنة بالمركبات الشبيهة يكتسب خاصية مقاومة تغيير درجة حرارته مما يؤدي إلى ارتفاع قيمة حرارته النوعية . وتكمن أهمية هذه الخاصية في أن وجود الماء في جسم الكائن الحي يمكنه من مقاومة تقلبات الجو المختلفة بصورة كبيرة .

٣ ــ الحرارة الكامنة :

الحرارة الكامنة لانصهار الماء المتجمد هي كمية الحرارة اللازمة لصهر واحد جرام منه دون أن تتغير درجة حرارته وتبلغ ٨٠ سعر حراري ، وهي ما يطلق عليها الحرارة الكامنة لانصهار الماء، وقياسا على ذلك فإن الحرارة الكامنة لتبخر الماء هي الحرارة اللازمة لتبخر واحد جرام من الماء دون أن تتغير درجة حرارته وتبلغ ٥٤٠ سعر حراري . ومقارنة بالمواد الأخرى

● صفات الماء والملاحة البحرية .

المشابهة للماء فإن كميتي الحرارة الكامنة للانصهار والحرارة الكامنة للتبخر للماء تعدان كبيرتان مما يكسب الماء مقاومة كبيرة في تغيير حالاته من صلب إلى سائل أو من سائل إلى غاز ، والسبب في ذلك يرجع إلى الرابطة الهيدروجينية ، وتجعل هذه الخاصية من الماء مادة فعالة في اطفاء الحرائق إذ يأخذ الماء كمية كبيرة من الحرارة من الوسط المحترق قبل أن ترتفع درجة حرارته مما يؤدي إلى خفض درجة الحرارة وبالتالي إلى اطفاء الحريق .

٤ ــ اللزوجة والتوتر السطحي :

اللزوجة هي مقاومة السائل للحركة ، أما التوتر السطحي فهو خاصية السوائل الساكنة وفيه يكون السطح الحر للسائل مشدوداً ليأخذ أقل مساحة ممكنة ، وفي حالة الماء فإن الرابطة الهيدروجينية تسبب انجذاب جزيئاته بعضها إلى بعض مما يكسب الماء لزوجة أكثر من المركبات الأخرى الشبيهة له في تكوينها الكيميائي ، وحيث أن عدد جزيئات الماء المترابطة يزداد بانخفاض درجة الحرارة كذلك فإن لزوجة الماء تزيد كلما انخفضت درجة حرارته . وتتسبب الرابطة الهيدروجينية أيضا في قوة التوتر السطحي للماء مقارنة بالسوائل الأخرى . وكلا من اللزوجة والتوتر السطحي لهما أهمية كبرى في الحياة ، فهما يساعدان على تماسك مواد الخلايا الحية بعضهما مع بعض كما يكسبان الخلايا شكلهما الخاص ، ولهما أيضا دور في توصيل الغذاء إلى النبات بوساطة الشعيرات الجذرية التي تنفذ إليها ذرات الماء حاملة معها المواد الغذائية ، وترتفع هذه الذرات بوساطة الخاصية الشعرية ـ مقاومة الجاذبية الأرضية ـ إلى الأوراق بارتفاع يفوق الارتفاع الذي ينجم عن الضغط الجوي (حوالي عشرة أمتار) بسبب فقدان الماء في الأوراق بوساطة النتح والتبخر حيث يصل الضغط المائي أضعاف الضغط الجوي حسب نوع النبات وظروفه البيئية ليستمر انسياب الغذاء والماء من الجذور عبر السيقان والفروع إلى الأوراق .

تساعد اللزوجة والتوتر السطحي أيضا في ابطاء عملية فقدان الماء من الأوراق عبر الثغور (Stomata)، وفي الإنسان يبقى العرق برهة على سطح الجلد خارج المسامات قبل انسيابه حيث يتبخر معظمه مكسبا الجسم رطوبة أثناء الجو الحار . وتظهر أهمية دور اللزوجة والتوتر السطحي للماء كذلك في الملاحة البحرية والنهرية حيث تحميان السفن والبواخر النهرية المحملة بالأحمال الثقيلة من الغوص في الأعماق .

صفات الماء الكيميائية

يكتسب الماء صفات كيميائية نادرة بسبب تركيبه الكيميائي الفريد قد لا يتسع المجال لذكرها جميعاً ولكن يمكن ايراد بعضها في الآتي :

١ ــ مقاومة التحلل :

ليس من السهل تحلل الماء إلى ذراته الأولية المكونة له في الظروف الطبعية وذلك بسبب الرابطة الهيدروجينية ووجود ذراته بشكل مائل ، غير أنه يمكن أن يتحلل وبنسبة ضئيلة (١١٪) عند درجة حرارة ٢٧٠٠°م وذلك حسب المعادلة :

$$2H_2O \xrightarrow{٢٧٠٠^\circ م} 2H_2 + O_2$$

٢ ــ الاذابـــة :

الاذابة هي عملية مزج لمواد مختلفة غير متحدة كميائياً لتكوين مزيج ذو تركيب وخواص متجانسة ، وتسمى المادة التي توجد بكمية كبيرة بالمذيب والمواد الأخرى بالمواد المذابة . ويعد الماء من أحسن المذيبات بل أن أغلب المواد تذوب في الماء ولكن بدرجات مختلفة ، ولهذا أطلق عليه المذيب العالمي ، ويرجع سبب قوة إذابة الماء للمواد الأخرى إلى أن وجود الشكل المائل والروابط الهيدروجينية تجعل من الماء مادة ضعيفة التوصيل الكهربائي ثنائية الاستقطاب وبالتالي سريعة الاذابة للمواد المختلفة خاصة المواد المؤينة مثل الأملاح والقواعد والأحماض .

يذوب ثاني أكسيد الكربون في الماء مكونا حامض الكربونيك .

$$H_2O + CO_2 \longrightarrow H_2CO_3$$

بينما يذوب الأكسجين في الماء داخلاً بين جزيئاته ، وتكسب هاتين الخاصيتين الماء أهمية كبرى في الحياة ، ففي الحالة الأولى فإن ذوبان ثاني أكسيد الكربون في الماء يسهل عملية نقله والتخلص منه في كل من النبات والإنسان حيث يتكون الدم أساساً من الماء ، أما ذوبان الأكسجين في الماء فتستفيد منه الكائنات الحية في عمليات التنفس خصوصا الكائنات التي تعيش في الماء .

ويعمل الماء عند اذابته للمواد المختلفة كمادة حافزة للتفاعلات الكيميائية ، ومثال على ذلك أكسدة الأكسجين المذاب في الماء لبعض المعادن مثل الحديد وهذه الحالة تعرف بالصدأ ويمكن ملاحظتها في حياتنا اليومية في صدأ وتآكل أنابيب مياه الشرب .

٣ ــ الأكسدة والاختزال :

الأكسدة هي انتقال الكترون أو أكثر من عنصر ما ، أما الاختزال فهو اكتساب العنصر لالكترون أو أكثر . ويدخل الماء في عمليات الأكسدة والاختزال بتفاعله مع العناصر النشطة وذلك بطرد الهيدروجين حيث تتفاعل العناصر الأكثر نشاطاً مع الماء البارد بينما تتفاعل العناصر الأقل نشاطاً مع بخار الماء ومثال على ذلك :

$$2H_2O + 2Na \longrightarrow 2NaOH + H_2$$

$$4H_2O + 3Fe \longrightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$$

كما يتفاعل الماء مع اللافلزات مثل الهالوجينات (الكلور ، الفلور ، البروم) عند درجة حرارة الغرفة مكونا أحماضا هلوجينية .

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HCl + HClO$$

٤ ــ التفاعل مع المركبات :

يتحد الماء مع أكاسيد فلزات القواعد مكونا قواعد هذه الفلزات ومنتجا حرارة عن هذا التفاعل .

$$Na_2O + H_2O \longrightarrow 2NaOH + \text{حرارة}$$

وتتفاعل أكاسيد فلزات الأرض القاعدية (مغنيزيوم، كالسيوم...) مكونة مع الماء هيدروكسيدات هذه الفلزات .

$$MgO + H_2O \longrightarrow Mg(OH)_2$$

كما تتحد بعض أكاسيد اللافلزات مع الماء مكونة أحماض ومثال على ذلك .

$$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3$$

٥ ــ التأين :

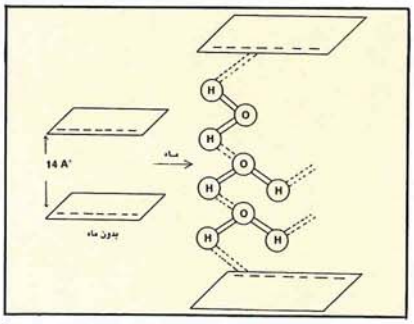
هو عملية تحول جزيئات مركب ما إلى أيونات (أجزاء موجبة وسالبة) ، ويعد تأين الماء ضعيف جداً إذا ما قورن بالمركبات الأخرى وعند تأينه ينفصل الماء إلى أيون الهيدروكسيل وأيون الهيدروجين .

$$[H_2O] \rightarrow [OH^-] + [H^+]$$

وحيث أن تركيز جزيئات الماء يتناسب مع حاصل ضرب تركيز أيونات الهيدروكسيل وتركيز أيونات الهيدروجين فإن أي زيادة في تركيز أيون الهيدروكسيل $[OH^-]$ تعني زيادة في القلوية بينما تعني زيادة تركيز أيون الهيدروجين $[H^+]$ زيادة الحموضة . أما إذا تساوى تركيز أيون الهيدروجين $[H^+]$ وتركيز أيون الهيدروكسيل $[OH^-]$ فإن ذلك يعني أن كل منهما يساوي 10^{-7} مول/لتر وهذا يعني أن الوسط المائي متعادل (Neutral) أي أن الرقم الهيدروجيني يساوي ٧ .

٦ ــ الماء والتربة :

أكسب وجود الرابطة الهيدروجينية الماء أهمية كبرى في عملية تمدد وانكماش التربة خاصة التربة الطينية التي يغلب على تكوينها وجود صلصال المونتموريلونايت (Montmorillonite clay) مثل تربة القطن السوداء في الهند وأواسط السودان وولاية تكساس الأمريكية . فمن المعلوم أن الصفائح المكونة لهذا النوع من الصلصال تتمدد عشرات المرات في وجود الماء وذلك لوجود أطراف وسطوح ذات شحنة سالبة يمكن أن تتحد مع الأطراف ذات الشحنة الموجبة في الرابطة الهيدروجينية الموجودة في الماء ، شكل (٣) ، حيث تبتعد تلك السطوح بعضها عن بعض مسببة تمدداً كبيراً . أما عند فقدان الماء فإن جزءاً من هذه الروابط ينفصل فيقل تبعاً لذلك التباعد بين سطوح خلايا الصلصال فتتشقق الأرض . وهذه الخاصية لها أهمية في تصميم المباني والطرق والكباري إضافة إلى أهميتها في مجال الزراعة .



● شكل (٣) ارتباط أسطح وحدات الصلصال بالماء بوساطة الرابطة الهيدروجينية .