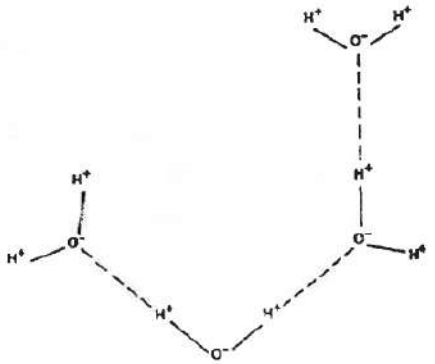
الماء والمحاليل
Water and Solutions

خصائص الماء :

يحتوي جسم الكائن الحي على أعلى نسبة من جزيئات الماء تقدر بـ 70% او أكثر من وزن الجسم مقارنة بالجزيئات الاخرى. وفضلاً عن وجود الماء بغزارة على سطح المعمورة فإنه يمتلك خواص كيمياوية وفيزياوية فريدة بحيث تلائم جداً الانظمة البايولوجية. إن معظم هذه الخواص مشتقة من القطبية Polarity ، ومن الآصرة الهيدروجينية Hydrogen bonding التي تملكها جزئية الماء.

١ – قطبية جزئية الماء **Polarity of water Molecule**

نظراً للكهربائية السالبة electronegativity لذرة الاوكسجين وزاوية الآصرة bond angle مابين ذرتي الهيدروجين، اصبحت جزئية الماء قطبية، فذرة الاوكسجين تحمل شحنة سالبة جزئياً، وكل من ذرتي الهيدروجين تحمل شحنة موجبة جزئياً (انظر الشكل 2–1).



شكل (2–1) دور الاواصر الهيدروجينية في تركيب الماء الموضحة بالخطوط المتقطعة

ولكون الماء مركباً قطبياً فعليه يعد مذيباً جيداً للمركبات القطبية، ولكنه غير قابل للامتزاج بالمركبات غير القطبية الحاوية على مجاميع كارهة للماء hydrophobic groups.

٢ – الآصرة الهيدروجينية لجزيئة الماء **Hydrogen bonding of water molecule**

تتكون الأصرة الهيدروجينية على العموم من تجاذب الحث الكهربائي electrostatic attraction مابين ذرة سالبة كهربائياً (عادة الاوكسجين او النتروجين) مع ذرة الهيدروجين المرتبطة بآصرة تساهمية مع ذرة اخرى سالبة كهربائياً. فجزئية الماء في الحالة السائلة اذن لها القابلية على تكوين اواصر هيدروجينية مع جزئيات الماء الاخرى كما في الشكل 2–1. ونظراً لاحتواء جزئيات الماء على هذه الخاصية فانه يمتلك الصفات الآتية :

١) الماء Water

يشكل الماء اعلى نسبة بين المركبات الكيميائية الموجودة في الكائنات الحية حيث يمثل حوالي ٦—٩٥% من الوزن الكلي لمختلف الخلايا والانسجة مع بعض الاستثناءات كما في عظام الانسان والبذور وكذلك السبورات. ان الماء مذيب طبيعي للايونات المعدنية ولا يمكن ان يستغنى عنه في العمليات الايضية التي تتم كلياً داخل محيط مائي كما يكون الماء كوسط انتشار للنظام الغروي للبروتوبلازم حيث ان الماء يمتزج بسهولة مع البروتوبلازم فضلاً عن ان جزيئات الماء تسهم كذلك في العديد من التفاعلات الانزيمية في الخلية ويمكن ان تنشأ نتيجة العمليات الايضية. ويوجد الماء في الخلية على شكلين :

أ- ماء حر Free Water: هو الماء الذي ينتقل بحرية بين مكونات الخلية ويدخل في عمليات التحول الغذائي ((الايض)) ويعمل وسطاً للتفاعلات الكيميائية ويشكل نسبة ٩٥% من كمية الماء الموجود في الخلية

ب- ماء مقيد Bound Water: وهو الماء المتصل بجزيئات البروتين بروابط كيميائية أي انه يدخل ضمن تركيب مكونات الخلية وتقدر نسبته ٤-٥% من كمية الماء الموجود في الخلية.

يمتلك الماء بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية الفريدة والتي جعلته ملائماً جداً للانظمة البايولوجية ومن اهم الخواص البايولوجية المهمة للماء هي القطبية polarity والآصرة الهيدروجينية Hydrogen bonding فيما يتعلق بقطبية جزيئة الماء فأن من صفات الماء امتلاكه قوة تجاذب وتماسك كبيرتين حيث ان كل ذرة من ذرتي الهيدروجين تشترك بزوج من الالكترونات مع ذرة الاوكسجين والابعاد الهندسية للزوج الالكتروني المشترك والذي يوجد في الغلاف الخارجي لذرة الاوكسجين مما يجعل الجزيئة بشكل حرف V كما ان قابلية السحب الكبيرة لالكترون ذرة الاوكسجين يكسبها شحنة سالبة عند الحرف V معطية شحنتيّن لنواتي الهيدروجين المكشوفة ونظراً لان جزيئة الماء متعادلة كهربائياً فان الشحنات الموجبة والسالبة بعيدة جداً بعضها عن البعض كما ان جزيئة الماء تعد ثنائية القطبية وهذه الحقيقة هي السبب الرئيس المسؤول عن قوة التجاذب بين جزيئات الماء ونظراً للكهربائية السالبة لذرة الاوكسجين ومقدار الزاوية التي تربط بين ذرتي الهيدروجين اصبحت جزئية الماء قطبية فذرة الاوكسجين تحمل شحنة سالبة جزئياً ويحمل كل من ذرتي الهيدروجين شحنة موجبة جزئياً ولكون الماء مركباً قطبياً لذلك يعد مذيباً جيداً للمركبات القطبية ولكنه غير قابل للامتزاج بالمركبات غير القطبية الحاوية على مجاميع كارهة للماء Hydrophobic groups .

الرابطة الهيدروجينية لجزيئة الماء Hydrogen bonds of water molecule

الاواصر الهيدروجينية هي قوى جذب ضعيفة بين ذرة سالبة الالكترونات (N او O) وبين ذرة هيدروجين (O-H او N-H) فجزيئة الماء في الحالة السائلة لها القابلية على تكوين اواصر هيدروجينية مع جزيئة ماء اخرى فضلاً عن ذلك تستطيع تكوين اواصر هيدروجينية مع مركبات (الهيدروكسيل والفوسفات والامين) ونظرا لاحتواء جزيئات

الماء على هاتين الخاصيتين (القطبية والاصرة الهيدروجينية) فانه يمتلك الصفات الاتية:

اولاً: الماء كمذيب Water a Solvcnt

تحتاج العمليات الحياتية الى اذابة عدد كبير من الايونات والجزيئات الكبيرة والصغيرة نظراً لقابلية الماء غير الاعتيادية لاذابة المواد فانه يعد محيطاً خلوياً داخلياً وخارجياً عاماً ونظراً لكون الماء مركباً قطبياً فهو يعد مذيباً جيداً للمركبات القطبية التي تكون اواصر هيدروجينية مع الماء مكونة جزيئات محبة للماء Hydrophilic ومن هذه المركبات الذائبة هي المركبات الهيدروكسيلية والامينات ومركبات الثايول والاسترات والكيتونات وعدد كبير من المركبات العضوية ويعود السبب في ذلك الى ان الماء يضعف القوى الكهربائية والاواصر الهيدروجينية ما بين الجزيئات القطبية وذلك عن طريق تنافسه باجتذاب تلك الجزيئات فمثلاً ان تأثير الماء على الاصرة الهيدروجينية بين مجموعة الكاربونيل و مجموعة الامينو حيث ان ذرات الهيدروجين للماء تحل محل هيدروجين الاميد كواهبة Doner للاواصر الهيروجينية كما ان ذرة اوكسجين الماء تحل محل اوكسجين مجموعة الكاربونيل كمستقبلة acceptor للاواصر الهيدروجينية وعليه فان الاصرة الهيدروجينية تكون قوية ما بين مجموعة CO ومجموعة NH فقط في غياب الماء .

ثانياً: يعد الماء متماسكاً ومتلاصقاً Water is Cohesive and adhesive

تظهر هاتان الصفتان نتيجة للشد السطحي Surface tension لجزيئات الماء الذي يظهر سطحة وكأنه يغطى بطبقة من الجلد يتولد الشد السطحي للماء نتيجة لتماسك جزيئات الماء مع بعضها بواسطة الاصرة الهيدروجينية لذا فهو يعد اكثر السوائل تماسكاً عدا الزئبق فالماء هو عبارة عن مادة متلاصقة ومتماسكة والتي تفسر لنا الخاصية الشعرية Capillarity وقابلية الماء للحركة الى الاعلى في قطعه من الورق المسامي او الزحف في مسامات التربة واغصان النباتات وانتفاخ بذور النباتات اثناء الانبات .

ثالثاً: قابلية استيعاب عال للحرارة High heat capacity

ان كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء تقدر بسعرة حرارية واحدة ان هذه الكمية من الحرارة تعد عالية بالنسبة للماء. وان اهمية هذه الصفة تعود الى ان الكائن الحي بامكانه ان يكتسب او يفقد حرارة عالية نسبياً بأقل ما يمكن من تغيير قي درجة حرارة الجسم .

رابعاً: ارتفاع درجة حرارة التبخر High heat of vaporization

تعد درجة حرارة التبخر بانها الطاقة الحرارية اللازمة لتغيير غرام واحد من الماء الى بخار وقدرها ٥٤٠ سعرة أي بعبارة اخرى ان كل غرام واحد من الماء لكي يتبخر من جسم الانسان فانه يزيل ٥٤٠ سعرة حرارية وهكذا فان تبخر الماء من السطح يولد تبريداً كبيراً وعليه فان عدداً كبيراً من الكائنات الحية تتخلص من الحرارة الزائدة عن طريق التبخر .

خامساً: درجة انصهار عالية High melting Point

تعد درجة انصهار الماء ((صفر درجة مئوية)) عالية مقارنة بدرجات انصهار المذيبات الاخرى كالميثانول

والايثانول والبروبانول والاستون والكلوروفورم. وتكمن أهمية ارتفاع درجة انصهار الماء في المحافظة على الكائنات الحية من الانجماد فكلما زادت درجة حرارة الانصهار تطلب رفع تلك الدرجة لذلك السائل لغرض تحويله الى صلب .

الاملاح والايونات Ions & Salt

تعد الاملاح ضرورية للمحافظة على الضغط الازموزي والتوازن الحامضي القاعدي للخلية حيث يزداد الضغط الازموزي داخل الخلية بزيادة تراكيز الايونات مما يؤدي الى دخول الماء الى داخل الخلية. ان تراكيز الايونات في السائل الخلوي تختلف حسب نوعية الايونات فمثلاً تكون تراكيز ايونات البوتاسيوم والمغنسيوم داخل الخلية عالية في حين ان ايونات الصوديوم والكلوريد توجد بشكل رئيسي خارج الخلية كما يعد الفوسفات المصدر الرئيسي داخل الخلية كما تحتوي الخلية على ايون البيكاربونات. اما ايونات الكالسيوم فهي موجودة في كل من الخلايا ومجرى الدم، أما في العظام فأن ايونات الكالسيوم ترتبط مع ايونات الفوسفات والكاربونات لتكون ترتيبات بلورية وتوجد الفوسفات في الدم والسوائل النسيجية على شكل أيون حر ولكن اكثر الفوسفات يكون مرتبطاً على شكل دهون مفسفرة Phospholipids ونيوكليوتيدات Nucleotides وبروتينات مفسفرة Phosphoproteins وسكريات مفسفرة Phosphates Sugar وهناك الفوسفات الاحادية H_3PO_4 والفوسفات الثنائية HPO_4^{-2} تلعب دوراً في تثبيت pH الدم وسوائل الانسجة وهناك ايونات موجودة في الانسجة كالكبرتيات والكاربونات والبيكاربونات والمغنيسيوم والاحماض الامينية وهنالك معادن توجد باشكال غير متأينة كالحديد الذي يوجد في جزيئة الفيريتين Ferrtin والسايتوكرومات Cytochromes وبعض الانزيمات مثل الكتاليز Catalase وسايتوكروم اوكسيديز Cytochrome Oxidase كما ان هناك اثار قليلة من المعادن منها المنغنيز والنحاس والكوبلت واليود والسليتيوم والنيكل والمولبدنيوم والخارصين وهي ضرورية لادامة فعالية الخلية.

التفكك الايوني وتنظيم الرقم الهيدروجيني Ionic Dissociation and Regulation of pH

توجد معظم جزيئات الماء النقي في صورة غير مفككة H_2O وفي حالة متأينة توجد نسبة منها (H^+ , OH^-) ولاتحتوي المحاليل المائية على بروتونات Protons حرة ولكنها تكون في صورتها الهيدروجينية (H^+nH_2O) وتدل هذه الزيادة في تركيز الهيدروجين على الحموضة وان المحاليل الحامضية تحتوي على اكثر من 10^{-7} من ايونات الهيدروجين وقد لوحظ ان الـ pH يكون قريباً من التعادل في معظم الكائنات الحية الا ان هناك بعض الحالات الشاذة مثل حالة عصير الليمون والعصير المعدي حيث يتراوح الرقم الهيدروجيني pH من ١-٢ في حين يتراوح الرقم الهيدروجيني في دم الانسان واللبائن الاخرى من ٧,٤ – ٧,٣ وعملية تنظيم الـpH تعود الى ازالة الزيادة في ايونات الهيدروجين عن طريق الكلية وكذلك الى فعل المنظمات الحيوية Buffers الموجودة في الجسم.