

المبحث الثالث : - خصائص ومحتويات المياه المعدنية

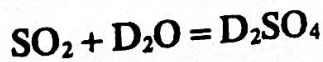
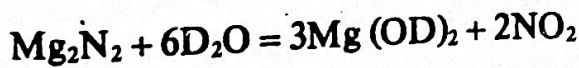
أولاً : التكوين الكيميائي للماء :

يتكون الماء وزنياً من اتحاد الهيدروجين بنسبة ١١,١٩٪ مع الاوكسجين بنسبة ٨٨,٨١٪ وذلك باتحاد جزيء من الاوكسجين مع جزئين من الهيدروجين عن طريق امرار شرارة كهربائية ثابتة . يظهر الماء على ابط اشكاله في الجو نتيجة عملية التبخر (H_2O) . الا انه قد يوجد بحالة سائلة من اختلاط الجزئيات مع بعضها بشكل ثنائي او ثلاثي (H_2O)₃ او (H_2O)₂ يتكون الماء في حالته الصلبة من الوزن الثلاثي ، لذا يزداد حجمه بالتجمد ، تتغير درجة العلاقة بين كمية الجزئيات الاولى وكمية الجزئيات المعقدة عند ارتفاع درجة حرارة الماء بالمقارنة مع درجة ارتباطها وكميتها في المياه الاعتيادية ، اذ ان جميع جزئيات الماء لا تتمتع بنفس الوزن الذري ، منها يزن ١٨ والبعض الآخر يتفاوت بين ١٩ - ٢٠ أو ٢١ وحتى ٢٢ ، ويعني ذلك ان الماء يحتوي على الاوكسجين الذري بأوزان مختلفة ١٦ وهو الماء الاعتيادي و ١٨ و ١٩ . وينطبق هذا على الوزن الذري للهيدروجين ايضاً حيث يتفاوت بين ١ و ٢ واحياناً ٣ ، اذ تسمى مثل هذه الاوزان الثقيلة للماء عادة بالنظائر (آيزوتوب) من الصعوبة استخدام مثل هذه العمليات في اتحاد الهيدروجين والاوكسجين الذري ليكون ما يسمى بالماء الثقيل الذي يطلق عليه اسم اوكسيد الديوتيريوم Deuterium Oxide والتريتيوم Tritium TO_2 D_2O وكل من D و T نظائر للهيدروجين . ويستخدم في المفاعلات النووية . يختلف الماء الثقيل عن المياه الاعتيادية بخصائص متعددة منها ان الماء الثقيل

النقي H_2O^{16} وبدرجة حرارة ٢٠ مئوية ، تصل كثافته الى حوالي ١,١٠٥٦ غرام / سم^٣ ، بينما لاتزيد كثافة الماء الاعتيادي بنفس تلك الدرجة الحرارية عن ١,١٩٨٢ غرام / سم^٣ ، وعلى ذلك فان درجة تجمد الماء الثقيل تقع بحدود ٣,٨ مئوية ، ودرجة غليانه تصل الى ١٠١,٤٢ درجة مئوية . ومن الواضح ان الماء الثقيل لا يصلح اطلاقاً لمتطلبات الحياة (١) . وندرج ادناه بعض المميزات الخاصة بالماء الثقيل مقارنة مع الماء الاعتيادي (٢) .

الماء الاعتيادي	الماء الثقيل	الخاصية
١٠٠	١٠١,٤٢	درجة الغليان (مئوي)
صفر	٣,٨	درجة التجمد
٠,٩١٧	١,٠١٧	الوزن النوعي للثلج في درجة الانصهار
١,٠	١,١١٥٦	الكثافة في درجة ٢٠ مئوية
٤ +	١١,٦	الدرجة التي تبلغ فيها الكثافة العظمى
٣١,٨	٣٧,٩	الضغط البخاري في درجة ٣٠ مئوية

ويمكن استخدام التحليل الكهربائي للماء لاستخراج الماء الثقيل نظراً لأن كل ٦٥٠٠ جزيئة ماء تحتوي على جزيئة واحدة منه . ويمكن استخدام الماء الثقيل في تحضير مركبات مشابهة لمركبات الهيدروجين فمثلاً :



ان كل أصرة تساهمية بين ذرة الاوكسجين وذرة الهيدروجين هي أصرة منفردة تشمل على الكتروني التساهم . ولما كان ميل الاوكسجين الالكتروني التساهم أكبر من ميل ذرة الهيدروجين ، لذا ينجذب الالكترونات قليلاً نحو ذرة الاوكسجين . وهذا يجعل الأصرة التساهمية مستقطبة ، حيث يصبح طرف الأصرة المنتهي بذرة الاوكسجين مشحوناً بشحنة سالبة وطرفها المنتهي بذرة الهيدروجين مشحوناً بشحنة موجبة . ونظراً لوجود أصرتين من هذا النوع في جزيئة الماء ولذا تتكون شحنتين سالبتين في الاطراف المنتهية بذرة الاوكسجين بينما تكون شحنة موجبة في كل نهاية توجد فيها ذرة الهيدروجين .

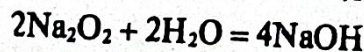
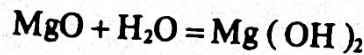
هذا مما يؤدي الى نشؤ تنافر بين النهايتين الموجبتين لجزيئة الماء . فتبعد
الأصرتان التساهميتان عن بعضهما .

إذا حصل وان اقتربت جزيئة ماء من جزيئة اخرى فان النهاية السالبة للجزيئة
الأولى تنجذب نحو النهاية الموجبة للجزيئة الثانية ، اي ان لذرة الاوكسجين في
جزيئة ماء القدرة على تكوين آصرة مع ذرة هيدروجين في جزيئة ماء اخرى .

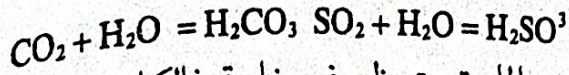
وترتبط جزيئات الماء ببعضها بأواصر هيدروجينية حتى في الحالة السائلة
ويزداد تأثير الأصرة الهيدروجينية في جزيئات الماء عندما تكون في الحالة الصلبة ،
اذ تترتب الجزيئات في الجليد بشكل خاص بحيث يكون لوحدة الكتلة من الماء
حجم كبير ، وبذلك تصبح كثافة الثلج أقل من الماء . وعند تسخين الجليد فان بعض
هذه الأواصر يتكسر ، فتتقارب الجزيئات من بعضها فيقل الحجم وبهذا تزداد
الكثافة . وبارتفاع درجة الحرارة حتى تصل الى + ٤ درجة مئوية تزداد الكثافة
تدريجياً بسبب استمرار تكسر الأواصر الهيدروجينية وتقارب جزيئات الماء من
بعضها وهذا يفسر لماذا تبلغ كثافة الماء الكثافة القصوى في درجة ٤ مئوية ، وإذا
ماسخنا الماء فوق هذه الدرجة مما يؤدي الى تباعد جزيئات للماء ثانية اي يؤدي الى
زيادة حجم كتلة معينة وبذلك تقل الكثافة مع ارتفاع درجة الحرارة الماء ان شذوذ
الماء في كثير من خواصه الاخرى مثل ارتفاع درجة غليانه بالمقارنة مع السوائل
الاخرى ، يعزى الى تأثير الأصرة الهيدروجينية الذي يبقى ساري المفعول في جميع
درجات الحرارة .

الخواص الكيميائية للماء :

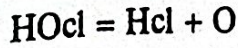
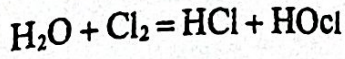
لا يتحلل الماء الا بدرجات حرارية عالية جداً ففي درجة ٢٥٠٠ مئوية يتحلل ٩ %
من الماء الى عنصرية ، وإذا انخفضت درجة الحرارة أتحد العنصران ثانية لتكوين
الماء . ويتفاعل الماء مع معظم الفلزات الواقعة فوق الهيدروجين في جدول الاحلال ،
ويتميز الماء أيضاً باتحاده مع بعض أكاسيد الفلزات اتحاداً مباشراً مكوناً
هيدروكسيدات تلك الفلزات مثلاً .



ويتحد الماء مع أكاسيد الفلزات اتحاداً مباشراً مكوناً الأحماض



وتتفاعل بعض الفلزات مع الماء تحت ظروف خاصة فالكربون الساخن جداً مثلاً يحلل الماء مكوناً غاز الماء ، أما الكلور فيحرر الاوكسجين الطري من الماء بوجود اشعة الشمس



ويستفاد من هذا التفاعل في تعقيم الماء بالكلور .

ويتحد الماء اتحاداً مباشراً مع مواد مختلفة مكوناً مركبات مائية Hydrates مثل $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ويدعى هذا الماء بماء التبلور ، لأن هذه المركبات متبلورة . وإذا فقد الملح هذا الماء فيدعى المركبات الناتج لا مائياً Anhydrous

قابلية الماء على اذابة المواد :-

ان جزيئة الماء مستقطبة حيث يحمل احد طرفيها شحنة موجبة ويحمل الطرف الآخر شحنة سالبة ، فاذا وجد آيون موجب في الماء فان عدد من جزيئات الماء تنتظم ومنجذبة بقوة كهربائية نحو الآيون الموجب وبنفس الطريقة اذا وجد آيون سالب في الماء فان النهايات الموجبة لجزيئات الماء المستقطبة تنجذب نحو الآيون السالب فاذا اضيف مقدار قليل من الملح مثلاً الى كمية كافية من الماء فان الملح سرعان مايختص بين جزيئات الماء وتسمى هذه الظاهرة بـ (الذوبان) حيث ان الذوبان يتضمن عمليتين اولهما فصل آيونات الصوديوم والكلوريد من الهيكل البلوري للمح الطعام ومن ثم بعثرة هذه الآيونات بين جزيئات الماء . ان هذه الخطوة تحتاج الى كمية من الطاقة الحرارية ، والثانية هي احاطة كل آيون من جزيئات الماء ، وتكون هذه العملية عادة مصحوبة بانبعاث طاقة حرارية ، وهذه الطاقة هي التي تسد عادة حاجة الطاقة اللازمة في الحالة الاولى ، فاذا كانت هذه الطاقة المنبثقة في الحالة الثانية تكفي او تزيد على الطاقة الضرورية للحالة الاولى - فيذوب الملح في الماء بسهولة ، اما اذا كانت طاقة الحالة الثانية اقل مما تحتاج لها الحالة الاولى فان الذوبان لا يتم الا بالتسخين . ومن الجدير بالذكر ليس هناك شرط في ان تكون

بلورات المواد الصلبة دائماً أيونية ، فهناك بلورات تشمل على جزيئات منفصلة مثل Al_2Br_6 وهناك بلورات مكونة من سلاسل أو طبقات ، وتكون الأواصر بين هذه السلاسل أو الطبقات آواصر تساهمية . ان عملية الذوبان في معظم الحالات تتضمن كسر الأواصر بين الجزيئات أو السلاسل أو الطبقات . وتتطلب عملية الذوبان في هذه الاحوال ان تكون الطاقة اللازمة لكسر هذه الأواصر وبعثرة الدقائق الناتجة بين جزيئات الماء أقل أو مساوية للطاقة المتحررة نتيجة احاطة الدقائق بجزيئات الماء (١)

لا يظهر الماء الاعتيادي في جميع حالاته خاليا بالمرة من المواد الكيميائية الذائبة او العالقة التي توجد بعد حالات وفق كميتها المذابة :

- ١ - الذوائب الحقيقية وهي مواد ذائبة توجد في اقصى درجة انتشارها في الماء ولذا تسمى أحياناً بالأيونات الجزيئية . ولا يزيد قطر هذه الأيونات على ١٠-٧ من المليمتر (تركيز أيونات الهيدروجين في الماء النقي يساوى ١٠-٧ مولياري)
- ٢ - الذوائب الفروية وهي لا تدخل في التركيب الجزيئي للماء وانما تشكل لها أيونات او جزيئات منفصلة ، لذلك توجد أيوناتها بنسب تتفاوت بين ١٠-١ الى ١٠-٥ من المليمتر ، وتظهر الذوائب الفروائية في المياه الاعتيادية في أغلب الاحيان الا انها بنسب واطئة (١)

- ٣ - ويظهر النوع الثالث على شكل رواسب يزيد قطرها على ١٠-٥ من المليمتر ، حيث ترى هذه الرواسب بالعين المجردة ، ولذا يتصف الماء الذي يحتوي هذه الرواسب بالعكورة . تتكون هذه الرواسب عادة من ذرات ودقائق عضوية ولا عضوية وتتكون الرواسب غير العضوية من الفتات الصخري المجروف وفتات الصخور والتربة على جانبي الانهار وسواحل البحار والمحيطات ، اضافة الى ما يضيفه الهواء من رماد بركاني وغبار . اما البقايا العضوية فتدخل الماء عن طريق بقايا الكائنات الحية من نباتات وحيوانات تنتقل الى المسطحات المائية او تموت فيه . لذلك تعتبر المياه من الناحية الطبيعية أكثر تعقيداً في تركيبها

(١) أرلوف المصدر السابق

(1) Donald W. Wood «Chemical Cycles in the Sea P.P. 74» «Oceanography» Washington 1974

كيميائياً، نظراً لاحتوائها، في الحالة الأخيرة على شوائب عالقة متنوعة إضافة إلى ذلك يحتوي الغلاف الغازي الملامس للمسطحات المائية واليابس على نسب محدودة من بخار الماء الذي يعود بعد تكاثفه إلى سطح الكرة الأرضية على هيئة سقيط (تساقطات)، إلا أن هذه المياه تحتوي على أيونات وغازات مختلفة حتى لو كانت بنسبة واطئة جداً، فمثلاً قد تحتوي هذه المياه على نسبة من الأملاح البحرية أو نسبة من الغبار البركاني أو غبار اليابسة وعلى نسبة من الغازات مثل النتروجين والأكسجين وأوكسيد النتروجين الذي يتكون نتيجة التفريغ الكهربائي بين النتروجين والأكسجين. أما المياه التي تغور إلى أعماق مختلفة من السطح عن طريق الشقوق والفوالق والمسامات فإنها تعود مجدداً إلى المياه السطحية، غير أن تكوينها يختلف عما كانت عليه قبل ولوجها باطن الأرض، إذ أنها قد أذابت بعض الصخور والأملاح القابلة للذوبان، إضافة إلى احتوائها على بعض الغازات الأخرى.

وعلى هذا فتختلف بشكل أو آخر الخصائص الكيميائية لمياه البحار والمحيطات عنها في مياه الأنهار والبحيرات وكذلك المياه الجوفية وحتى مياه الغلاف الغازي. درجة تركيز العناصر الذائبة في المياه يسمى عادة بالملوحة ويقاس عادة لكمية الأملاح الذائبة في اللتر (في الكيلو غرام) وتستخدم عادة النسبة الألفية الكيميائية في مياه البحار والمحيطات تعادل كما أسلفنا ٣٥ في الألف. تحتوي مياه الكرة الأرضية نسبة عالية من العناصر الكيميائية المتحدة الذائبة (الاحلال). يوجد منها حوالي ٤٥ عنصراً كيميائياً في مياه الكرة الأرضية، إلا أن أغلب تلك العناصر الكيميائية. تظهر واطئة جداً حيث لا تؤثر بشكل ملحوظ على تكوين الماء.

توجد العناصر الكيميائية الذائبة في الماء بحالات مختلفة، فتوجد الغازات على هيئة جزيئات ذائبة، بينما أغلب المواد بشكل أيونات، غير أن البعض منها يوجد في حالة أيونات مبسطة مثل الكالسيوم Ca والمغنسيوم Mg والكلور Cl والصوديوم. وقد توجد على هيئة أيونات معقدة مثل الكبريتات SO_4 وبيكربونات HCO_3 والنترات HNO_3 وتظهر بعض العناصر الكيميائية الأخرى على

هيئة غرويات منظورة . وعلى هذا يمكن تصنيف العناصر الذائبة والمنظورة في الماء الى خمسة مجموعات هي :

- ١ - الغازات الذائبة
- ٢ - الايونات الرئيسية
- ٣ - الرواسب المتكونة نتيجة الانشطار العضوي
- ٤ - العناصر المجهرية (الدقيقة)
- ٥ - الرواسب العضوية

تضم المجموعة الاولى الغازات الذائبة وأكثرها شيوعاً الاوكسجين - O_2 وثاني اوكسيد الكربون CO_2 ويوجد النتروجين البسيط بنسبة واطئة تتأثر نوعية وكمية الغازات الذائبة في المياه بعوامل متعددة منها حالة الجو ، وضغط الغازات على المياه السطحية ودرجة الحرارة ثم درجة تركيز الاملاح . ويمكن تحديد علاقة الارتباط بين درجة ذوبان الغازات في الماء وضغط الغازات على سطوح المياه وفقاً لمعادلة هنري دالتون التالية (١) .

حيث أن $C =$ درجة ذوبان الغازات مقاسة في المليغرام / اللتر
 $-K =$ معامل الذوبان ويستخرج عادة من درجة ذوبان الغازات في الماء خلال وحدة ضغط جوية اعتيادية .

$p =$ ضغط الغازات الجزئي حيث تظهر نسبة الغازات في هذا الضغط كالتالي الاوكسجين ٠,٢٠٩٩ ، النتروجين ٠,٧٨٠٤ ثاني اوكسيد الكربون ٠,٠٠٠٣

$$C = 10^4 \text{ KP}$$

تتناقص نسبة الغازات الذائبة في الماء بارتفاع نسبة الاملاح الذائبة وارتفاع درجات الحرارة كما يتضح ذلك من الجدول التالي رقم (١٥) .

يلاحظ من الجدول رقم ١٥ على ان كمية الاوكسجين المذابة في الماء تزيد بمرتين عن قيمة النتروجين المذاب في الماء في الظروف الحرارية المختلفة . ويمكن ان يفسر ذلك بان نسبة الاوكسجين للنتروجين في الضغط الجزئي (ضغط الغازات) يعادل ١ الى ٤ ، الا ان نتيجة نسبته في الماء تعادل ٢ الى ١ . حيث يدخل الاوكسجين الماء من مصدرين هما الهواء الجوي بالاضافة الى نتاج عمليات التركيب الضوئي للنباتات

جدول رقم ١٥ درجة ذوبان الغازات في الماء (مليغرام / اللتر) في حالة ضغط الغازات = ضغط جوي

درجة الحرارة	المواد الذائبة	الكاربون	النروجين
	الاو كسجين		
صفر	٦٩,٥	٣٣٤٧	٢٩,٨
١٠	٥٣,٧	٢٣١٩	٢٤,٢
٢٠	٤٣,٤	١٦٨٩	٢٠,٢

المصدر : دافيدوف المصدر السابق

المائية . بيد ان نسبة الاوكسجين المذاب في الماء قد تنخفض في بعض المياه نتيجة لاستهلاكه من جانب الاحياء المائية ، بطريق التنفس والانشطار الحياتي واكسدة بقايا المواد العضوية ، اضافة الى هروب جزئيات الاوكسجين الى الجو ثانية .

لايزيد متوسط كمية الاوكسجين المذاب في مياه الكرة الارضية على ١٤ مليغرام / اللتر ، غير انه قد يزيد على هذه النسبة في ظروف معينة . ويوجد غاز ثاني اوكسيد الكربون CO_2 على هيئة جزئيات غازية ذائبة في الماء ، حيث يدخل جزء من هذا الغاز بتفاعل تعادلي مكوناً حامض الكربونيك H_2CO_3 . الا ان حالة التعادل هذه تكون متحدة بين $(H_2CO_3 + CO_2)$ ثاني اوكسيد الكربون وحامض الكربونيك في جميع الحالات تقريباً . تختلف نسبة ثاني اوكسيد الكربون المذاب في الماء طبقاً لدرجة ملامسته للاعماق حيث تجري العمليات العضوية الكيميائية المعقدة بتواجد الرواسب العنصرية المختلفة . تنخفض نسبة ثاني اوكسيد الكربون نتيجة لانطلاق جزئياته نحو الغلاف الغازي في حالة تشبع الماء بثاني اوكسيد الكربون واثناء استهلاكه في عملية التركيب الضوئي . يوجد الهيدروجين الذائب بنسب واطئة جداً بالرغم من ان الماء يتكون عادة من $H_2O = H + OH$ غير الهيدروجين الذائب يتكون عادة من انشطار حامض الكربونيك $H_2CO_3 = HCO_3 + H$ ويظهر هذا على

هيئة ايونات ذات خاصية حامضية ، بينما تظهر الايونات الاخرى OH على هيئة ايونات قاعدية . توجد هذه الايونات (الحامضية والقاعدية) بنسب متساوية في المياه الاعتيادية الطبيعية ، وعلى هذا اصبحت المياه الطبيعية مياه متعادلة ، ونتيجة للتفاعلات الطبيعية ، فان درجة تركيز ايونات الهيدروجين في الماء قد تصل الى ١٠-٧ غرام / اللتر الا ان نسبة الهيدروجين المذاب في الماء تقع بحدود ١٠ بالاشارة المعكوسة ولذا تكون مصطلح ما يسمى PH (١) فالمياه ذات التفاعل الكيميائي الطبيعي تكون قيمة PH فيها تساوي ٧ واذا انخفضت قيمة PH الى اقل من سبعة فتكون المياه ذات طبيعة حامضية وبالعكس اذا زادت قيمة PH عن سبعة فتصبح المياه ذات تفاعل قاعدي . ان قيمة PH في اغلب مياه الكرة الارضية الطبيعية تقع بحدود ٦,٥ - ٨,٥ ، اما الايونات الرئيسية المذابة في مياه الكرة الارضية فاغلبها انتشاراً هي ثمانية آيونات اربعة منها ذات شحنات موجبة (كاتيون) والاربعة الاخرى بشحنات سالبة (انيون) وهي (١) .

الايونات الموجبة كاتيون	الايونات السالبة (أنيون)
Na ايون الصوديوم	Cl ايون الكلور
Ca ⁺⁺ ايون الكالسيوم	SO ₄ ايون الكبريتات
Mg ايون المغنسيوم	HCO ₃ ⁻ ايون البيكربونات
K ايون البوتاسيوم	CO ₃ ايون الكاربونات

ان اغلب هذه الايونات انتشاراً هي الكلوريدات Cl والصوديوم Na غير ان اقل الايونات شيوعاً هي الكبريتات اما المجموعة الثانية أغلبها من الانشطارات والترسبات العضوية لحياء مياه البحار والمحيطات وتظهر هذه على هيئة نترات NO₃ ونتريت NO₂ والامونيا NH₄ وحامض الفسفوريك H₃PO₄, HPO₄.

تتكون المجموعة الرابعة نتيجة لترسب الكائنات العضوية وبقاياها في اعماق المياه ، حيث تجري عليها التغيرات الكيميائية بتأثير البكتريا ، غير ان نسبة هذه الشوائب قليلة في المياه الطبيعية اذ تقدر نسبتها باجزاء من الالف او باعشار

(١) = اللوغريتم السالب لتركز ايون الهيدروجين الحر على شكل غرامات في اللتر (PH = v) وهو 1,..... = غرام في ايون الهيدروجين الحر في اللتر الواحد من الماء

(١) مهدي الصحاف الموارد المائية في العراق وصيانتها من التلوث ص ١٧٧ بغداد ١٩٧٦

المليغرام / في اللتر. توجد بقايا الكائنات العضوية أيضاً على هيئة اتحاد بين الحديد والسليكون الا انها توجد بنسب واطئة جداً.

توجد العناصر الكيميائية المجهرية بسبب واطئة في مياه البحار والمحيطات من مثل البروم Br. واليود I. والمنغنيز Mn والنحاس Cu والتيتان -Tc واليود B. والفلور F. والباريوم Ba والنيكل Ni. والليثيوم Li. والكوبالت Co. والراديوم Ra وغيرها. حيث توجد في مياه البحار بنسب واطئة، تقع بحدود جزء من اعشار المليغرام / في اللتر او جزء من الف من المليغرام في اللتر (٢).

وتوجد نسبة من الرواسب العضوية، اضافة الى العناصر اللاعضوية الذائبة او العالقة في مياه البحار والمحيطات، نتيجة لتحول بقايا الكائنات الحية الحيوانية والنباتية من خارج المسطحات المائية او التي تقع في كنفها. تنتقل الرواسب الاولى من التربة والغابات والفضلات الحيوانية التي تنتقل في طريق الانهار والمجاري المائية نحو المسطحات المائية الواسعة، وتتميز تكوينات هذه الرواسب بتعقدها، مما يؤدي الى اخفاء اللون الاصفر على الماء. وقد تنتقل المياه الصناعية التي تحتوي على نسب عالية من الفضلات العضوية واللاعضوية الى البحار والمحيطات مما تزيد في تلوثها وخاصة في الاجزاء الساحلية منها.

الخصائص الطبيعية للماء.