كبيرة من مرتبة 12 إنش تقريبا يمكن الإستغناء عنها عندما لا توجد مواد صلبة بهذه الحجوم.
وهناك المصافي الناعمة تستخدم لإزالة الجزيئات الصغيرة وهذا يقلل من العبء على أحواض التركيد يحمي الانابيب من الانسداد والمضخات من العطب، والأهم من ذلك أن وجود الجزيئات الخشنة يعيق إزالة المواد الصلبة الناعمة بوحدات الترسيب . الجزيئات الصلبة الناعمة التي لا يمكن إزالتها بالمصافي ويتم فصلها بالفلترة.

أساس وسط الفلترة يكافئ المصافي الناعمة و هو يتألف من القماش أو الورق أوفرشة من المواد الصلبة نفسها على وسط الفلترة .الفلترة قلما تستخدم مع الماء الملوث الخام لأنها تحتاج في هذه الحالة إلى عمليات تنظيف متكررة ,و إنما تستخدم في عمليات الترويق النهائية خصوصا عندما لا يسمح ضيق المكان بإستخدام برك الصقل.

**2. عملية المعالجة البيولوجية:** طورت المعالجة البيولوجية أصلا من أجل الصرف الصحي ولكن هذه المعالجة تصلح في كثير من الأحيان لمعالجة المياه الملوثة من الصناعات العضوية مثل الصناعات الغذائية و صناعة الورق و الدباغة و الصناعات النسيجية وغيرها .

المعالجة البيولوجية للماء الملوث يمكن أن تكون هوائية أو لاهوائية ,و كل نوع له سلالاته الخاصة من الكائنات الدقيقة و النتائج النهائية لكل منهما ذات مواصفات تختلف عن النوع الآخر بالرغم من أن الهدف في كلتا الحالتين هو تحويل المكونات العضوية الى نواتج نهائية( غازات وماء و مواد صلبة سهلة الفصل).إن المعالجة البيولوجية الهوائية تتطلب تامين كمية كافية من الاكسجين عبر استخدام النافثات الهوائية من اجل استخدامها بواسطة الكائنات الدقيقة لأكسدة المواد العضوية و تحويلها الى كتلة بيولوجية ومواد بسيطة اخرى . و من الطرق الشائعة للمعالجة البيولوجية نذكر الحمأة المنشطة و الأقراص البيولوجية و المرشحات البيولوجية...الخ.بالنسبة للمعالجة الاهوائية فهي تستخدم عند احتواء المياه الملوثة على تراكيز عالية من المواد العضوية و تتضمن تأمين احواض لاهوائية بحيث تعمل الميكروبات اللاهوائية على تحويل المواد العضوية الى غاز الميثان و الهيدروجين و كبريت الهيدروجين و الامونيا وغاز ثاني اكسيد الكربون و نمو الكتلة البيولوجية. النواتج الغازية ذات روائح كريهة و بعضها قابل للاشتعال لذلك يجب جمعها و التحكم بها.

**3. المعالجة الكيميائية:** ظهرت المعالجة الفيزيائية-الكيميائية المستقلة كمنافس للمعالجة البيولوجية منذ حوالي 1970. إن المعالجة الكيميائية الأكثر انتشارا" هي ضبط PH المياه الملوثة و ذلك لان المياه الملوثة الصناعية لا يسمح بصرفها مباشرة إلى شبكات الصرف الصحي او المياه الطبيعية ما لم يتم تعديلها لقيم وسطية حوالي 7 لتجنب الضرر البيئي.

المياه الملوثة القلوية تعدل باستخدام حامض الكبريتيك مثلا، و المياه الحامضية تعدل باستخدام

كربونات الصوديوم او الكلس وهو الخيار الأرخص كلفة. يجنب استخدام الكلس بالنسبة للمياه الحاوية على الكبريت بسبب تشكل طبقة واقية توقف التفاعل. ان إزالة الأمونيا من الماء باستخدام الهواء او البخار تتطلب قيم PH عالية تؤمن بإضافة الكلس او الصودا الكاوية، كما ان ترسيب معظم المعادن الثقيلة على شكل هيدروكسيدات تتطلب قيم عالية من PH ، وعلى العكس يخفض ال PH بحمض الكبريت عند إزالة الفينول او تحويل السيانيدات الى مركب طيار كما ان قيم PH المنخفضة ضرورية لإرجاع الكرومات في صناعة الطلي الكهربائي.

هناك عمليات متنوعة تستخدم للمعالجة الكيميائية للمياه الملوثة، مثل التخثير الكيميائي و الأكسدة الكيمائية و استخدام الأوزون و الإرجاع الكيميائي(مثل إرجاع الكروم السداسي التكافؤ إلى ثلاثي التكافؤ مما يسهل إزالته). ان اختيار مراحل المعالجة الكيميائية المناسب يعتمد على كمية و نوعية المياه الملوثة و كذلك يعتمد على كلفة المعالجة و المواصفات النهائية المطلوبة للمياه المعالجة قبل إلقائها إلى المستقبلات النهائية. يمكن دمج عدد من تقنيات المعالجة مع بعضها لتحسن مواصفات المياه النهائية المعالجة . كما ان الحصول على مياه نقية اكثر باستخدام تكنولوجيا متقدمة مثل عمليات الفلترة و التناضح العكسي و التبادل ألشاردي سيزيد من كلفة المعالجة الى حد كبير.

## 10.دورة الماء على سطح الأرض : Hydrologic Cycle

الماء الموجود فوق الأرض، بالحركة الدائمة والدوران المستمر. فماء المحيطات والبحار يصعد إلى الهواء، عن طريق عملية التبخر(Evaporation) حيث يُكوِّن السحاب، الذي تدفعه الرياح إلى مناطق الأرض المختلفة، ثم يتكثف ويهطل أمطاراً على الأرض، ومنها يرجع إلى المحيطات مرة أخرى . وتبلغ كمية المياه المتبخرة من الأرض، بفعل حرارة الشمس لتكّون السحاب، حوالي 500 ألف كيلو متر مكعب. ومعظم هذا السحاب المتكوّن، ينشأ من المحيطات عن طريق عملية البخر. كما أن هناك كمية قليلة من السحاب، الذي يتكّون من خلال عملية البخر من الرطوبة ،الموجودة في سطح التربة وعملية النتح (Transpiration) من أوراق النبات،حيث تعرف هاتان العمليتان معاً باسم "البخر - النتح"(Evapotranspiration) . ثم يتكثف هذا السحاب، ليسقط أمطاراً على الأرض. وتسقط معظم هذه الأمطار، مرة أخرى، في المحيطات و البحار، ويتبقى جزء قليل يسقط على اليابس. وبمقارنة كمية ماء الأمطار المتساقطة على اليابس، بالماء الذي تبخر منها عن طريق البخر والنتح، تعد كمية الأمطار أكثر بكثير من تلك التي تصاعدت من اليابسة. إلاّ أن هذه الزيادة ترجع مرة أخرى إلى المحيطات والبحار، عن طريق ظاهرة الجريان السطحي لمياه الأمطار (Runoff)، من خلال المياه الجوفية والأنهار الجارية. ثم تبدأ دورة جديدة للمياه من المحيطات، إلى الهواء، إلى الأرض، ثم إلى المحيط. وهذه الدورة الدائمة لمياه الأرض،

تُسمى دورة الماء (Water Cycle)، أو (Hydrologic Cycle). ونتيجة لهذه الدورة، فإن كمية الماء العذب الموجود على سطح الأرض، هي الكمية نفسها منذ قديم الأزل، وهي الكمية نفسها، التي سوف تظل فوق سطح الأرض. وهذه الكمية يعاد استخدامها مرة بعد مرة

**1-10. مصادر المياه الموجودة على سطح الأرض**

يمكن تقسيم المياه، تبعاً لمصادرها الطبيعية، إلى: ماء المحيطات والبحار.ماء الأمطار.ماء الأنهار.ماء البحيرات. المياه الجوفية. ، وتتناثر فيها هنا وهناك بعض الجزر الكبيرة والصغيرة، لذا سميت الأرض "الكوكب الأزرق". فالمحيطات الثلاثة الرئيسية تتصل بعضها ببعض، ويمتد منها البحار والخلجان. وبين هذه المحيطات والبحار، تناثرت القارات، حيث تقع معظم أراضى هذه القارات، في نصف الكرة الشمالي. فالماء يُغطي ما يقرب من ثلاثة أرباع سطح الكرة الأرضية، بينما يغطي اليابس الربع الباقي، متمثلاً في القارات. وتصل كمية الماء في المحيطات والبحار، التي تغطي معظم مساحة الكرة الأرضية، ما يزيد عن 1.3 مليار كيلو متر مكعب، مقسمة على المحيطات الرئيسية الثلاثة:الهادي، والأطلسي، والهندي، إضافة إلى بقية البحار المالحة. وتتصل مياه المحيطات المختلفة بعضها ببعض، بحيث لا يمكن التفرقة فيزيائياً، بين ماء هذه المحيطات، عند نقطة التقائها. إلاّ أنه يمكن معرفة حدود هذه المحيطات، من خلال عدد من العلامات الجغرافية الثابتة، مثل: خطوط الطول، والجُزُر، والخلجان. ويعدّ المحيط الهادي أكبر المحيطات، من حيث المساحة، وأعمقها. ويقع بين غربي القارتين الأمريكتين، وشرقي قارة آسيا. وتصل مساحته إلى حوالي 180 مليون كيلومتر مربع، ويغطى أكثر من ثلث الكرة الأرضية. ويصل متوسط عمق المحيط الهادي إلى حوالي 3940 متراً، وبه أعمق نقطة في الكرة الأرضية، ممثلة في شق أو أخدود "ماريانا". ويحتوي المحيط الهادي على أكثر من نصف الماء على سطح الأرض، كما يحتوي، كذلك، على حوالي 25 ألف جزيرة، يقع معظمها جنوبي خط الاستواء. وعلى الرغم من اتساع المحيطات والبحار، وما تحويه من ماء، فإن هذا الكم الهائل من المياه، لا يعد سائغاً للشرب، أو للاستخدام الآدمي، لكونه ماء مالحاً. ويبلغ متوسط نسبة الملوحة في معظم مياه البحار والمحيطات، إلى حوالي 3.5%، وفي الخليج العربي إلى حوالي 4.2%، وفي البحر الأحمر إلى 4%، وفي البحر المتوسط تصل إلى حوالي 3.9%. وترتفع نسبة الملوحة، أو تنخفض، في ماء البحر، تبعاً لوجود مصبات أنهار عذبة، في البحر، أو تبعاً لظروف المناخ السائد، في المنطقة. ففي حالة البحر المتوسط، نجد عديد من الأنهار التي تصب فيه، الأمر الذي يؤدي إلى ثبات نسبة الملوحة عند حد معين، وهو 3.9%. أمّا في البحر الأحمر، أو الخليج العربي، فلا توجد مصبات لمياه الأنهار العذبة الرئيسية في هذه البحار، الأمر الذي يؤدى إلى ازدياد نسبة ملوحتها عن البحر الأبيض المتوسط. كما تصل نسبة الملوحة في البحر الميت إلى

27.5%، وهي نسبة ليس لها مثيل في أي من بحار العالم. وقد أدت هذه الزيادة في الملوحة إلى اختفاء معظم الكائنات الحية منه، لذا، أشتقت تسميته من هذه الحقيقة، إذ لا تستطيع معظم الكائنات الحية، مقاومة زيادة نسبة الملوحة، في هذا البحر. وقد سُمي ماء البحر "بالماء المالح"، نظراً لاحتوائه على عدد من الأملاح الذائبة فيه، التي يؤدي ذوبانها إلى ملوحة مياهه. ومن أهم الأملاح في مياه البحار والمحيطات، المسببة للملوحة، ملح الطعام، أو ما يعرف بالاسم الكيميائي "كلوريد الصوديوم". وتصل نسبة ملح الطعام إلى حوالي 75%، من مجموع الأملاح الذائبة في ماء البحر. كما يوجد هناك عدد من الأملاح الأخرى، مثل أملاح كلوريد البوتاسيوم، وسلفات الماغنسيوم، وسلفات البوتاسيوم، وأملاح الكالسيوم، التي تشكل في مجموعها مع ملح الطعام، حوالي 3.5% من ماء البحر أو (35 جزءاً من الألف من ماء البحر). ويعني هذا أنّ لتراً واحداً، من ماء البحر، لو عُرض لعملية التبخير، لأنتج كمية من الملح، تساوي 35 جراماً. كما تحتوي مياه البحر، كذلك، على جميع العناصر الكيميائية المعروفة، نظراً لاستقباله مياه صرف الأنهار العذبة، التي تكون محملة بما تحتويه القشرة الأرضية من عناصر، أثناء تدفقها على سطح الأرض. ومن العناصر، التي يحتويها ماء البحر، عنصرا الذهب والفضة، إلاّ أن استخراجهما من ماء البحر، يتطلب مشقة مضنية، وتكاليف عالية، تزيد كثيراً عن قيمة ما يمكن استخراجه. وقد وجد العلماء، أن 99% من المواد الذائبة في ماء البحر، تتكون بصفة أساسية من ستة مكونات، أكثرها شيوعاً الكلور، ويوجد بنسبة 1.9%، يليه الصوديوم، ويوجد بنسبة 1.06%، ثم الماغنسيوم، ثم الكبريتات، فالكالسيوم، والبوتاسيوم. وعلى الرغم من وجود هذا الكم الهائل من الأملاح الذائبة في ماء البحر، فإن ذلك لا يغير من لون الماء شيئاً. فإذا قارنت بين كوبين، أحدهما يحتوي على ماء عذب، والآخر يحتوي على ماء مالح، من حيث اللون، فلن تجد هناك فرقاً، إذ يحتوي كلاهما على ماء شفاف لا لون له. بيد أن أحدهما يحتوي ملحاً أجاجاً لا يستساغ شربه، والآخر يحتوي عذباً فراتاً سائغاً شرابه. ولكن هناك عددٌ من الخواص الطبيعية، التي تغيرت بوجود هذه الأملاح، منها كثافة الماء. فالماء المالح أثقل من الماء العذب، لذا نجد الطفو فوق الماء المالح، أيسر كثيراً من الطفو فوق الماء العذب. وهذا نتيجة أن السنتيمتر المكعب الواحد من الماء العذب، يزن جراماً واحداً عند درجة حرارة 4°م، (وقد اتخذ هذا المقدار وحدة للأوزان). أمّا السنتيمتر المكعب من الماء المالح، فيزن ما يقرب من 1.026 جرام، عند درجة الحرارة نفسها، نتيجة لوجود عددٍ من الأملاح الذائبة فيه، ويسمى هذا الوزن "الوزن النوعي" للماء المالح. ولا يعتمد وزن الماء على مقدار الملوحة فقط، بل يتأثر، كذلك، بدرجة الحرارة. فقد وجد العلماء أن الماء الدافئ، أخف وزناً من الماء البارد. لذلك تسبب الحرارة الشديدة في المياه الاستوائية تسبب خفة وزن الماء، كما أنها تسبب، في الوقت نفسه، زيادة البخر، مما يزيد من نسبة الملوحة، ومن ثم

زيادة وزن الماء. كما، أن ازدياد برودة الماء في المناطق القطبية، يسبب ازدياد وزنه، ومن ثم هبوطه إلى القاع، مسبباً التيارات المائية القطبية. وفضلاً عن الأملاح، والأيونات، والعناصر الكيميائية، الذائبة في ماء البحر، فإنه يحتوي، كذلك، على عدد من الغازات الذائبة، أهمها غاز الأكسجين، الذي تستخدمه الكائنات البحرية، للتنفس. وتتنفس الكائنات البحرية، كالأسماك، والرخويات، والقشريات، الأُكسجين الذائب في المياه، عن طريق أعضاء تنفسية خاصة، تسمى "الخياشيم"، وهي مماثلة للرئتين في الكائنات البرية، إلاّ أن لها القدرة على استخلاص الأكسجين من الماء. أمّا الكائنات البحرية الثديية، مثل الحيتان، والدلافين، فإنها تتنفس الأكسجين من الهواء الجوي، عن طريق الرئة الموجودة داخل جسمها، حيث تصعد من آن إلى آخر، إلى سطح الماء، للحصول على جرعة من الهواء، وإخراج ناتج التنفس، من غازات محملة بثاني أكسيد الكربون. وتتحكم درجة حرارة الماء، ونسبة ملوحته، في كمية الغازات الذائبة في الماء. فكلما انخفضت درجة حرارة الماء، وملوحته، ازدادت مقدرة الماء على التشبع بالغازات. لذا تزداد نسبة الأكسجين كثيراً، في المياه الباردة، وتقل في المناطق الاستوائية. كما تزداد نسبة الأكسجين في المياه العذبة، عنها في المياه المالحة. وهناك مصدران رئيسيان للأكسجين الذائب في الماء، أحدهما عن طريق الهواء الجوي، لذا تزداد نسبة الأكسجين الذائب، في الماء الملامس للهواء الجوي، وتقل نسبته في المياه العميقة. ويُعد الأكسجين المتصاعد من عملية البناء الضوئي للنباتات البحرية، المصدر الثاني للأكسجين الذائب في الماء. وتمتص النباتات البحرية في هذه العملية، ثاني أكسيد الكربون الذائب في الماء ـ في وجود أشعة الشمس والكلوروفيل ـ وتكوّن مركبات عضوية، يستفيد منها النبات، ويُخرج في المقابل الأكسجين. ويُعَدّ ثاني أكسيد الكربون، من الغازات المهمة الذائبة في الماء. وتكمن أهميته في دخوله في بناء أجسام النباتات وتكوينها. إذ تستخدمه النباتات في عملية البناء الضوئي، لتصنيع غذائها. وتعد الأنشطة الحيوية في الماء، من تنفس للكائنات الحية، وتحلل لأجسامها، المصدر الرئيسي لغاز ثاني أكسيد الكربون. ترتبط درجة حرارة الماء بدرجة حرارة الجو؛ فترتفع درجة حرارة المياه في المناطق الاستوائية، وتقل بدرجة كبيرة في المناطق القطبية. وقد ترتفع درجة حرارة المياه ارتفاعاً شديداً، حتى تصل في بعض الأحيان إلى 36 ْم، كما يحدث في مياه الخليج العربي. وقد تنخفض، في المناطق القطبية، لتصل في بعض الأحيان، إلى أقل من الصفر المئوي، بدرجة أو درجتين. ويُعد هذا التباين في درجات حرارة الماء نعمة من الله، إذ تتباين الكائنات الحية المائية، في درجة الحرارة المثلى المناسبة لوجودها وحياتها، ما بين كائنات حية تفضل المياه الباردة، وكائنات تعيش في المياه المعتدلة، وأخرى تقطن المياه الحارة.وتغير درجة حرارة الماء تبعاً لحرارة الجو، ليس مطلقاً، كما أنه لا يشمل كل طبقات الماء في آن واحد. فطبقة الماء السطحية تكتسب حرارة الشمس، ثم تفقدها ببطء شديد. لذا، تكون درجة حرارة الماء

في الشتاء، أدفأ من درجة حرارة الهواء الجوي. كما تتسرب درجة الحرارة من الطبقات السطحية، إلى الطبقات العميقة ببطء شديد، لذا تكون درجة حرارة طبقات المياه العميقة، أبرد من طبقات المياه السطحية. وبينما تقل درجة حرارة الماء، كلما ازداد عُمقه، فإن ضغطه يزداد، كلما أوغلنا في العمق. فكل عشرة أمتار عمق في الماء، يقابلها زيادة ضغط الماء، بما يعادل واحد ضغط جوي (14 رطلاً/ بوصة مربعة). لذلك يكون ضغط الماء شديداً للغاية، عند أعماق المحيطات، حيث يصل في بعض الأحيان لما يعادل ثلاثة أطنان/ البوصة المربعة. إن الكميات الهائلة من المياه، التي تملأ المحيطات والبحار، ليست ساكنة أو راكدة، بل هي في حركة دائمة ومنتظمة. قد تكون هذه الحركة هادئة تارة، فيصبح الماء مثل البساط المتموج، وقد تزداد هذه الحركة، تارة أخرى، فتأخذ شكل الأعاصير، أو الأمواج المدمرة، أو الدوامات البحرية المميتة. ويتحكم في هذه الحركة عوامل عديدة، منها حركة الأرض حول نفسها، وتأثير أشعة الشمس، والتسخين غير المنتظم للماء، وبرودة المياه عند القطبين، وحركات المد والجزر، والبراكين، والزلازل. واما مياه الأمطار فقد استخدمها الإنسان منذ القدم كمصدراً رئيسياً، من مصادر المياه العذبة. وظل دائم الترقب لهطولها، لارتباطها بنمو الحياة، وازدهارها. ويُعد ماء الأمطار من أنقى أنواع المياه، وأقلها احتواء على الشوائب في الطبيعة. ولكن مع ازدياد التمدّن وما صاحبه من تلوث الهواء، خصوصاً في المدن الصناعية، أصبحت الأمطار مصدراً للمياه الملوثة. ومن ضمن صور تلوث الأمطار ما يعرف بـ "الأمطار الحمضية" (Acid Rain). وتعد الأمطار الحمضية من المشاكل المؤرقة لكثير من بلدان أوروبا وشمال أمريكا، إذ تحتوي على نسبة عالية من حمضي الكبريتيك، والنيتريك، الناتجين عن تفاعل أكاسيد الكبريت والنيتروجين، مع قطرات المطر .ويبدأ تكوّن الأمطار من بخار الماء، الناتج من عمليات البخر، في المحيطات والبحار والأنهار والبحيرات، حيث تتأثر أسطح المياه بأشعة الشمس، وتكتسب منها طاقة تقدر بحوالي 99% من قيمة الطاقة التي تكتسبها المياه. وتعمل هذه الطاقة على تدفئة المياه، ومن ثم تحول بعضها إلى بخار يتصاعد، ويتجمع في سحب، تُكوِّن حوالي 85% من السحب والرطوبة الجوية. والجزء المتبقي من السحب والرطوبة الجوية، فمعظمه من نواتج عملية النتح (Transpiration)، التي تحدث في النباتات والغابات والحقول. فشجرة القضبان (Birch Tree) مثلاً، تُعطي حوالي 260 لتراً من المياه يومياً، على هيئة بخار ماء، ويُعطي حقل الذرة حوالي 37 متراً مكعباً من الماء لكل هكتار في اليوم . ويرتفع بخار الماء إلى طبقات الجو العليا مكوناً السّحب. ومع ارتفاع بخار الماء الموجود في السحب، تبرد درجة حرارته، إذ تنخفض درجة حرارة الهواء المُحمّل بالبخار بمعدل 6 ْم/كم ارتفاع، فضلاً عن تمدد البخار، وزيادة حجمه، نتيجة وجوده عند ضغط منخفض، الأمر الذي يسبب انخفاضاً إضافياً في درجة حرارته، وفقاً لقوانين تمدد الغازات، حتى تصل درجة الحرارة

إلى درجة أقل من درجة الندى (Point Dew) أو درجة التشبّع. عندئذ يبدأ بخار الماء في التكثف. ويتكاثف بخار الماء، الموجود في هذه السحب، حول حبيبات دقيقة من الأتربة والأملاح التي تثيرها الرياح، مكوناً قطرات صغيرة من الماء، تسقط على هيئة أمطار. وقد تتكون هذه الأمطار في مناطق باردة، فتتحول قطرات المطر أثناء هطولها، إلى قطرات من الثلج أو البرد. وتُقدر كمية المياه المتبخرة، من المسطحات المائية في المحيطات والبحار، بحوالي ألف مليون طن. فضلاً عن عدة ملايين أخرى، من الأطنان المتبخرة من مسطحات المياه العذبة. ولو هطلت كل هذه الكمية على هيئة أمطار، فوق الأرض، مرة واحدة، لأغرقتها. ولكن ينزل المطر بقدر، وفي أوقات معلومة، ومناطق متعددة، كما يسقط معظمه في المحيطات والبحار ويعتمد سقوط الأمطار على عدة عوامل، أهمها:

**1- الرطوبة الجوية:** وهي كمية بخار الماء في الهواء الجوي، ويُعبّر عنها بالعديد من المصطلحات العلمية، مثل:الرطوبة المطلقة: وهي كتلة بخار الماء في حجم من الهواء.والرطوبة النوعية: وهي كتلة بخار الماء في كتلة من الهواء. الرطوبة النسبية: وهي النسبة المئوية، بين كمية بخار الماء في الهواء في حيز معين، وكمية بخار الماء اللازمة لتشبع الهواء ببخار الماء، عند درجتَي الحرارة، والضغط نفسيهما.

**2- درجة الحرارة:** تزداد كمية بخار الماء التي يحملها الهواء الجوي، بازدياد درجة الحرارة، حتى يبلغ الهواء درجة التشبع، التي لا يستطيع بعدها، حمل أي زيادة من بخار الماء.

و أما السحاب، ففي حقيقته، ما هو إلاّ مجموعة من قطرات الماء، المتناهية في الصغر، إذ تصل أقطارها إلى حوالي 10 ميكرون. ويحتوي السنتيمتر المربع منها، على حوالي 100 قطرة. وتحمل الرياح السّحب من مكان إلى آخر، حتى تسوقه إلى المكان المقدر هبوط المطر فيه، فتنخفض درجة حرارته إلى أقل من درجة التشبع، أو الندى، فيسقط المطر. وهكذا تنتقل المياه، التي تبخرت من البحار والمحيطات، إلى أماكن أخرى فوق اليابس. والسحب أنواع، منها ما هو منخفض قريب من سطح الأرض، لم يصل بعد إلى حد التشبع، ومنها ما هو بعيد، ووصل إلى حد التشبع. وأهم أنواعها: الطخاء أو الطخاف أو السمحاق وهي سحب رقيقة، تتكون على ارتفاع من 6 - 12 كم. ويظهر السمحاق على شكل خيوط بيضاء رقيقة، ممتدة في السماء .

وتُقسّم الأمطار، حسب طريقة سقوطها، إلى نوعين: أمطار طبيعية و أمطار اصطناعية

**11- الأمطار الطبيعية:Natural Rain**

وتحدث عند ارتفاع الهواء المحمل بالبخار إلى طبقات الجو العليا، حيث تتكون السّحب ويزداد حجم هذه السحب بازدياد الارتفاع، ثم تبدأ نويات الثلج الصغيرة في التكون، حول ذرات الغبار والأتربة الدقيقة أقل من 0.1 ميكرون. وتبدأ جُزيئات بخار الماء في التكثف، حول تلك النويات

الصغيرة. ويزداد حجمها ووزنها حتى تصل إلى حوالي (0.2 - 0.5 ملم). ويعجز الهواء عن حمل هذا الحجم من القطرات، ومن ثم تبدأ في السقوط بفعل الجاذبية على شكل قطرات من الماء. وفي كثير من الأحيان، تتبخر هذه القطرات، قبل وصولها إلى سطح الأرض. فقد وجد العلماء أن قطرة الماء، التي يبلغ قطرها 0.1 ملم، يمكنها قطع حوالي ثلاثة أمتار، أثناء هبوطها في هواء تبلغ رطوبته النسبية 90%، قبل تبخرها، بينما يمكن لقطرة الماء، التي يبلغ قطرها 0.5 ملم، أن تقطع 1980 متراً، قبل أن تتبخر. وتُقسّم الأمطار، تبعاً لكميتها وحجم قطراتها المتساقطة، إلى:

- رذاذ: الأمطار التي تكون قطر قطراتها أقل من 5 ملم، ويصل معدل الكمية المتساقطة إلى 1 ملم/ ساعة.
- أمطار خفيفة: وفيها يزيد قطر القطرات المتساقطة عن 5 ملم، ويصل معدل كميتها المتساقطة إلى حوالي 2.5 ملم/ ساعة
- أمطار شديدة: وفيها يزيد قطر القطرات المتساقطة عن 5 ملم، ويزيد معدل الكمية المتساقطة عن 7.6 ملم/ ساعة.

**12- الأمطار الاصطناعية: Rain Making**

في كثير من الأحيان، تمر السّحب على كثير من الأراضي الجدباء، دون أن تمطر، على الرغم من الحاجة الماسة لهذه الأراضي، لقطرة واحدة من الماء. وقد دعت هذه الحاجة الإنسان إلى التفكير جدياً في استمطار السّحب، عن طريق المطر الاصطناعي. وتعود فكرة استمطار السحب، إلى العالم الألماني فنديسن (Findeisen)، عام 1938، حينما رأي إمكانية مساهمة نويات الثلج المضافة للسحب، في إسقاط المطر. غير أن هذه الطريقة، لم تطبق من الناحية العملية، إلاّ في عام 1946، حينما أجرى العالم الأمريكي شيفر (Scheefer)، أول تجربة حقلية للمطر الاصطناعي، عن طريق رش حوالي 1.5 كيلو جرام من الثلج المجروش، عند درجة حرارة 20˚م، في سحب مارة، فبدأ المطر والثلج في التساقط لمسافة 610متر، قبل التبخر والتبدد في الهواء. وبعد ذلك، بدأ الاهتمام بطرق استمطار السحب بالطرق الاصطناعية، فأصبحت هناك أكثر من طريقة لاستمطار المطر، منها: رش السحب الركامية المارة برذاذ الماء، بواسطة الطائرات، للمساعدة على تشبع الهواء، وسرعة تكثف بخار الماء، لإسقاط المطر. إلاّ أن هذه الطريقة تحتاج إلى كميات كبيرة من الماء. استخدام الطائرات في رش السحب المارة ببلورات من الثلج الجاف، المكون من ثاني أكسيد الكربون المتجمد، للمساعدة على تكثف قطرات البخار رش مسحوق أيوديد الفضة، بواسطة الطائرات، للعمل كنويات صلبة، لتجميع جزيئات بخار الماء، وتكثيفها حوله، وسقوطها على هيئة أمطار. وعلى الرغم من تزايد الاهتمام بعملية المطر الاصطناعي، إلاّ أنها لا تزال طور البحث، ولم تخرج إلى حيز التنفيذ العملي، إذ تُعد غير اقتصادية، ومكلفة.

و اما مياه الأنهار وبعد ان تبخرت مياه البحار والمحيطات، وارتفعت في السماء مكونة السحب، وساقت الرياح هذه السحب إلى أماكن سقوط الأمطار، تكثفت قطرات البخار، وبدأت الأمطار في الهطول. جزء من هذه الأمطار ارتوت منه الأرض والنبات، وجزء سلك طريقه إلى باطن الأرض، إلى مخازن المياه الجوفية. وأمّا الجزء الأخير فسقط على الجبال والمرتفعات، ثم سلك سبلاً في فجاج الأرض. وكونت هذه السّبل شعباً، ثم تجمعت في روافد، وبدأت الروافد في تكوين نهير، ثم تجمعت النهيرات لتكون أنهاراً تجري في الأرض، حيث تعد مياه الأنهار من أهم مصادر المياه العذبة في العالم. وقد استطاع العلم الحديث، تحديد كمية المياه الجوفية العذبة في العالم، وتقدير كمياتها، التي تعد أكبر بكثير، من تلك المتوافرة فوق سطح الأرض. فالمياه الجوفية تمثل ما يقرب من 98%، من مجموع المياه العذبة في العالم، إذا ما استثنيا الجبال الجليدية، بينما لا تزيد المياه العذبة، الممثلة في الأنهار والبحيرات العذبة والجداول والسحب الموجودة في الغلاف الجوي، عن 2%. كما تمثل المياه الجوفية، أيضاً، ما يقرب من 0.6% من مجموع المياه الموجودة على الكرة الأرضية، متضمنة مياهاً عذبة وأخرى مالحة.

تُعدّ ينابيع المياه المعدنية، مثل مياه الآبار العذبة في التكون والنشأة والمواصفات. فنتيجة مرور مياه الأمطار، أو مصادر هذه المياه، من خلال مسام التربة، تُرشّح لها مما تحويه من شوائب وعوالق بيولوجية، وغير بيولوجية. كما أنها أثناء مرورها في طبقات التربة تُذيب العديد من الأملاح والعناصر الموجودة في التربة، مما يكسبها محتوى غير قليل من هذه الأملاح. لذا، يطلق عليها في بعض الأحيان "المياه المعدنية". وفي كثير من الأحيان استُغلت هذه المياه، الاستغلال التجاري الأمثل، فحللت بعض الشركات هذه المياه، لمعرفة محتواها الكيميائي والبكتيري، ثم أعدّت الدعاية اللازمة لها، وعبأتها في زجاجات وباعتها. وقد أُنتجت أول زجاجة مياه معدنية في فرنسا عام 1968م، وكانت معبأة، آنذاك، في زجاجة بلاستيكية. و أما المياه العلاجية "المياه الشافية" فمنذ قديم الأزل عرفت الإنسانية بعض الصفات الشافية للماء.ولكن من الصعوبة تحديد متى بدأ الإنسان ارتياد هذه المياه، ومتى اكتشف القدرة الشفائية لبعض العيون. فمنذ العصر الحجري الحديث، ومنذ حوالي أكثر من 4 آلاف عام، أخذ الناس في الذهاب إلى بعض ينابيع المياه، والاغتسال بها، معتقدين قدرة تلك المياه على تخفيف آلامهم وسرعة التئام جراحهم.

واعتمدت معرفة خصائص المياه الشافية قديماً، على قوة الملاحظة والخبرة الجيدة. ثم انتقلت تلك المعرفة، من جيل إلى الجيل الذي يليه. وقد أوضحت الدراسات العلمية الحديثة، أن تلك المياه تختلف عن مثيلاتها في المحتوى الكيميائي والمعدني، إلاّ أن تلك الدراسات لم توضح بعد، كيف اختلفت مكونات هذه المياه عن مثيلاتها. ويعتقد البعض أن هذه المياه، التي لها صفات علاجية، قد تكوّنت مثل أي مياه جوفية، حيث بدأت كمطر أو جليد أو ندى أو نهر، ثم تسربت هذه المياه إلى

باطن الأرض. وكلما زاد طول جريان الماء وتسربه خلال باطن الأرض، زادت نسبة المعادن والأملاح، التي تذوب فيه. فعلى سبيل المثال، عين المياه العلاجية في كارلوفي فاري Karlovy Vary، في جمهورية التشيك، تقذف إلى سطح الأرض سنوياً ما يقرب من 10 طن من سلفات الصوديوم، و12.5 طناً من فلوريد الكالسيوم. غير أن معرفة الرحلة، التي استغرقتها قطرة الماء منذ نشأتها حتى تتفجر من خلال هذه العيون، يعد من الصعوبة بمكان، حيث يتطلب ذلك تصوير مجرى تلك القطرة في باطن الأرض، بأشعة إكس "الأشعة السينية". ومؤخراً عُرِّف طول الرحلة، التي استغرقتها المياه في رحلتها تحت الأرض، في بعض ينابيع المياه العلاجية في سويسرا، باستخدام العنصر المشع الطبيعي (والأرجون ـ 39)، وقد استغرقت هذه الرحلة، ما يقرب من عشرة آلاف سنة تحت سطح الأرض، قبل تدفقها من هذه العين العلاجية. ويُعتقد أن هذه المياه تسربت إلى باطن الأرض، في صورة أمطار أو ثلوج ذائبة، في العصر الجليدي الأخير، حينما كانت أوروبا مغطاة جزئياً بالجليد. كما بيّنت الأبحاث، التي أُجريت باستخدام الهيدروجين المشع "التريتيوم"، أن هذه المياه قد تسربت إلى باطن الأرض في درجة حرارة تقترب من نقطة التجمد. ولا تُعدّ مياه هذا الينبوع من أقدم مياه الينابيع في العالم، فهناك مياه ينابيع علاجية، تضرب جذورها في أعماق التاريخ. وكل مياه ينبوع لها تاريخها الخاص، ومميزاتها ومكوناتها المعدنية، التي تختلف وتتباين عن غيرها مثل بصمة الإنسان. فبعض هذه المياه تكونت منذ زمن بعيد، أثناء تكون كوكب الأرض، حينما تمكنت كميات من مياه الأنهار والبحار والأمطار المتدفقة، آنذاك، من التسرب إلى باطن الأرض. وبقيت منذ ذلك الحين، وتشبعت بالأملاح المعدنية، والعناصر الكيميائية، مثل تلك المياه المالحة، التي تغذي ينابيع المياه المالحة Battaglia بالقرب من Padova في إيطاليا. وتلك التي توجد فيGmunden، في النمسا، حيث يقدر عمر هذه المياه، بحوالي 250 مليون عام. وعلى الرغم من تقدم الطب الحديث، فهو لا يستطيع تجاهل التأثيرات العلاجية لهذه المياه، التي جرت ملاحظتها منذ قديم الأزل. فيحكي التاريخ عن هيبوقراط أبو الطب، الذي مارس الطب قبل الميلاد، عن وصفه حمّامات الشفاء، بأنها جزء من العلاج. وقد انتشرت حمّامات العلاج في أوروبا في العصور الوسطى، بين الفقراء، الذين ليس لديهم القدرة على دفع نفقات العلاج، غير أنها بدأت

**خواص وخصائص الماء الطبيعية**

الماء هو العامود الفقري للحياة وهو كيميائي مركب ($H_2O$) لا يوجد في الطبيعة بشكله الكيميائي النقي و ويحتوي على شوائب مختلفة أهمها الأملاح الذائبة فيه ويعتبر ماء المطر أنقى أشكال المياه

الطبيعية و لكنه لا يخلو من الشوائب. والماء هو أكثر المواد وجوداً على الأرض، حيث يغطى حوالي 75% من الكرة الأرضية. فالماء يوجد في المحيطات والبحار والأنهار والهواء وفي باطن الأرض. وبدون الماء لا توجد حياة فالماء يدخل في تركيب كل كائن حي وتصل نسبة الماء في جسم الإنسان إلى حوالي 70%، يعتمد الإنسان على الماء في حياته كلها.وتزداد حاجة الإنسان إلى الماء كل يوم. ان كمية الماء الموجودة الآن على سطح الكرة الأرضية هي الكمية نفسها التي وجدت منذ نشأة الأرض. وقد عمل الماء على تشكيل معالم الأرض وتغيير تضاريسها. فالأمطار المتساقطة تأثر على الصخور بشدة، مكونة مجاري الأنهار وترسب ما تحمله من رواسب وطمي. ويغطى الماء معظمها، فإن أكثر هذا الماء مالح وغير صالح للشرب والجزء المتبقي الضئيل ماء عذب أكثره محصور تحت الأرض كمياه جوفية أو متجمد في القطبين كجبال جليدية. والجزء اليسير المتبقي يملأ الأنهار والبحيرات العذبة. والماء الموجود على سطح الأرض في حركة مستمرة.

فقطرة الماء التي نستخدمها تجد طريقها في نهاية إلى البحار والمحيطات حيث تتبخر بفعل طاقة الشمس لتسقط على الأرض من جديد في دورة مستمرة لا تنتهي.وعلى الرغم من قلة المياه العذبة المتاحة وتضاعف الحاجة إلى الماء العذب فإن هذا القليل من الماء العذب، لا يزال يكفي هذه الحاجات، لو أُحسِنَ استخدامه. فإن توزيع الماء العذب غير متساوٍ على سطح الكرة الأرضية. فهناك بعض المناطق فقيرة في مصادر المياه وبعضها الآخر غنية بالمياه. والأمطار حين تسقط على الأرض لا تسقط بالتساوي، فبعض المناطق صحراء جدباء، وبعضها تسقط عليه الأمطار أنهاراً وسيولاً.وهناك مناطق تعاني من نقص المياه لا من قلة وإنما لسوء استخدام مصادره. فالإنسان يقذف بمخلفاته ونفاياته الصناعية في الأنهار، ويلوثها، فتصبح غير صالحة للاستخدام. حينئذ يبدأ الإنسان في البحث عن مصدر جديد للمياه النقية و تعاني بعض المناطق من نقص المياه نتيجة عدم استخدامه

**1-10- طبيعة الماء الموجود على سطح الأرض**

على الرغم من كبر المساحة التي يغطيها الماء من سطح الكرة الأرضية إلاّ أن الحجم الفعلي للماء مقارنة بحجم الكرة الأرضية ويشكل ماء المحيطات حوالي 96% من حجم الماء الموجود على سطح الأرض، إلاّ أن هذا الماء مالح ولا يصلح للاستخدام البشري نتيجة ذوبان العديد من الأملاح فيه. أمّا كمية الماء العذب الصالح للاستهلاك البشري فلا تتجاوز 0.3% من الماء الموجود في الكرة الأرضية و يوجد أربعة أخماس هذه القيمة في القطبين المتجمدين الشمالي و الجنوبي. ويتضمن هذا الماء ماء البحيرات والأنهار والمياه الجوفية الموجودة في الأرض. ويدخل في هذا حساب كمية الماء العذب الموجود على هيئة بخار ماء في الغلاف الجوي الذي سوف يتحول في

النهاية إلى أمطار والرطوبة الموجودة في تربة الأرض السطحية. وتمثل الجبال القطبية غالبية الماء العذب الموجود على سطح الكرة الأرضية، حيث تصل نسبتها إلى حوالي 2،2% من إجمالي كمية المياه في الأرض ممثلة ما يزيد عن ثلاثة أرباع مخزون الماء العذب في العالم.

أما المياه الجوفية فإن نسبتها تصل إلى حوالي 0.6% من كمية الماء الموجود في الأرض، وهي إما أن تكون قريبة من سطح الأرض فتكون عذبة و أما أن تكون على أعماق سحيقة فنجد في مياهها نسبة عالية من الأملاح و التي ذابت فيها أثناء رحلتها الطويلة إلى باطن الأرض.

**10-2- تركيب وخصائص الماء الكيميائية**

لا يُعدّ الماء فقط أكثر المواد وجوداً على الأرض و أكثرها غرابة، إذ لا تستطيع مادة على سطح الأرض أن تحل محل الماء أو تقوم بدوره و كما لا توجد أي مادة معروفة لها خصائص مشابهة للماء. فالماء هو استثناء لكثير من قوانين الطبيعة وذلك لخصائصه الفريدة الضرورية للحياة.

ويتكون الماء من أجسام متناهية الصغر وهي جزيئات الماء وقطرة الماء الواحدة تحتوي على الملايين من هذه الجزيئات . ويحتوي جزئ الماء الواحد على ثلاثة ذرات مرتبطة ببعضها، ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين. والهيدروجين هو أخف عناصر الكون وأكثرها وجوداً به حيث تصل نسبته إلى أكثر من 90%، وهو غاز قابل للاشتعال. والرقم الذرى للهيدروجين هو 1 ووزنه الذرى 1.008 كما يوجد الهيدروجين في الفراغ الفسيح بين المجرات والنجوم بنسبة ضئيلة و أما عنصر الأكسجين فهو ثالث أكثر العناصر وجوداً في الكون حيث يوجد بنسبة 0.05% وهو غاز نشط يساعد على الاشتعال ورقمه الذرى 8 ووزنه 16 ، كما يُكَوِّن الأكسجين حوالي 21.0% من الهواء الجوى الجاف وهو ضروري لتنفس الكائنات الحية ويدخل في التركيب العضوي لجميع الأحياء مع الهيدروجين والكربون. وعلى الرغم من أن الهيدروجين غاز مشتعل والأكسجين غاز يساعد على الاشتعال إلاّ أنه عند اتحاد ذرتي هيدروجين مع ذرة أكسجين ينتج الماء الذي يطفئ النار. والماء النقي لا يحتوي على الأكسجين والهيدروجين فقط، بل يحتوي على مواد أخرى ذائبة ولكن بنسب صغيرة جدا والماء يحتوي على عديد من العناصر الذائبة وأكثرهما الهيدروجين والأكسجين. والماء النقي سائل عديم اللون والرائحة، وهذا للماء المالح والماء العذب. إلاّ أن طعمه يختلف في الماء العذب عنه في الماء المالح. فبينما يكون الماء العذب عديم الطعم فإن الماء المالح يكتسب طعماً مالحاً نتيجة ذوبان الأملاح به.

**10-3- مكونات الماء**

يتكون جزيء الماء من اتحاد الهيدروجين بالأكسجين برابطة تساهمية فكل ذرة هيدروجين تحتاج إلى إلكترون إضافي في مدارها الخارجي لتصبح ثابتة كيميائياً. وكل ذرة أكسجين تحتاج إلى إلكترونين إضافيين في مدارها الخارجي لتصبح ثابتة كيميائياً. و نجد في جزئ الماء ذرتين من