[١] الباب الأول :

الماء Water

[١ ـ ١] الماء فى الطبيعة ، أهميته فى حياة الإنسان والحيوان والنبات :

يوجد **الماء** فى الطبيعة فى صوره الفيزيائية الثلاثة فهو يوجد فى الصورة الصلبة ــ الثلج ــ وفى الصورة السائلة ــ الماء ــ وفى الصورة الغازية ــ بخار الماء steam .

والماء هو أكثر المواد انتشاراً على سطح الأرض وفى أعماق الأرض وقد يوجد حراً (منفصلاً) أو مرتبطاً مع مواد أخرى .

وتغطى البحار حوالى ٧٠٪ من مساحة سطح الكرة الأرضية ، وقد يصل عمق المياه إلى عدة كيلومترات .

ولا يتوفر الماء علمياً بصورة نقية تماماً فى الطبيعة .

وتقدر كتلة المياه بالبحار والمحيطات والأنهار وفى المياه الجوفية بحوالى ١١,٥ × ١٢١٠ مليون طن ، حيث يوجد حوالى ٢,١٥٪ من هذه الكمية على شكل ثلوج فى المناطق القطبية من الكرة الأرضية . ويغطى الجليد جزءاً كبيراً من سطح الكرة الأرضية فهو يشغل حوالى ١١٪ من سطح اليابسة ؟ حوالى ٧٪ من سطح البحار والمحيطات وتبلغ نسبة بخار الماء فى الجو ، حوالى ٠,٠٠١٪ ، وهذه النسبة (الضئيلة) تبلغ حوالى مليون مليار طن مياه .

وتحتوى مياه المحيطات على مواد فى حالة أيونية أو جزيئية أو غدوية . كما وتوجد فيها دقائق مُعلقة أيضاً ويعود الجزء الأكبر من المواد المذابة فى مياه المحيطات إلى **الأملاح**، والغازات التى يتصدرها الأكسجين والنيتروجين من حيث الكمية .

ويصل الأوكسجين إلى مياه المحيطات من الجو وهو يستهلك فى أعماقها أثناء تنفس الكائنات الحية والنباتات وعند تحلل المواد العضوية بالمياه بواسطة البكتريا والجراثيم .

وتكون كمية الأوكسجين أكبر ما يمكن فى الطبقة السطحية من مياه المحيط .

ويأتى النيتروجين الموجود فى مياه المحيطات من الجو كذلك .

ويتوفر ثانى أوكسيد الكربون فى مياه المحيطات أيضاً وهو يتفاعل مع الماء مكوناً سلسلة من الأحماض الكربونية وتختل هذه السلسلة بسهولة لأنها تتوقف على نسبة CO_2 فى الجو وعلى درجة الحرارة وعلى شدة العمليات البيولوجية الجارية فى الماء .

ولهذا ؛ نعبر عن نسبة ثانى أوكسيد الكربون فى مياه البحار بالمجموع العام لتركيز الأحماض الكربونية .

ومياه البحار لها طعم مميز ، مالح ومُر ، ويتبقى بعد تبخره مزيج ملحى يكون كلوريد الصوديوم منه حوالى ٧٨٪ وهو الذى يعطى مياه البحر الطعم المالح ؛ كما توجد فيه بكميات كبيرة أيضاً أملاح المغنسيوم وهى التى تعطيه الطعم المُر .

وتحتوى مياه الأمطار عادة على كمية قليلة من الأملاح والغازات والشوائب الأخرى .

إلا أن نسبة الأملاح فى الأمطار المتساقطة فى المناطق القريبة من البحار والمحيطات تكون أعلى منها فى المناطق الأخرى .

وتصل إلى التربة مع الأمطار الساقطة عليها كمية كبيرة من المعادن ، حيث تسقط مع الأمطار على كل كيلومتر مربع واحد من سطح الكرة الأرضية كمية من المركبات المحتوية على نتروجين بمتوسط حوالى ٧٠ كجم من النتروجين كل عام .

ويعتبر الماء واحداً من أهم المركبات فى الطبيعة قاطبة وهو يلعب دوراً هاماً فى حياة النباتات والحيوانات والإنسان .

وتؤكد النظريات العلمية الحديثة ، بأن نشأة الحياة على الأرض مرتبطة بمياه المحيطات .

ويقوم الماء فى كل جسم حى بدور الوسيط الذى تجرى فيه العمليات الكيميائية التى تؤمن النشاط الحيوى للجسم ، كما ويساهم الماء إضافة لذلك فى كثير من التفاعلات الكيميائية ، البيولوجية .

ويحتوى جسم الإنسان على حوالى ٦٥٪ من الماء .

ولا يستطيع الإنسان أن يعيش بلا ماء لأكثر من أربعة أيام وهنالك بعض الأطعمة الأساسية يكون الماء فيها أهم عنصر مثل الألبان .

وهنالك بعض المواد مثل الورق والصابون ، تكون عديمة القيمة ، إذا لم يتم نزع الماء منها وتجفيفها (de hydrated) ، كما وأن الأغذية التى يتم إزالة الماء منها ، يجب غمرها فى الماء قبل أكلها .

ويستخدم الماء فى الصناعة فى عمليات كثيرة وفى التسخين وفى التبريد وككاشف reagent وكمذيب Solvent .

ويتم إعادة تشغيل جزء من المياه الداخلة فى عمليات التصنيع بنسبة حوالى **٢٥٪ إلا أن معظم الكمية يتم طردها إلى الجو إلى مياه البحار والأنهار بنسبة ٧٥٪ .**

وتمثل البحار المصب الأعظم لكل المياه ، سواء كان هذا الماء ملوثاً أم غير ملوث ، ومن البحار تبدأ دورة المياه ، حيث تسقط الأمطار على الأرض فتهب الحياة لكل من عليها .

[١ ـ ٢] مصادر المياه *Sources of Water* :

تُعتبر دورة الماء فى الطبيعة ، أحد أهم دورات المواد فى الطبيعة وتتم هذه الدورة بانتظام وبإحكام مُتقن منذ ملايين السنين ، فسبحان الله خالق كل شىء بإحكام .

حيث يتبخر الماء من البحار والأنهار والبحيرات ويرتفع فى الهواء الجوى وعند انخفاض درجة حرارة الهواء بدرجة كافية فإن الماء المُتبخر يكون سُحباً .

ويحمل الهواء ، السحب إلى أن تسقط المياه من هذه السُحب .

وتنساب بعض الأمطار الساقطة على الأرض فى صورة جداول وأنهار **وبحيرات طبيعية أو إلى خزانات صناعية .**

ويؤخذ الماء للأغراض المختلفة من الأنهار **(النظيفة)**، البحيرات والخزانات الصناعية .

والبعض الآخر من الأمطار ينساب عبر الأرض حيث تمر بعد سقوطها على صخور ذات تركيبات كيماوية مختلفة إلى أن تصل إلى طبقات من الصخور غير منفذة لها

impermeable or water sealing layers

مثل الصخور الطفلية أو الصلصالية Clay .

حيث لا يمكن للمياه أن تنفذ عبرها ، حيث يضطر الماء إلى الانسياب أفقياً عبر طبقات الأرض .

ويُعرف مستوى المياه بباطن الأرض بـ : Water table أو سطح المياه الجوفى وهو يختلف من مكان لآخر ، وقد يكون قريباً من سطح الأرض أو بعيداً عنها .

وقد تخرج المياه الجوفية ، أحياناً من باطن الأرض **محملة** ببعض الرمال أو الأتربة .

وقد تنساب المياه الجوفية على شكل عيون springs ، أو ينابيع .

ويتم عمل حُفر فى سطح الأرض للحصول على المياه ؛ وعندما تكون هذه الحفرة ذات قطر كبير وليست بعمق كبير shallow فإنه يطلق عليها بئر Well .

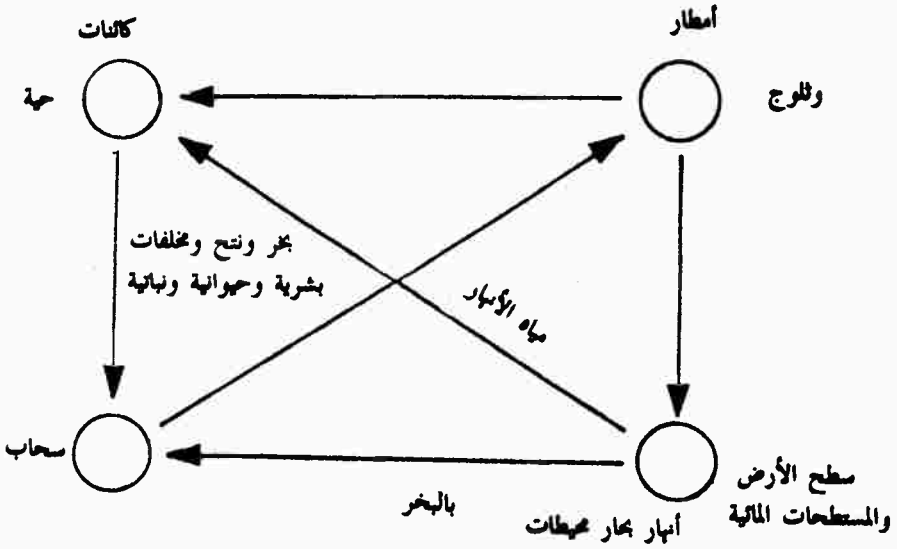
أما إذا كانت هذه الحفر عميقة وتتم بالماكينات وضيقة narrower فإنه يطلق عليها boreholes ''ثقوب الحفر'' .

وعند سقوط الأمطار ، تتحلل بعض الغازات مثل ثانى أوكسيد الكربون وثانى أوكسيد الكبريت وثانى أوكسيد النيتروجين وتُصبح أحماضاً حيث تمتزج مياه الأمطار مع المياه المالحة قرب البحار كما يختلط بالماء الأتربة والمواد المشعة ، كذلك .

وتُعتبر مياه الأمطار ، جيدة لأغراض الغسيل إلا أنه ينقصها أملاح الكالسيوم والتى تعتبر مادة حيوية لصحة الإنسان ولذلك فهى ليست صالحة تماماً لأغراض الشرب .

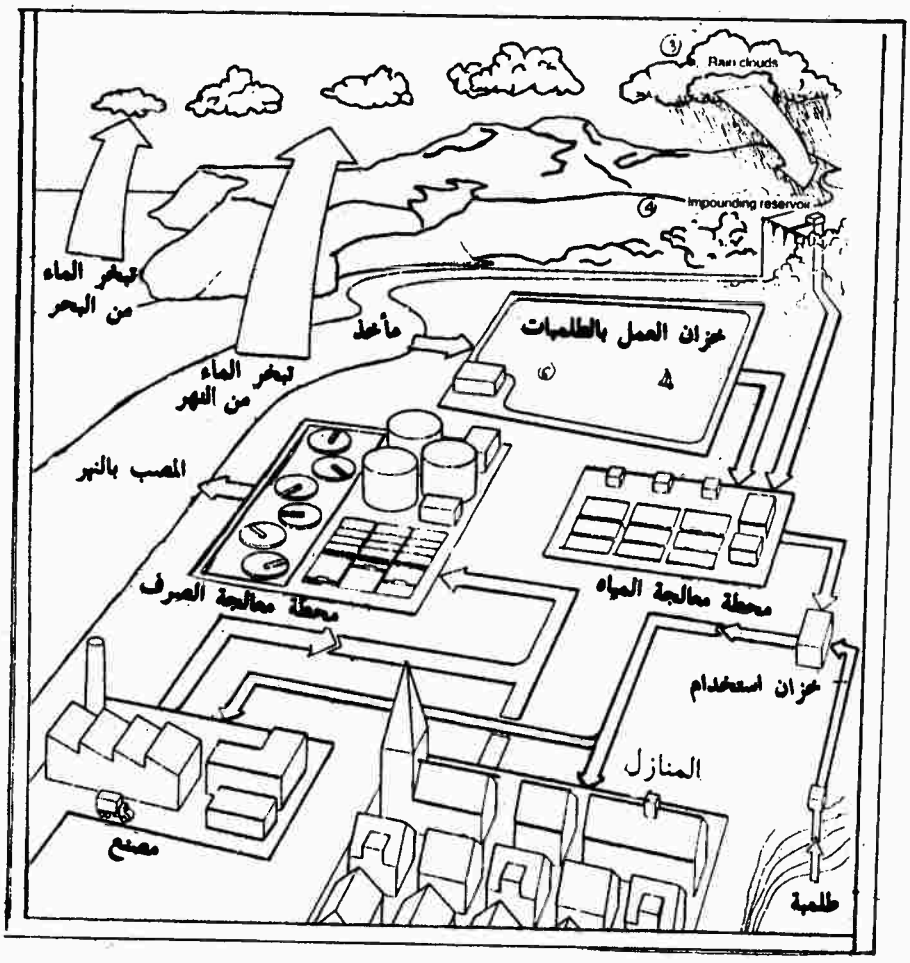
وقد تسقط مياه الأمطار أو تمر بعد سقوطها على صخور أو تربة محتوية على كبريتات الكالسيوم حيث تصبح **مياهاً** حمضية يمكنها أن تُحلل الصخور المحتوية على كربونات الكالسيوم (طباشيرية وحجر الجير والرخام ،..) وبذلك يتكون محلول الكالسيوم الكاربوهيدورجين وكل من هذه المواد تتحلل وتجعل الماء عُسراً Hard warer .

انظر الرسم شكل (١ ــ ١) وهو يوضح دورة مختصرة للماء فى الطبيعة .



شكل (١ ـ ١)
دورة الماء في الكون
The Water Cycle

كما يوضح شكل (١ ــ ٢) دورة للماء توضح مصادره وطرق معالجته وتنقيته بعد الاستخدام ، وباختصار .



شكل (١ ـ ٢)

وعند استخدام المياه بواسطة الإنسان بغرض الشُرب فإنه يجب تحليلها لمعرفة إن كان بها بكتريا أو ميكروبات لمعالجتها أولا وكذلك يجب ضمان نقائها من مخلفات مياه الصرف للزراعة ومياه المجارى .

ويجب أن يكون ماء الشرب صافياً وعديم الرائحة واللون وعادة يكون عديم الطعم كذلك .

وأفضل مياه للشرب هى التى تكون نسبة مركبات الكالسيوم بها ، لا تتعدى (٥٠ ــ ١٢٠) جزء فى المليون من كربونات الكالسيوم .

وفى خزانات المياه ، يجب إضافة نسب صغيرة من كبريتات النحاس Copper sulphate وذلك للإقلال من الطحالب algae .

وفى محطات المياه ، فإنه يتم ترك الماء فى الخزانات ، لفترة ، لحين ترسب الشوائب الكبيرة ، وتضاف بعض المواد مثل كبريتات الألومنيوم Aluminuim sulphate ، أحياناً ، للمساعدة فى عمليات الترسيب .

وتتم تنقية المياه بإمرارها على طبقات من الرمل والحصى لإزالة البكتريا والجزيئات الصغيرة ، وخلافه .

بينما يتم تعقيم المياه بإمرار الكلور بنسبة تزيد عن ١٠ فى المليون لمدة ساعة وذلك لتلافى انتشار بعض الأمراض مثل التيفود .

وفيما يلى موجز مختصر لدورة المياه فى الطبيعة .

تسقط الأمطار والثلوج فوق اليابسة من سطح الأرض وفوق المسطحات المائية من الأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات .

ويقوم كل من الإنسان والحيوان على حد سواء بشرب واستخدام المياه من الموارد المائية المتوفرة ، لأداء الوظائف الحيوية لكل منهما ولمختلف مظاهر الحياة **الأخرى للإنسان .**

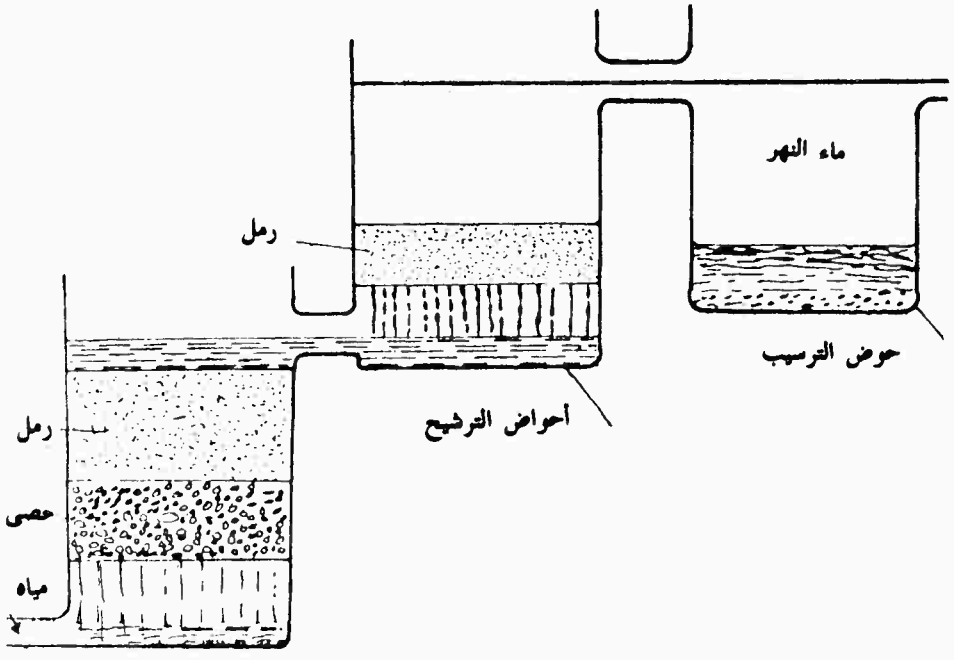
ويخرج الماء الزائد سواء من الإنسان واستخداماته أو من الحيوان فى صورة صرف صحى **ومخلفات** صناعية وزراعية وعرق وبول وغيره تتبخر .

كما ويقوم النبات ، كذلك بعملية امتصاص للمياه الموجودة بالتربة ويخرج الماء الزائد عن حاجة النبات فى أثناء عملية النتح .

وتتبخر المياه من المسطحات المائية المختلفة تحت تأثير أشعة الشمس والرياح حيث ترتفع كبخار ماء يتكاثف بفعل برودة الجو مكوناً الضباب والسُحب .

وتسقط السحب على هيئة أمطار فى البلاد الدافئة وعلى هيئة جليد فى البلاد الباردة حيث تتكرر الدورة بانتظام وأى خلل بها يؤدى إلى اختلال فى توازن البيئة ، مما يؤدى إلى موت الكائنات الحية . ويكون الخلل عادة من صنع الإنسان بعلم أو بجهل منه ونادراً ما يكون بفعل الطبيعة كالكوارث وغيرها .

ويوضح الرسم شكل (١ ــ ٣) ، رسماً تخطيطياً لعملية معالجة مياه أحد الأنهار بغرض الشرب .



شكل (١ ـ ٣)
تنقية مياه النهر للشرب

[١ ـ ٣] معالجة المياه بغرض الشرب

Treatment of tap Water

يُعتبر الماء الذى يؤخذ من الأنهار والبحيرات والخزانات أو من تحت الأرض غير نقي ويجب معالجته قبل استخدامه كماء فى مياه الصنابير بالمنازل والأماكن العامة .

وعموماً فإنه يجب معالجة النقاط التالية :

١ ــ ***اللون*** : وذلك ناتج من تحلل المواد العضوية مثل الطحالب .

٢ ــ ***المواد المعلقة Suspended matter*** : سواء معدنية أو نباتية .

٣ ــ ***التعتيم ـ الاكفهرار Cloudiness*** : من المواد المعدنية الدقيقة مثل الطفل .

٤ ــ ***الجراثيم والبكتريا harmful Germs and bacteria*** :

٥ ــ ***عُسر الماء Hardness*** :

٦ ــ ***الطعم والرائحة Taste and odour*** : والناشئة من التلوث بمياه المجارى والنباتات والحيوانات المتحللة ونقص الأوكسجين فى الماء .

وتُستخدم عدة طرق فى تنقية الماء تتوقف على نوعية الشوائب بها وتشمل هذه الطرق :

(أ) تخزين المياه فى بحيرات أو خزانات حيث ترسب المواد المُعلقة إلى القاع كما وتموت البكتريا الضارة . بواسطة أشعة الشمس ويتم تقليل التلوث بالتعرض لأكسيجين الهواء .

(ب) تؤدى عملية تغلغل الهواء فى الماء إلى إزالة الروائح وإلى أكسدة الأملاح المعدنية مما يُسهّل من عملية إزالتها .

(جـ) الترسيب ، بإضافة مواد كيميائية مثل الشبة alum Hydroxide أو ثانى كبريتات الحديدوز iron(II) sulphate والتى تؤدى إلى ترسب الأملاح المعدنية .

(د) الترشيح ، باستخدامه يمكن إزالة الرواسب ومثلما يتم استخدام ورق الترشيح فى المعمل ، فإنه يتم استخدام الرمال كمرشح جيد .

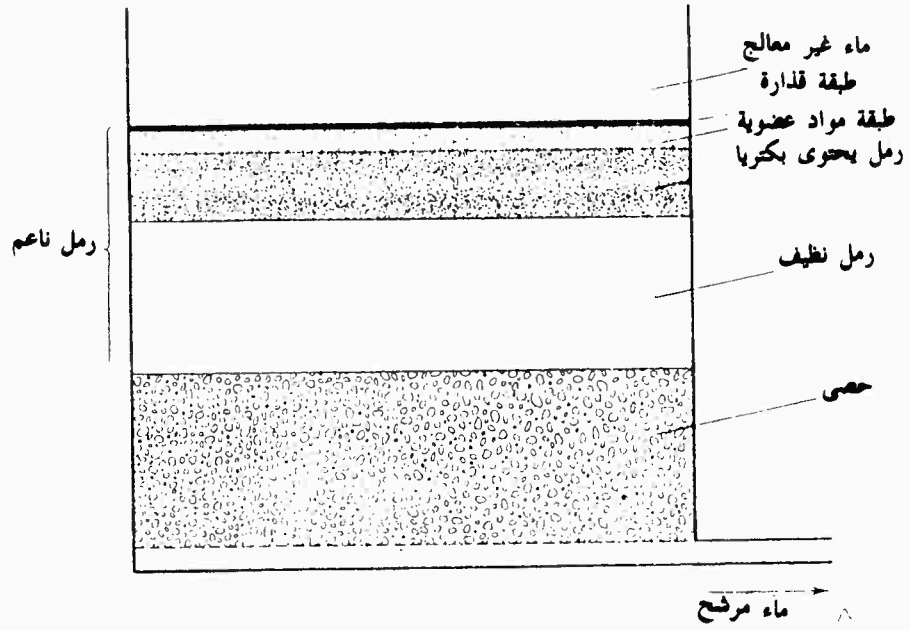
(هـ) التطهير وإبادة الجراثيم disinfection وهى آخر مرحلة ، لقتل كل البكتريا الضارة وذلك بإمرار غاز الكلور خلال المياه وتُسمى هذه العملية بعملية المعالجة بالكلور Chlorination .

وفى نهاية العملية الأخيرة فإن الماء يُصبح فى صورة آمنة ومناسب للاستخدام فى الأغراض المنزلية .

حيث يجب أن يكون رائقاً ونقياً وعديم اللون والطعم والرائحة ولا يجب أن يحتوى على أى بكتريا ضارة ، أو أملاح معدنية .

ومهما كان الحال فإن هذا الماء يظل غير نقى not pure حيث يبقى محتفظا ببعض المواد الصلبة المذابة والغازات المذابة .

انظر الرسم شكل (١ ــ ٤) وهو يوضح عملية تنقية للمياه باستخدام الرمل والحصى "sand – gravel" .



شكل (١ ـ ٤)

معالجة مياه المجارى Treatment of Sewage

يلزم تنقية مياه الصرف المنزلى ومياه الأمطار بالشوارع قبل العمل على إعادتها إلى مجارى الأنهار مرة ثانية .

وتكون تنقية مياه الصرف ، عادة على ثلاث مراحل :

(١) إزالة الرواسب الصلبة removal of solids :

حيث تُمرر هذه المياه عبر شبكات معدنية لإزالة الأجسام الخشنة وقطع الأخشاب ، ... وخلافه والتى تعمل على سد المواسير ثم يتم إمرار المخلفات الغليظة عبر مجارٍ ضخمة حيث تُزال الرمال والأقذار (الخشنة) .

ويطلق عليها — sludge أى الوحل أو الأوساخ .

(٢) إزالة الفضلات العضوية Removing organic Waste :

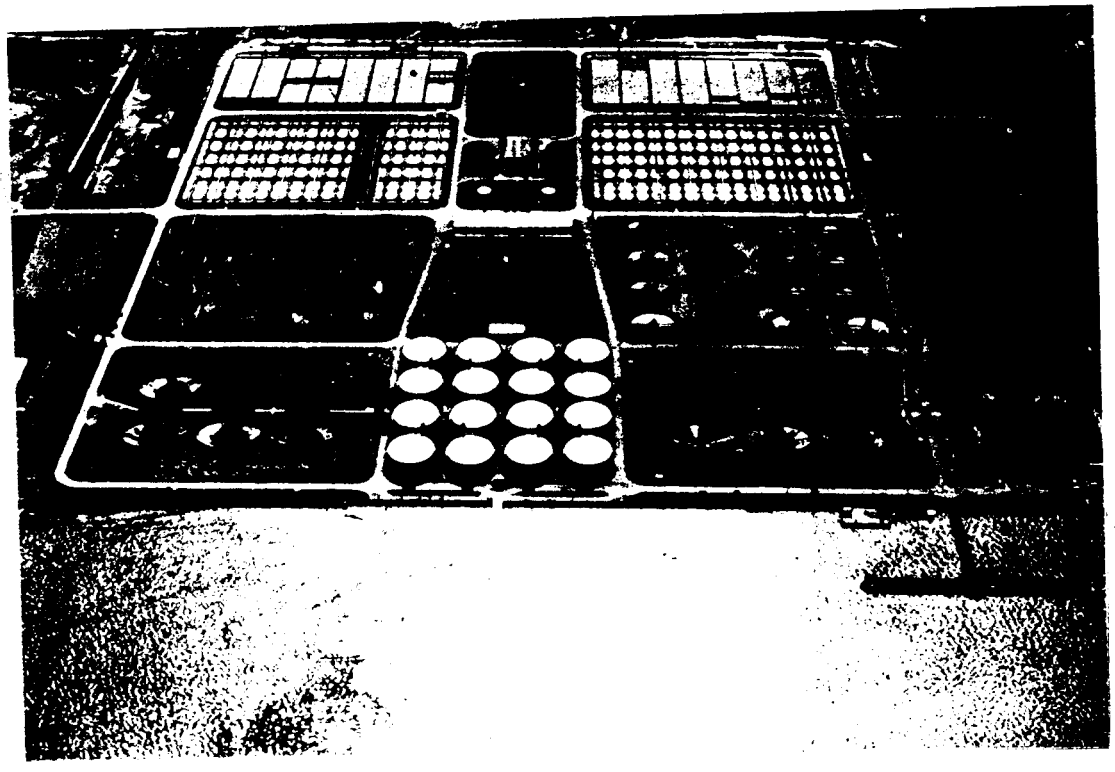
ويتم إزالتها باستخدام البكتريا bacteria وذلك بإمرارها عبر طبقة من الحصى ببطء حيث تعمل البكتريا المتوفرة فى هذا الوسط وفى طبقة الحصى وبمساعدة الهواء الجوى المحتوى على الأوكسجين على التكاثر بسرعة وعلى التغذى على المواد العضوية .

(٣) إزالة النيترات والفوسفات

Removing nitrates and phosphates

يؤدى وجودها إلى الإضرار بمياه الأنهار ولذلك يجب إزالتها قبل ضخ المياه المُعالجة إلى مجارى الأنهار .

انظر الرسم شكل (١ — ٥) .



شکل (۱ـ۵)

[١ ـ ٥] الماء العسر والماء اليُسر hard and soft water .

تختلف المياه التى نحصل عليها من صنبور المياه ، من منطقة لأخرى ، ويتوقف هذا الاختلاف على نوعية التربة والأرض التى نحصل منها على منبع المياه .

وتوضح التجارب أن عُسر الماء ينشأ من ذوبان مركبات الكالسيوم أو المغنسيوم ويمكن عمل التجربة التالية لبيان ذلك :

ـــ نقوم بإحضار حجوم متساوية من مواد كمياوية مختلفة (مبينة بالجدول) . وذلك باستخدام أنابيب اختبار لكل منها لقياس الحجوم .

ـــ ثم نضيف حجماً متساوياً من محلول الصابون لكل انبوبة اختبار ونقوم برج كل إنبوبة اختبار ، ثم يتم قياس ارتفاع الرغوة فى كل أنبوبة .

ويوضح الجدول التالى نتائج هذه التجربة ـــ جدول (١ ـــ ١) .

محلول من	ارتفاع الرغوة مم	هل تتكون رواسب أو « ريم »
كبريتات الصوديوم	٢٥	لا
كبريتات المغنسيوم	٢	نعم
كلوريد الكالسيوم	١	نعم
كلوريد البوتاسيوم	٣٠	لا
نيترات الصوديوم	٢٨	لا
نيترات المغنسيوم	٢	نعم
نيترات الكالسيوم	٢	لا

جـدول (١ ـ ١)
نتائج إحدى التجارب لمعرفة العوامل المؤدية لعُسر الماء

والماء العسر هو الذى لا يُرغى سريعاً مع الصابون ، والمياه كلها يمكنها أن تُرغى مع الصابون إذا استخدمنا كميات وفيرة من الصابون وتزيد كمية الصابون المستخدمة مع الماء العسر .

وهناك فرق كبير بين المياه النقية (المقطرة) والتى تحتاج إلى بضعة قطرات فقط من محلول الصابون لإعطاء رغوة دائمة (فقاعات صابونية بوفرة على راحة اليد) ، وبين الماء العسر الذى يحتاج إلى مزيد من الصابون لإظهار رغوة وفيرة .

ويُطلق على الماء النقى بالماء اليُسر (pure water = soft water) والصابون هو ملح الصوديوم لحامض عضوى
(حامض الاستياريك stearic acid $C_{17}H_{35}COONa$) .

فعند إضافة الصابون إلى الماء العسر فإنه تتكون أملاح الكالسيوم لهذا الحامض والتى لا تذوب فى الماء .

حيث يتكون ريم : scum والذى يعتبر بمثابة فقد فى مادة الصابون ، ويترك علامات على الملابس عند غسيلها .

وهناك نوعان من أنواع عُسر الماء .

وهما العُسر المؤقت والعُسر الدائم .

١ ــ ***العُسر المؤقت Temporary hardness*** : وهو ينشأ من وجود الكالسيوم الكاربوهيدروجينى وعند غلى هذا الماء المحتوى على هذه المادة فإن الكالسيوم الكاربوهيدروجينى يتحلل إلى كربونات كالسيوم والتى ترسب مكونة ما يشبه الصدأ على جدران الأوعية والمواسير .

٢ ــ ***العُسر الدائم*** : وهو ينشأ من وجود كبريتات الكالسيوم وكبريتات المغنسيوم . وهو عُسر دائم لأنه لا يزول بعملية الغليان لهذا الماء .

[١ ــ ٦] كيفية تكون الماء العسر :

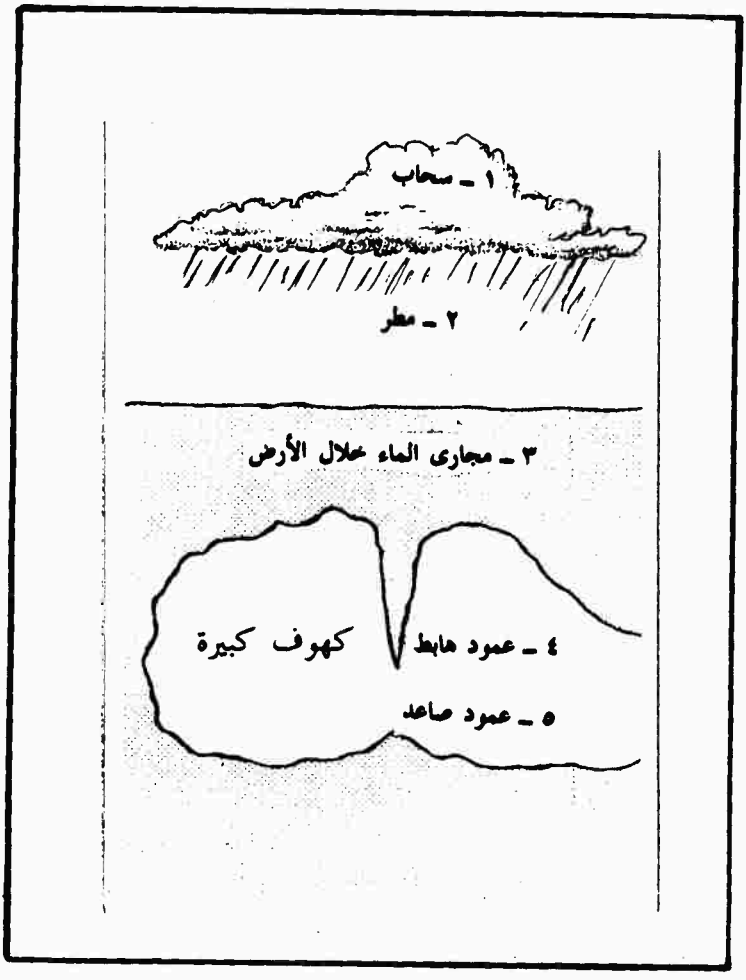
تحتوى مياه الأمطار على بعض من ثانى أوكسيد الكربون المذاب والذى يكون حامض الكربونيك والذى بدوره يؤدى إلى تحويل المياه إلى شبه حمضية (غير متعادلة) .

ولا يوجد بمياه الأمطار أى من مركبات الكالسيوم أو المغنسيوم وبذلك فإن يمكن اعتبار مياه الأمطار نقية (ماءً يُسرًا) .

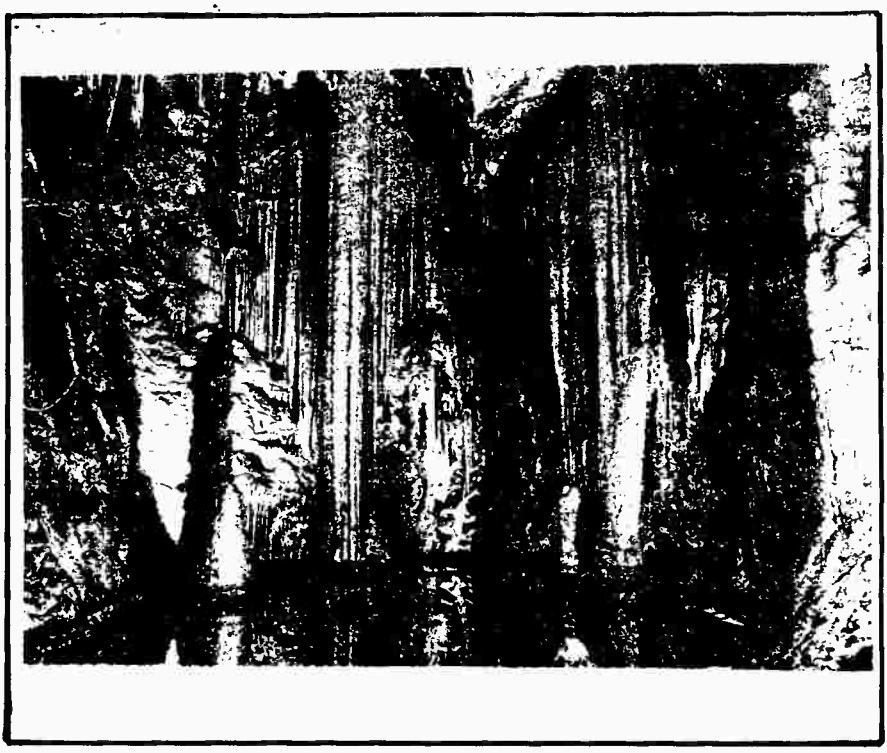
وعندما تسرى المياه فى تربة الأرض فإنها تعمل على إذابة أى صخور تقبل الذوبان فى طريقها .

وأهم هذه الصخور التى تذوب فى المياه هى كبريتات الكالسيوم المائية gypsum (أو الجبس ــ الجص) وكذلك الحجر الجيرى Limestione أو الطباشير Chalk أى كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم قليلة الذوبان بدرجة كبيرة ، بينما كربونات الكالسيوم لا تذوب فى الماء النقى (اليُسر) إلا أنها تذوب فى مياه الأمطار النقية وذلك لوجود حمض الكربونيك وبذلك يتكون الكالسيوم الكاربوهيدروجينى الغير مستقر .

وفى بعض المناطق ذات التربة الجيرية ، فإن تحلل التربة ، قد يؤدى إلى تكون مغارات وكهوف كبيرة تحت الأرض Caverns وفى هذه المغارات فإن الماء العُسر المحتوى على الكالسيوم الكاربوهيدروجينى والذى يتقطر من سقوفها ، يمكنه أن يكون أعمدة هابطة من ترسبات كربونات الكالسيوم Stalactites أو أعمدة صاعدة من ترسبات كربونات الكالسيوم Stalagmites انظر الرسم شكل (١ ــ ٦) ، (١ ــ ٧) .


١ ـ سحاب
٢ ـ مطر
٣ ـ مجارى الماء خلال الأرض
كهوف كبيرة
٤ ـ عمود هابط
٥ ـ عمود صاعد

شكل (١ـ٦)



شكل (١ ـ ٧)

[١ ـ ٧] مميزات وعيوب الماء العسر :

يؤدى الماء العسر إلى زيادة استهلاك كميات الصابون والمواد المنظفة الأخرى ، ويؤدى تسخين هذا الماء إلى ترسب كربونات الكالسيوم حيث تتكون طبقة كلسية على جدران أوعية غلى الماء وكذلك تكون قشور على الجدران الداخلية للمواسير وبالرديايتيرات فى السيارات ذات التبريد المائى مما يؤدى إلى الإقلال من كفاءة هذه الأجهزة سواء فى التسخين أو فى التبريد .

فعند استخدام أوعية غلى الماء ذات الترسبات الكلسية فإن عملية غلى الماء تطول نسبياً وذلك لطول مسار الحرارة عبر معدن الوعاء وعبر الطبقة الكلسية حتى تصل إلى الماء المراد غليه ؛ كما أن زيادة الرواسب الكلسية والقشور على المواسير يؤدى إلى إعاقة سريان المياه واحتمال انسدادها .

وللماء العسر طعم أفضل من طعم الماء اليُسر كما أن هذا الماء يوفر مركبات الكالسيوم التى يحتاجها الإنسان لبناء الأسنان والعظام وبالإضافة لذلك فإنه تبين أن أولئك الذين يعيشون فى مناطق بها ماء عسر يُعانون أقل من غيرهم من نوبات القلب .

كما يستخدم الماء العسر فى عمليات تخمير البيرة **(وهى من الخمور)** .

وتحتوى شبكات المياه إلى المنازل فى بعض مراحلها على أنابيب رصاصية حيث يؤدى الماء **العسر** إلى تحلل الأنابيب الرصاصية من الداخل ويؤدى هذا إلى أضرار **صحية بالمناطق المتوفر بها مياه يُسر** .

[١ ـ ٨] طرق معالجة الماء العسر إلى ماء يُسر :

تنحصر عملية معالجة الماء العسر لتحويله إلى ماء يُسر ، فى إزالة مركبات كل من الكالسيوم والمغنسيوم منه .

والماء الناتج من هذه العملية يؤدى إلى رغوة وفيرة مع **قليل** من الصابون .

ويمكن معالجة العسر باستخدام التقطير **distillation** للمياه وهى عملية مكلفة وتعتمد على توفر مصادر الطاقة ، خاصة عند تقطير الكميات الكبيرة منها وفى بعض الأماكن فإنه لا غنى عن عملية التقطير .

وكذلك يتم ذلك للعُسر المؤقت بغلى الماء ثم ترشيحه للتخلص من كربونات الكالسيوم العالقة .

وهنالك طريقة تستخدم أحياناً فى حالة الكميات الكبيرة وذلك بإضافة هيدروكسيد الكالسيوم (طريقة كلارك **Clark's method**) .

إلا أنه يلزم أن تتم عمليات الإضافة بحرص وبدقة حيث أن الزيادة فى كمية المادة المضافة تؤدى إلى رجوع الماء إلى عُسره .

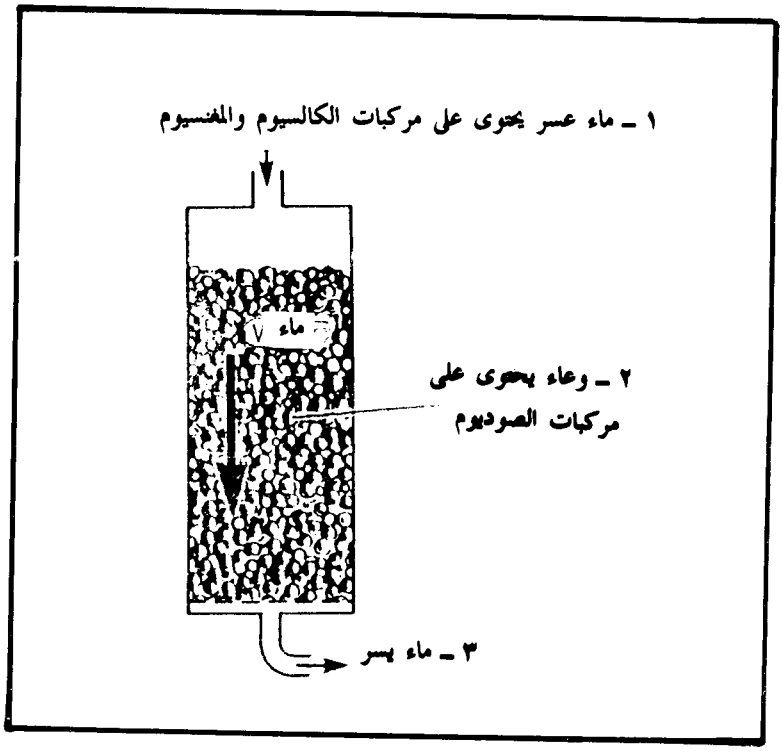
كما أنه يمكن بإضافة مواد كيميائية خاصة أن نزيل عسر الماء ويطلق على هذه المواد بمواد إزالة العُسر Softening agents .

مثل بللورات من كربونات الصوديوم (صودا الغسيل ''١٠'' Washing Soda) وميتافوسفات الصوديوم Sodium metaphosphate .

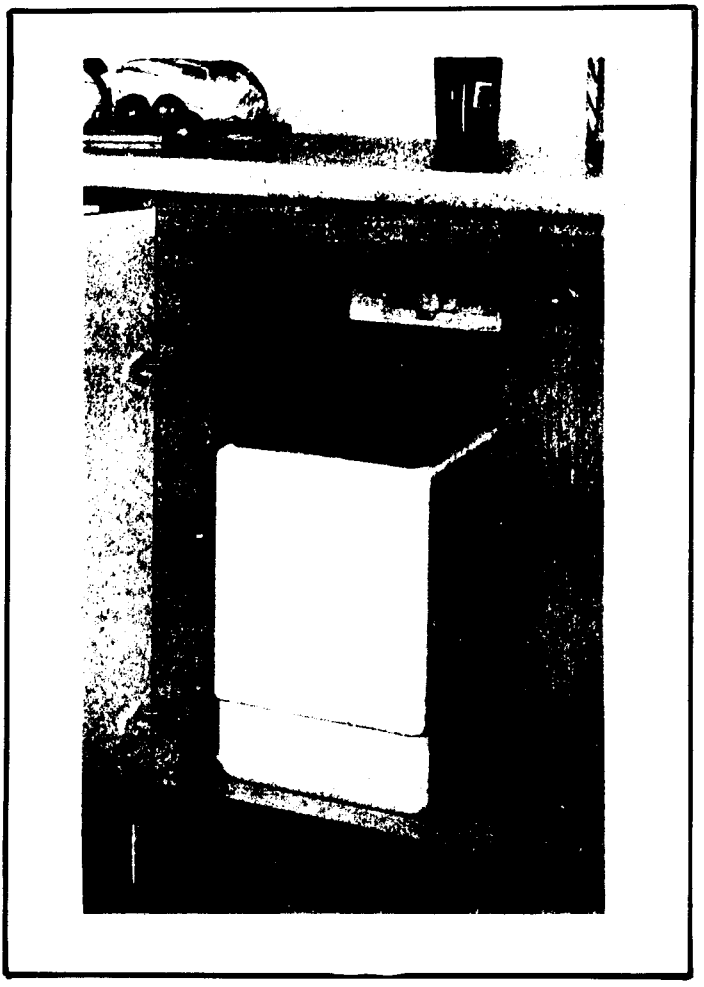
حيث تتفاعل هذه المواد مع كل من الكالسيوم والمغنسيوم بالماء العسر مكونة رواسب تقبل الذوبان .

ومن أكثر الطرق أهمية فى إزالة عُسر الماء باستخدام ما يُعرف بالمبادل الأيونى ion exchange column فى جهاز معالجة الماء العسر .

انظر الرسم شكل (١ ــ ٨) ، (١ ــ ٩) .



شكل (١ ـ ٨)



شكل (١-٩)

ويحتوى المبادل الأيونى على راتينج خاص resin يحتوى على مزيد من مركبات الصوديوم .

فعند سريان الماء فى عمود المبادل الأيونى فإن الصوديوم يحل محل كل من مركبات الكالسيوم والمغنسيوم فى الماء العسر .

والماء الخارج يُصبح يُسرا لعدم احتوائه على أى من مركبات الكالسيوم أو المغنسيوم .

ويتم إضافة ملح الطعام من فترة لأخرى وذلك لسد النقص أو إشباع مركبات الصوديوم .

ومُحليات المياه هذه ، ذات أهمية كبيرة فى المصانع والمعامل والمنازل والمناطق التى تتميز بعسر مياهها .

ويجب أن تحتوى غسالات الأطباق المنزلية وبالفنادق على محليات مياه، وماء البحر بالطبع يعتبر ماء عَسِراً لاحتوائه على كثير من الأملاح ومن أهمها كلوريد الصوديوم مما يؤدى لعدم تكوين رغوة عند استخدام ماء البحر مع الصابون أو المنظفات الأُخرى .

[١ ـ ٩] الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء :

حيث أن الماء هو المادة الوحيدة تقريباً والشائعة الاستخدام والمتوفرة فى كل مكان ،

لذلك تؤخذ الخواص الفيزيائية للماء كمقياس standard .

وفيما يلى بعض الخواص الفيزيائية الهامة للماء والتى يمكن الاسترشاد بها عند التفريق بين الماء النقى والمحاليل والسوائل النقية الأُخرى .

فالماء النقى سائل شفاف ، عديم اللون وتزداد كثافة الماء عند انتقاله من حالة صلبة إلى سائلة وذلك بخلاف جميع المواد الأُخرى تقريباً والتى تقل كثافتها فى هذه الحالة .

كما تزداد كثافة الماء عند تسخينه من درجة صفر إلى درجة ٤°م حيث تبلغ الكثافة عند هذه الدرجة قيمة عظمى ، ثم تقل الكثافة إذا استمر التسخين بعد ذلك .

أما إذا تغيرت كثافة الماء ، كما تتغير عند معظم المواد الأُخرى أثناء انخفاض درجة حرارتها والانتقال من حالة سائلة إلى صلبة . لأدى ذلك إلى انخفاض درجة

حرارة الطبقات السطحية فى المياه مع حلول فصل الشتاء فى البلاد الباردة إلى درجة صفر مئوية .

ولهبطت إلى القاع لتحل محلها الطبقات الأكثر دفئاً من أسفلها ولاستمرت هذه العملية حتى تصبح درجة حرارة طبقات الماء كلها مساوية للصفر ولبدأ الماء بعد ذلك فى التجمد وهبطت قطع الجليد إلى القاع . وبذلك يتجمد الماء كله وتصبح الحياة غير ممكنة .

ولكن حيث أن أعلى كثافة للماء تكون عند درجة ٤°م لذلك فإن انتقال الطبقات الناشيء عن التبريد ، يتوقف عند بلوغ هذه الدرجة .

وفى حالة استمرار درجة الحرارة بالانخفاض بعد ذلك ، تبقى الطبقة المبردة التى تتمتع بكثافة أقل على سطح الماء حيث تتجمد . وبالتالى فإنها تحمى الطبقات التى تحتها من التجمد فيما بعد والماء الخالص يتجمد عند صفر°م وكذلك ينصهر الثلج عند صفر°م فإذا كانت هنالك شوائب بالماء مثل كلوريد الصوديوم وذائبة فيه فإن درجة تجمد الماء تنخفض إلى ما تحت الصفر .

ولهذا يوضع ملح الطعام على الطرق المغطاة بالثلوج للمساعدة على إذابته وعدم تجمده مرة ثانية .

وعادة يكون سطح الثلج مغطى بطبقة رقيقة من المياه ، وتؤدى الحرارة المتولدة من الأقدام أثناء السير ومن إطارات السيارات على سطح الثلج إلى إذابة المزيد منه .

وتؤدى هذه المياه المنصهرة إلى إذابة الأملاح ، وينشأ محلول من ملح الطعام والماء ، لا يتجمد إلا عند درجات حرارة منخفضة جداً ، وكلما زادت كمية ملح الطعام المذابة ، كلما انخفضت درجة تجمد المحلول .

وهنالك خاصية أخرى للماء ذات أهمية كبرى فى الحياة وهى أنه يتمتع بسعة حرارية كبيرة (٤,١٨ جول/جرام . درجة مطلقة) .

ويؤدى هذا إلى أن يبرد الماء ببطء أثناء الليل وأثناء الانتقال من الصيف إلى الشتاء .

وكذلك يسخن الماء ببطء أثناء النهار وأثناء الانتقال من الشتاء للصيف .

وبذلك فإن الماء يعمل كمعادل حرارى لسطح الكرة الأرضية (بل وباطنها كذلك) .

وتستخدم سوائل منع التجمد Anti-freezing solutions فهى تمنع تجمد مياه دورة تبريد محركات الاحتراق الداخلى بالردياتير .

وتستخدم كذلك فى أغراض كثيرة وفى محركات الطائرات ، والمادة الأساسية به هى جليكول الإثيلين ethylene glycol .

ومن الخواص الفيزيائية للماء ، غليانه عند درجة ١٠٠°م ، عندما يكون موضوعاً تحت تأثير الضغط الجوى العادى .

ويحدث بخر الماء من سطح بركة مياه مثلاً عند كل درجات الحرارة . إلا أنه كلما زادت درجة الحرارة كلما زاد احتمال حدوث البخر .

ويغلى الماء عندما يكون ضغط بخاره مساوياً للضغط الخارجى وبزيادة الضغط على سطح الماء ، فإن الماء يغلى عند درجات حرارة أعلى من ١٠٠°م .

وبذلك فإن الماء الموضوع فى قدور الطهى الكاتمة (البريستو) ، يغلى عند درجة ١٢٠°م عند تعرض ما به لضغط ناشىء من كتم البخار يعادل ٢ جوى (٢,٠٦٦ كجم/سم٢) .

ويغلى الماء فى ردياتير السيارة (لوجود عيب فنى ما) عند درجة حوالى ١٢٠°م تقريباً وذلك لوجود صمام الضغط بغطاء الردياتير فى حين أن الماء يغلى عند درجة حرارة أقل من ١٠٠°م عند الضغوط المنخفضة عن ١ جوى كما فى المناطق الجبلية العالية .

فمثلاً يغلى الماء عند قمة جبل إفرست (٨٨٠٠ متر فوق سطح البحر) عند درجة حرارة = ٧٢°م .

ويؤدى وجود الشوائب فى الماء إلى رفع درجة الغليان ، فوجود ملح الطعام بالماء ، يؤدى لرفع درجة الغليان فوق ١٠٠°م ، وكلما زادت كمية الملح ، كلما ارتفعت درجة الغليان ويتوقف هذا على مدى ذوبان الملح بالماء وتشبع الماء به .

وعموماً فإن معظم المواد تكون ذات كثافة أكبر عندما تكون فى صورتها الفيزيائية الصلبة عن سوائلها ، إلا أن الثلج وهو الصورة الصلبة للماء يكون أقل كثافة من الماء ، ولذلك يطفو الثلج فوق سطح الماء .

وكذلك تقل كثافة السوائل كلما ارتفعت درجة حرارتها عادة . إلا أن كثافة الماء تزيد بارتفاع درجة حرارته (فوق درجة الانصهار بقليل) ثم تقل بعد ذلك .

وتبلغ كثافة الثلج ٠,٩ جم/سم^{٣} عند درجة الصفر المئوى .

وتبلغ كثافة الماء النقى ١ جم/سم^{٣} عند درجة حرارة ٤°م .

وتتفاعل المواد المختلفة مع الماء فى صوره المختلفة (ماء ـ بخار ـ رطوبة ـ ندى) بدرجات متفاوتة ، وبعضها بطىء التفاعل مثل الحديد والنحاس والرصاص ولذلك تستخدم هذه الخاصية فى صنع بعض مواسير المياه من الرصاص .

ويتفاعل الحديد مع الماء المحتوى على هواء مكوناً صدأ الحديد ويذوب الرصاص فى الماء غير النقى ويُصبح ساماً .

ولأجل هذه العيوب بدأ منذ فترة ليست بالقريبة فى استخدام البوليثين Polythene وهو من صور البلاستيك ويتفاعل الماء مع أكاسيد بعض المعادن حيث نحصل على هيدروكسيد هذه المعادن ، فمثلاً يتفاعل أكسيد الكالسيوم بشدة مع الماء حيث يعطى هيدروكسيد الكالسيوم .

ويُذيب الماء ثانى أكسيد الكربون ويُعرف المحلول الناتج بحامض الكربونيك Carbonic acid وهو أحد الأحماض الموجودة فى المياه المعدنية .

[١ ـ ١٠] اختبار وجود الماء :

الماء سائل عديم اللون والرائحة وهو سائل متعادل neutral liquid ، أى أن PH له = ٧ تماماً .

وبالطبع فهنالك سوائل أخرى عديمة اللون والرائحة متعادلة أيضاً أى أن PH لها = ٧ تماماً .

، وتتكون ثانى كبريتات النحاس **اللامائية** :

Anhydrous Copper(II) sulphate

فى صورة مسحوق أبيض ، عند تسخين بللورات من ثانى كبريتات النحاس الزرقاء

blue Copper (II) sulphate

وعند إضافة سائل يحتوى على الماء إلى ثانى **كبريتات** النحاس اللامائية فإن المسحوق يتحول إلى لون أزرق ويُصبح ساخناً .

وأيضاً ، فإن ورقة من ثانى كلوريد الكوبالت **Cobalt(II)Chloride** وهى عبارة عن ورقة ترشيح مغموسة فى محلول من ثانى كلوريد الكوبالت ثم يتم تجفيفها وتكون ذات لون أزرق فاتح (باهت) **Pale blue Colour** ، فعند غمس ورقة ثانى كلوريد الكوبالت فى الماء أو فى سائل يحتوى على الماء فإن الورقة تتحول إلى لون قرنفلى (أحمر وردى) .

إلا أنّ أنسب طريقة للكشف عن وجود الماء النقى هو تحديد نقطة الانصهار ونقطة الغليان باختبارات مناسبة .

فالماء النقى يغلى فقط عند درجة ١٠٠°م (عند الضغط الجوى العادى) ويتجمد الماء النقى عند صفر°مئوية .

[١ ـ ١١] تفاعل المعادن (الفلزات) مع الماء :

تعرضنا فى الجزء الثانى من هذه السلسلة إلى تفاعل الفلزات مع الماء .

فكل من البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم يتفاعل بسهولة وسرعة مع الماء البارد حيث ينتج محلول قلوى **alkali solution** وكذلك غاز الهيدروجين :

بوتاسيوم + ماء ⟵ هيدروكسيد البوتاسيوم + هيدروجين

Potassium + Water ⟶ potassium hydroxide + hydrogen

$2k \quad 2H_2O \quad 2KOH \quad H_2$

، صوديوم + ماء ⟵ هيدروكسيد صوديوم + هيدروجين

Sodium + Water ⟶ Sodium hydroxide + hydrogen

$2Na \quad 2H_2O \quad 2N_aOH \quad H_2$

، كالسيوم + ماء ⟵ هيدوركسيد كالسيوم + هيدروجين

Colcium + Water ⟶ Calcium hydroxide + hydrogen

$Ca \quad 2H_2O \quad Ca(OH)_2 \quad H_2$

ويتفاعل المغنسيوم بصعوبة مع الماء البارد إلا أنه يتفاعل سريعاً مع البخار steam .

مغنسيوم + بخار ⟵ أوكسيد مغنسيوم + هيدروجين

Magensium + steam $\xrightarrow{heat}$ Magnesium oxid + hydrogen

$Mg \quad 2H_2O \quad Mg(OH)_2 \quad H_2$

وبنفس الطريقة ، يتفاعل كل من الزنك والحديد مع البخار .

[١ ـ ١٢] التحليل الكهربى للماء *Electrolysis of Water* :

يُعتبر الماء النقى غير موصل للكهرباء أو يعتبر محلولاً لا إليكتروليتيا ويمكن تحليل الماء إلى مكوناته باستخدام الكهرباء فيما يُسمى بعملية التحليل electrolysis حيث يتحلل الماء إلى مكوناته الأصلية ويقال حينئذ أنه تحلل كهربياً ،

حيث ينشأ حجمان من الهيدروجين لكل حجم واحد من الأوكسجين .

والماء النقى تماماً ، لا يوصل الكهرباء ، كما ذكرنا ، بطريقة جيدة إلا أنه يتم

عادة إضافة كمية صغيرة من حمض الكبريتيك المخفف إلى الماء قبل التحليل وهذه الإضافة لا تؤثر على النواتج إلا أنها تساعد على الإسراع بعملية التحليل الكهربى .

وإذا ما أضفنا هيدروكسيد الصوديوم أو هيدروكسيد الكالسيوم للماء وقمنا بالتحليل فإنه ينشأ لنا هيدروجين وأوكسجين (مرة ثانية) .

كما وأن إضافة أىٍّ من كبريتات الصوديوم أو كبريتات المغنسيوم فى صورة بللورية وبكمية صغيرة ، للماء ، تؤدى إلى تكون الهيدروجين وكذلك الأوكسجين .

وفى شكل (١ ــ ١٠) ، يوضح جهاز يعرف بـ فولتميتر هوفمان Hofmann's Voltameter. يستخدم فى التحليل الكهربى للماء (الحمضى) acidified Water .

حيث يتكون غاز عديم اللون عند الإلكترود الموجب (الأنود) كما يتكون غاز آخر (مختلف) عديم اللون كذلك عند الإلكترود السالب (الكاثود) .

ويتم تجميع هذين الغازين فى الأنابيب الرأسية .

[١ ـ ١٣] تركيب الماء :

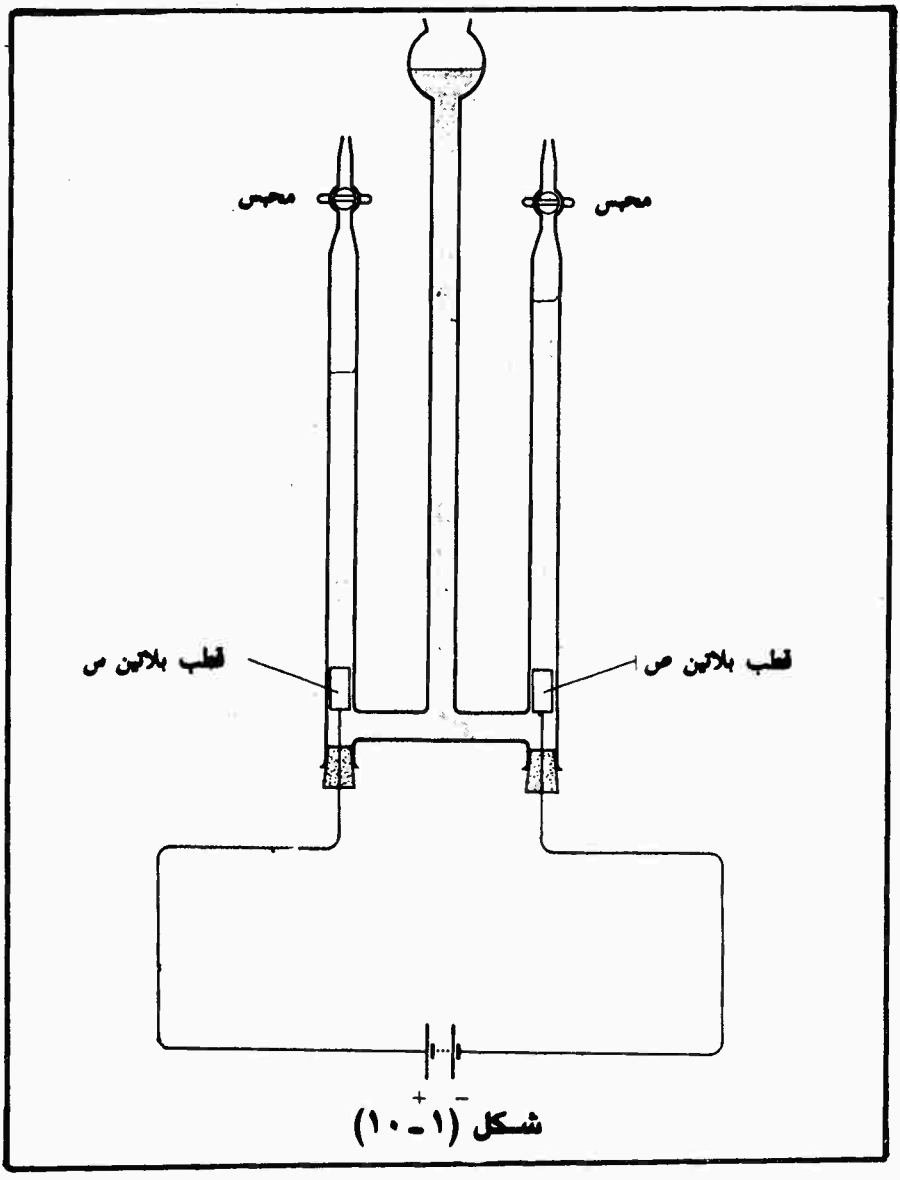
يتكون الماء كمنتج فى كثير من التفاعلات الكيميائية وعند اشتعال الهيدروجين فى الأوكسجين (أو الهواء) فإنه ينتج الماء .

هيدروجين + أوكسجين ⟵ ماء

hydrogen + oxygen ⟶ Water

$$2H_2 \qquad O_2 \qquad 2H_2O$$

ويلاحظ أن هذا التفاعل قد يكون خطراً جداً وذلك لأن خليط الهيدروجين والهواء يمكن أن ينفجر .



شكل (١ـ١٠)

[١ ـ ١٤] الذوبانية ومنحنيات الذوبانية

Solubility and Solubility Curves :

الذوبانية هى قدر المادة على الذوبان فى هذا المذيب أو ذاك ويعتبر الماء مذيباً جداً لكثير من المواد المذبة وهى مقدار كمى حيث تقاس ذوبانية المادة

فى الشروط المعطاة بتركيز المحلول المشبع لهذه المادة ، ولهذا يمكن التعبير عددياً عن الذوبانية بنفس طرق التعبير عن التركيز ،

كالنسبة المئوية لكتلة المادة المذابة إلى كتلة المحلول المشبع .

أو بعدد ''مولات'' ــ جزيئات المادة المذابة فى لتر من المحلول المشبع .

وعادة يُعبر عنها بمقدار كتلة المذاب التى تتحلل فى كمية محددة من كتلة المذيب وهو عادة الماء . وتختلف ذوبانية المواد فى الماء **اختلافاً** كبيراً .

وتعتبر المادة جيدة الذوبان عندما يذوب منها أكثر من ١٠ جرامات فى ١٠٠ جرام من الماء .

وتعتبر ضعيفة الذوبان عندما يذوب منها أقل من جرام واحد وتعتبر المادة غير ذوبانية عملياً إذا كان ما يذوب منها أقل من(٠,٠١)جم وتتغير الذوبانية مع درجة الحرارة .

وتُعرف ذوبانية المذاب (س) فى الماء ، **بأقصى** كتلة من المذاب (س) بالجرامات ، التى تذوب فى ١٠٠جم من الماء عند درجة حرارة معينة .

[١ ـ ١٥] ذوبانية كلوريد الصوديوم فى درجة حرارة الغُرفة :

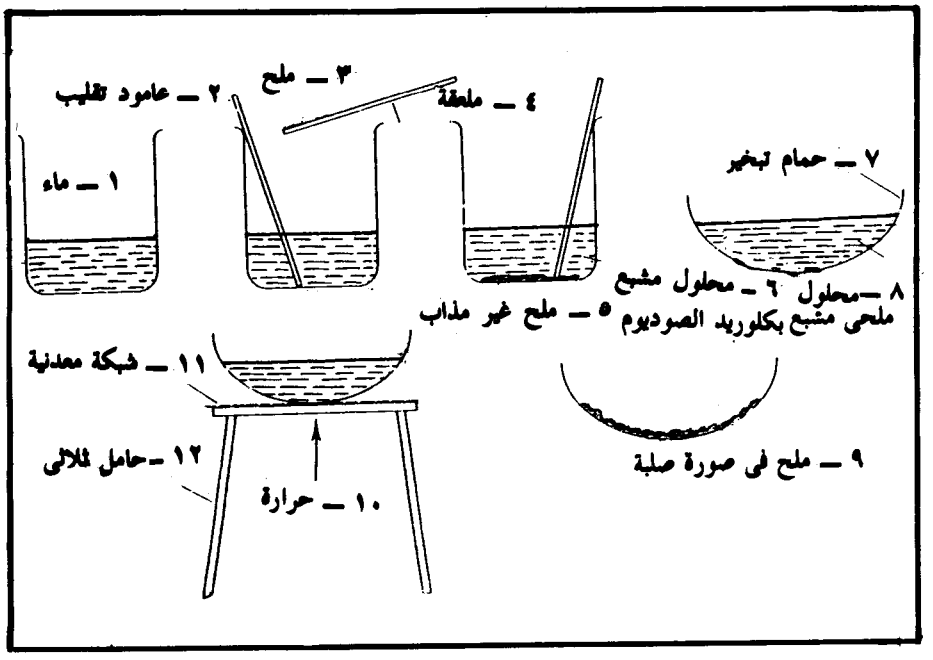
نحضر كأساً ونملأه إلى المنتصف بالماء فى درجة حرارة الغُرفة ثم يضاف الملح كلوريد الصوديوم إلى الماء بكميات صغيرة المرة تلو المرة وبعد كل إضافة للملح ، يتم تقلب المحلول .

ويتم إضافة الملح إلى حد تشبع المحلول ، أى استحالة ذوبان المزيد منه فى الماء تحت هذه الظروف ويتبقى جزء قليل بقاع الكأس غير مذاب ويطلق على المحلول فى هذه الحالة بأنه محلول مشبع **Saturated solution**

ثم نحضر بودقه جافة ونزنها فارغة ثم نصب بها بعضاً من المحلول الملحى المشبع (حوالى ٥ جرامات ملحيه) ، ويعاد وزن البوتقة بالمنه

ثم يتم تبخير المحلول بتسخين البوتقة إلى أن يتبخر تماماً المحلول الملحى ثم ننتظر إلى أن تبرد ويعاد وزنها ثانية .

انظر شكل (١ ـ ١١) .



شكل (١ ـ ١١)

وفيما يلى نسب ومقادير وأوزان أحد هذه التجارب .

(١) كتلة البوتقة = ٦٠,٧٠ جرام

(٢) كتلة البوتقة + محلول كلوريد الصوديوم = ١٤٠,٧٠ جرام

(٣) كتلة البوتقة ، كلوريد الصوديوم= ٨٤,٧٠ جرام .

ومن هذه النتائج نصل إلى :

كتلة محلول كلوريد الصوديوم =

(٢) ـ (١) = ١٤٠,٧٠ ـ ٦٠,٧٠ = ٨٠ جرام

كتلة كلوريد الصوديوم =

(٣) ــ (١) = ٨٤,٧٠ - ٦٠,٧٠ = ٢٤ جرام

كتلة الماء فى المحلول =

(٢) ــ (٣) = ١٤٠,٧٠ ــ ٨٤,٧٠ = ٥٦ جرام

أى أن ٢٤ جرام من كلوريد الصوديوم تذوب فى ٥٦ جرام من الماء عند درجة حرارة الغُرفة .

∴ $\frac{٢٤}{٥٦}$ × ١٠٠ جرام من كلوريد الصوديوم تذوب فى ١٠٠ جرام من الماء فى درجة حرارة الغُرفة .

أى أن ذوبانية كلوريد الصوديوم فى درجة حرارة الغرفة = ٤٢,٨٥ جرام لكل ١٠٠ جرام من الماء .

ويمكن تكرار التجربة بتحضير محاليل مشبعة من كلوريد الصوديوم عند درجات حرارة مختلفة ثم تجرى عملية التبخير كما سبق .

وبذلك يمكننا أن نحصل على ذوبانية كلوريد الصوديوم عند درجات الحرارة المختلفة .

[١ ـ ١٦] ذوبانية كلورات البوتاسيوم عند مختلف درجات الحرارة :

يتم وزن كمية من كلورات البوتاسيوم وتوضع فى أنبوبة اختبار جافة ثم تضاف كمية من الماء معلوم حجمها لأنبوبة الاختبار ثم تُسخن أنبوبة الإختبار إلى أن تذوب كل كلورات البوتاسيوم .

ثم تترك الأنبوبة إلى أن تبرد مع تقليب مستمر للمحلول باستخدام ترمومتر .

ثم نسجل درجة الحرارة فى الترمومتر عند أول بادرة لظهور بللورات بالمحلول .

ثم نضيف كمية أُخرى من الماء معلوم حجمها لأنبوبة الاختبار ويُعاد تسخين الأنبوبة ثم تُترك لتبرد كما سبق ثم نسجل درجة الحرارة مرة ثانية عند بداية ظهور بللورات .

وإذا تكرر الأمر ، نكرر التجربة بإضافة كميات من الماء معلوم حجمها ونسجل درجات الحرارة فى كل مرة .

ويوضح جدول (١ ــ ٢) نتائج أحد التجارب باستخدام كمية من كلورات البوتاسيوم مقدارها ٢,٠ جرام .

الحجم الكلى للماء (سم^3)	الكتلة الكلية للماء (جرام)	درجة الحرارة التى تبدأ عندها البللورات فى الظهور (°م)	الذوبانية (جم لكل ١٠٠ جرام ماء): كتلة كلورات البوتاسيوم × ١٠٠ / كتلة الماء
٤	٤	٩٠	$\frac{٢}{٤} \times ١٠٠ = ٥٠$
٦	٦	٧٤	$\frac{٢}{٦} \times ١٠٠ = ٣٣,٣$
٨	٨	٦٢	$\frac{٢}{٨} \times ١٠٠ = ٢٥$
١٢	١٢	٤٨	$\frac{٢}{١٢} \times ١٠٠ = ١٦,٧$
١٦	١٦	٣٦	$\frac{٢}{١٦} \times ١٠٠ = ١٢,٥$
٢٠	٢٠	٢٧	$\frac{٢}{٢٠} \times ١٠٠ = ١٠$

جـدول (١ ـ ٢)

الذوبانية عند مختلف درجات الحرارة

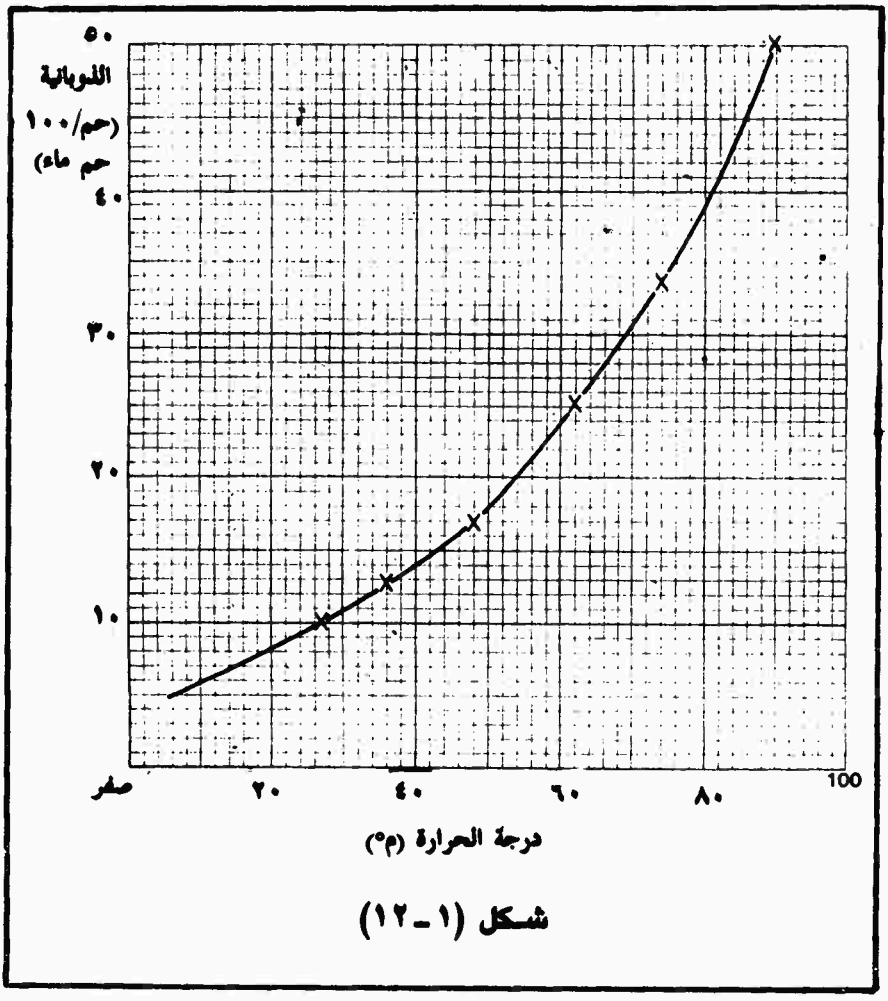
(لـ ٢ جم كلورات بوتاسيوم فى الماء)

ملحوظة : كتلة ١ سم^3 ماء = ١ جرام .

[١ ـ ١٧] منحنيات الذوبانية :

منحنى الذوبانية هو منحنى يمثل العلاقة بين ذوبانيه المذاب على المحو الرأسى ودرجة الحرارة على المحور الأفقى وهو يوضح بو ح طريقة تغير الذوبانية مع جة الحرا

وقد قمنا بتمثيل النتائج فى جدول (١ ــ ٢) السابق لرسم منحنى الذوبانية الموضح بشكل (١ ــ ١٢) .



شكل (١ـ١٢)

ومن الشكل يمكننا أن نلاحظ بسهولة ، أن ذوبانية كلورات البوتاسيوم يزداد بازدياد درجة الحرارة .

وهذه الحقيقة تنطبق على معظم المواد الصلبة المذابة فى الماء .

ولا نُعرف حتى الآن الأُسس التى بموجبها يمكننا التنبؤ عن ذوبانه المادة ، ولكن المواد المؤلفة من جزيئات قطبية وكذلك المواد ذات الرابطة الايونية

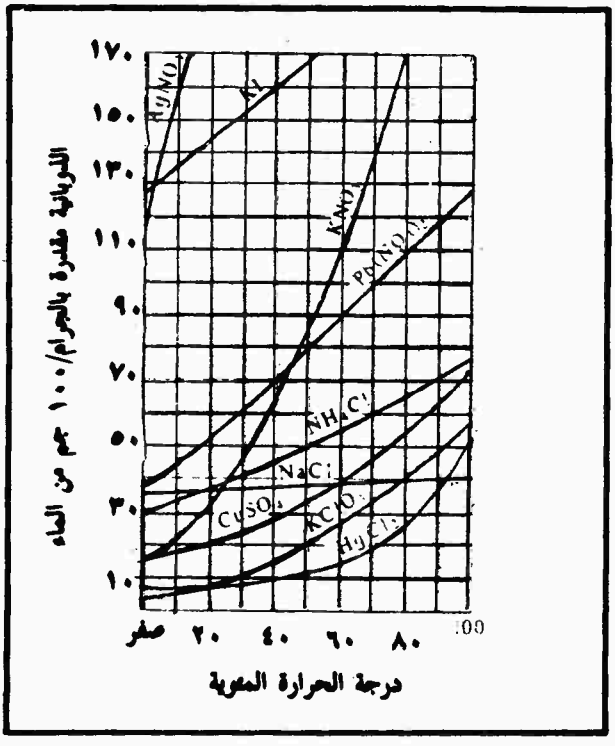
تذوب عادة فى المذيبات القطبية (مثل الماء والكحولات والنشادر السائل) ، بصورة جيدة .

فى حين تميل المواد اللاقطبية للذوبان فى المذيبات اللاقطبية (مثل ثانى كبريتيد الكربون والبنزين) .

ويوضح شكل (١ ــ ١٣) مجموعة من منحنيات الذوبانية ومن الرسم فإن المنحنيات التى تتجه بصورة حادة للأعلى مثل منحنيات الذوبانية لكل من نيترات البوتاسيوم والرصاص والفضة ، تدل على أن ذوبانية هذه المواد تزداد كثيراً بارتفاع درجة الحرارة .

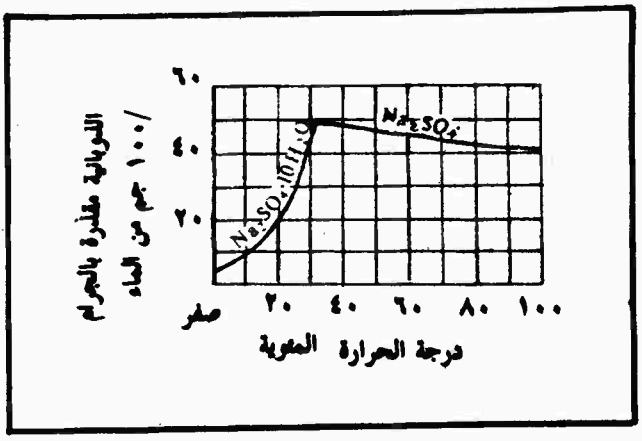
فى حين نجد أن ذوبانية كلوريد الصوديوم تتغير قليلاً كلما ارتفعت درجة الحرارة .

ويدل على ذلك خط الذوبانية الأفقى تقريباً ، لهذا الملح .



شكل (١ ـ ١٣)

ويمثل شكل (١ ــ ١٤) منحنى الذوبانية لكبريتات الصوديوم وهو منحنى أكثر تعقيداً من المنحنيات السابقة .



شكل (١ ـ ١٤)

حيث نجد أن المنحنى يرتفع نحو الأعلى بشكل حاد حتى درجة حرارة ٣٢°م دلالة على أن الذوبانية تزداد بسرعة .

وعند درجة ٣٢°م يعانى المنحنى ، انكساراً حاداً ، كذلك . ثم يأخذ فى الانحدار ببطء كلما ارتفعت درجة الحرارة .

ومن هذا المنحنى نستخلص أن أعلى ذوبانية لكبريتات الصوديوم تكون عند درجة ٣٢°م .

وعند ذوبان المواد الصلبة فى الماء ، يتغير الحجم الكلى تغيراً قليلاً لذلك فإن ذوبانية المواد الموجودة فى حالة صلبة لا تتعلق عملياً بالضغط .

[١ ـ ١٨] ذوبانية السوائل :

وتقبل السوائل الذوبان فى سوائل أخرى وقد يكون هذا الذوبان فى بعضها البعض غير محدود بمعنى أنها تمتزج ببعضها البعض بجميع النسب مثلما الحال فى الماء والكحول مثلاً .

إلا أن ذوبان بعضها ببعض ، قد يكون محدوداً ، فإذا رججنا الإيثر مع الماء

فإنه تظهر طبقتان ، العليا منهما عبارة عن محلول إيثر مشبع بالماء بينما الطبقة السفلى عبارة عن محلول ماء مشبع بالإيثر وفى معظم حالات هذا النوع ، تزداد الذوبانية المتبادلة للسوائل ، بارتفاع درجة الحرارة ، حتى نصل إلى درجة يمتزج عندها السائلان بجميع النسب .

وتُعرف الدرجة التى تتحول عندها الذوبانية المحدودة للسوائل إلى ذوبانية غير محدودة ، بدرجة الذوبان الحدية .

فمثلاً نجد أن عند درجات الحرارة الأقل من ٦٦,٤°م ، فإن الفينول يذوب فى الماء بصورة محدودة وكذلك الحال بالنسبة للماء فهو يذوب فى الفينول بصورة محدودة كذلك .

وعلى ذلك فإن درجة ٦٦,٤°م هى درجة الذوبان الحدية لكل من الفينول + الماء .

وابتداء من هذه الدرجة فإن ذوبان هذين السائلين فى بعضهما يُصبح غير محدود .

ولا يتغير الحجم كثيراً أثناء ذوبان السوائل فيما بينها وذلك على غرار الأجسام الصلبة .

ولذلك فإن الذوبانية المتبادلة بين السوائل قليلاً ما ترتبط بالضغط ولا تزيد بدرجة ملحوظة إلا عند الضغوط العالية جداً والتى تقدر بعدة آلاف من الضغوط الجوية .

ويلاحظ أنه إذا كان لدينا سائلان لا يمتزجان مع بعضهما وأضفنا لهما معاً مادة ثالثة يمكنها الذوبان فى كل من السائلين . فإن هذه المادة (الثالثة) تتوزع بين السائلين الأولين بصورة تتناسب مع ذوبانيتها فى كل منهما .

ومن هنا نشأ قانون التوزيع والذى ينص على :

أن المادة القابلة للذوبان فى مذيبين لا يمتزجان مع بعضهما ، تتوزع بينهما بحيث تبقى النسبة بين تركيزيها فى المذيبين ثابتة عند درجة حرارة ثابتة ولا تتعلق بالكمية الإجمالية لهذه المادة .

وبذلك نجد أن معامل توزيع اليود بين الماء والكلوروفورم يساوى ١٣٠ ، فإذا أضفنا الكلوروفورم الذى لا يمتزج مع الماء إلى ماء يحوى يوداً مذاباً به ثم رججنا هذه الكمية وتركناها حتى تستقر .

سنجد بعد الاستقرار أن تركيز اليود فى الكلوروفورم أعلى بـ ١٣٠ مرة منه فى الماء وذلك بغض النظر عن الكمية الكلية المذابة من اليود .

وبذلك فإنه يمكننا بواسطة الكلورفورم أن نستخلص من الماء الجزء الأكبر من اليود المذاب فيه .

وتعرف هذه الطريقة فى استخلاص مادة مذابة من المحلول بواسطة مُذيب ثان لا يمتزج مع المذيب الأول بطريقة الاستخلاص Extraction وهى تعتمد على قانون التوزيع وتُستعمل بكثرة فى المعامل وفى مجال الصناعات الكيميائية .

[١ ـ ١٩] ذوبانية الغازات (فى الماء) :

تعتبر معظم الغازات ، أقل ذوبانية فى الماء ، ونصف ذوبانية الغازات عادة ، بحجم الغاز الذى يذوب فى حجم معين من الماء عند درجة حرارة محددة .

ويوضح جدول (١ ــ ٣) ذوبانية بعض الغازات المعروفة بوحدة السنتيمتر المكعب فى ١ ديسيمتر مكعب (١٠٠٠ سم^{٣} = لتر) من الماء عند درجات حرارة مختلفة (١٠ ، ٢٠ ، ٣٠°م) .

الغاز	الصيغة الكيميائية	درجة الحرارة (°م)			PH للمحلول الناتج
		١٠	٢٠	٣٠	
الأمونيا	NH_3	٨٧٠٠٠٠	٦٨٠٠٠٠	٥٣٠٠٠٠	١٠
الأرجون	Ar	٤١	٣٢	٢٨	٧
ثانى أوكسيد الكربون	CO_2	١١٦٠	٨٤٨	٦٥٢	٥
الكلورين	Cl_2	٣٠٩٠	٢٢٦٠	١٧٧٠	١
الهيدروجين	H_2	١٩	١٨	١٧	٧
كلوريد الهيدروجين	HCl	٤٧٥٠٠٠	٤٤٢٠٠٠	٤١٢٠٠٠	١
النيتروجين	N_2	١٨	١٥	١٣	٧
الأوكسجين	O_2	٣٧	٣٠	٢٦	٧
ثانى أوكسيد الكبريت	SO_2	٥٦٦٠٠	٣٩٤٠٠	٢٧٢٠٠	٢

جدول (١-٣)
ذوبانية بعض الغازات المعروفة فى الماء

ومما سبق يمكن الوصول إلى النتائج التالية :

١ ــ الغازات أقل ذوباناً فى الماء عن المذابات الصلبة .

٢ ــ تقل ذوبانية الغاز بزيادة درجة الحرارة .

٣ ــ أكثر الغازات ذوباناً فى الماء هى كلوريد الهيدروجين والأمونيا ، عن بقية الغازات الأخرى .

٤ ــ عند ذوبان غاز بكفاءة فى الماء فإنه يتفاعل مع الماء مكوناً إما محلولاً حامضياً وإما محلولاً قلوياً .

ومن النتيجة الثانية نجد أننا إذا تركنا كأساً يحوى ماءً بارداً فى غرفة دافئة ، فإننا نجد بعد فترة ، أن جدران هذا الكأس قد تغطت من الداخل بفقاعات من غاز ألا وهو الهواء الذى كان مذاباً فى الماء ثم انفصل منه نتيجة التسخين .

وهكذا فإنه بالغليان يمكننا سحب كل الهواء المذاب فى الماء وكثيراً ما يرافق ذوبان الغازات فى السوائل العضوية ، امتصاص للحرارة . ففى مثل هذه الحالات ، تزداد ذوبانية الغاز بارتفاع درجة الحرارة .

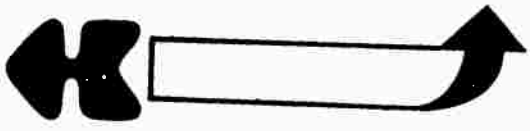
□ تجربة النافورة :

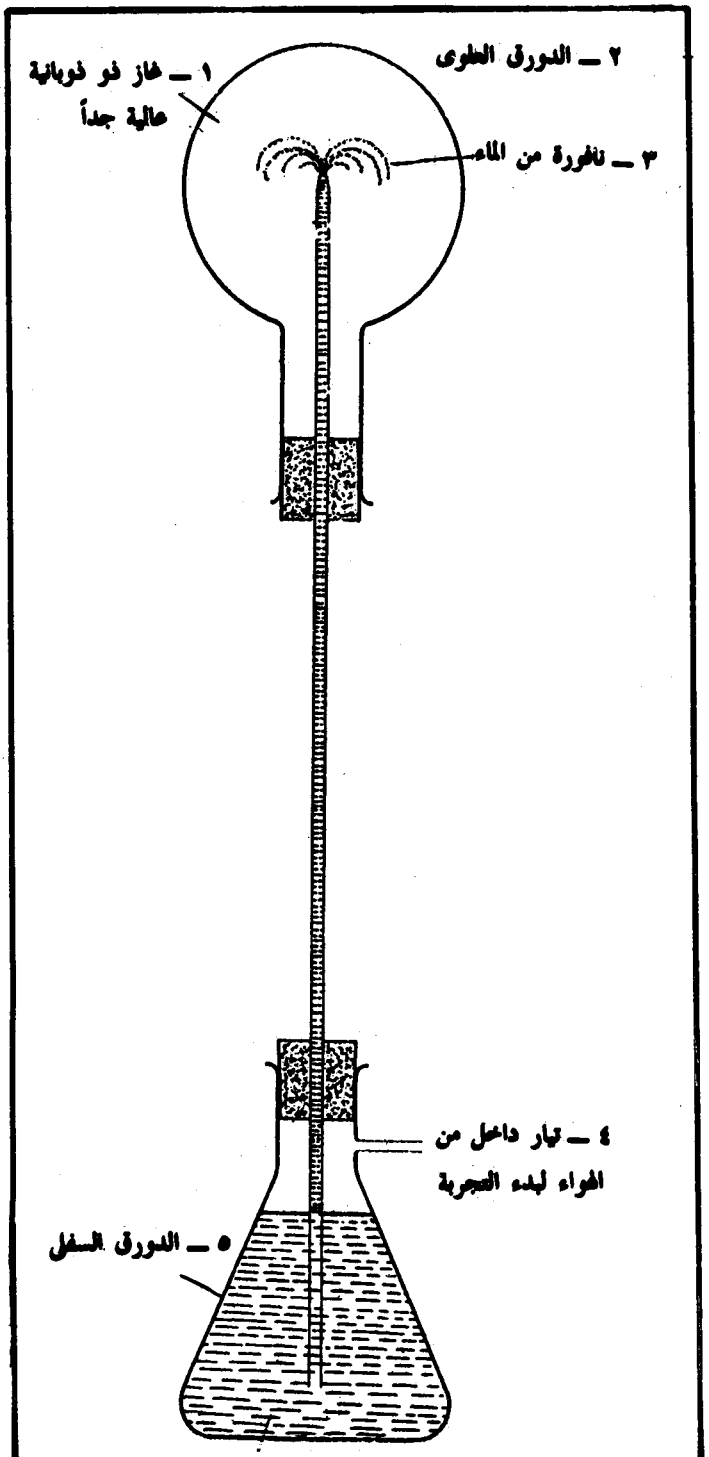
تستخدم هذه التجربة فى إيضاح ذوبانية كل من الأمونيا أو كلوريد الهيدورجين .

حيث يتم ملء الوعاء العلوى بالشكل (١ ــ ١٥) بأي من الأمونيا أو كلوريد الهيدروجين الجاف .

فعند إمرار تيار هوائى من الفتحة المخصصة . بالوعاء السفلى المملوء بالماء فإن الماء يبدأ فى الارتفاع عبر الأنبوبة الموصلة للوعاء العلوى حيث يخرج منها على شكل نافورة .

وفى الحال ينوب الغاز بالوعاء العلوى فى الماء الصاعد ويدخل لهذا مزيد من الماء للوعاء العلوى حتى يمتلىء .




١ ــ غاز ذو ذوبانية
عالية جداً
٢ ــ الدورق العلوى
٣ ــ نافورة من الماء
٤ ــ تيار داخل من
الهواء لبدء التجربة
٥ ــ الدورق السفلى

شكل (١ـ١٥)

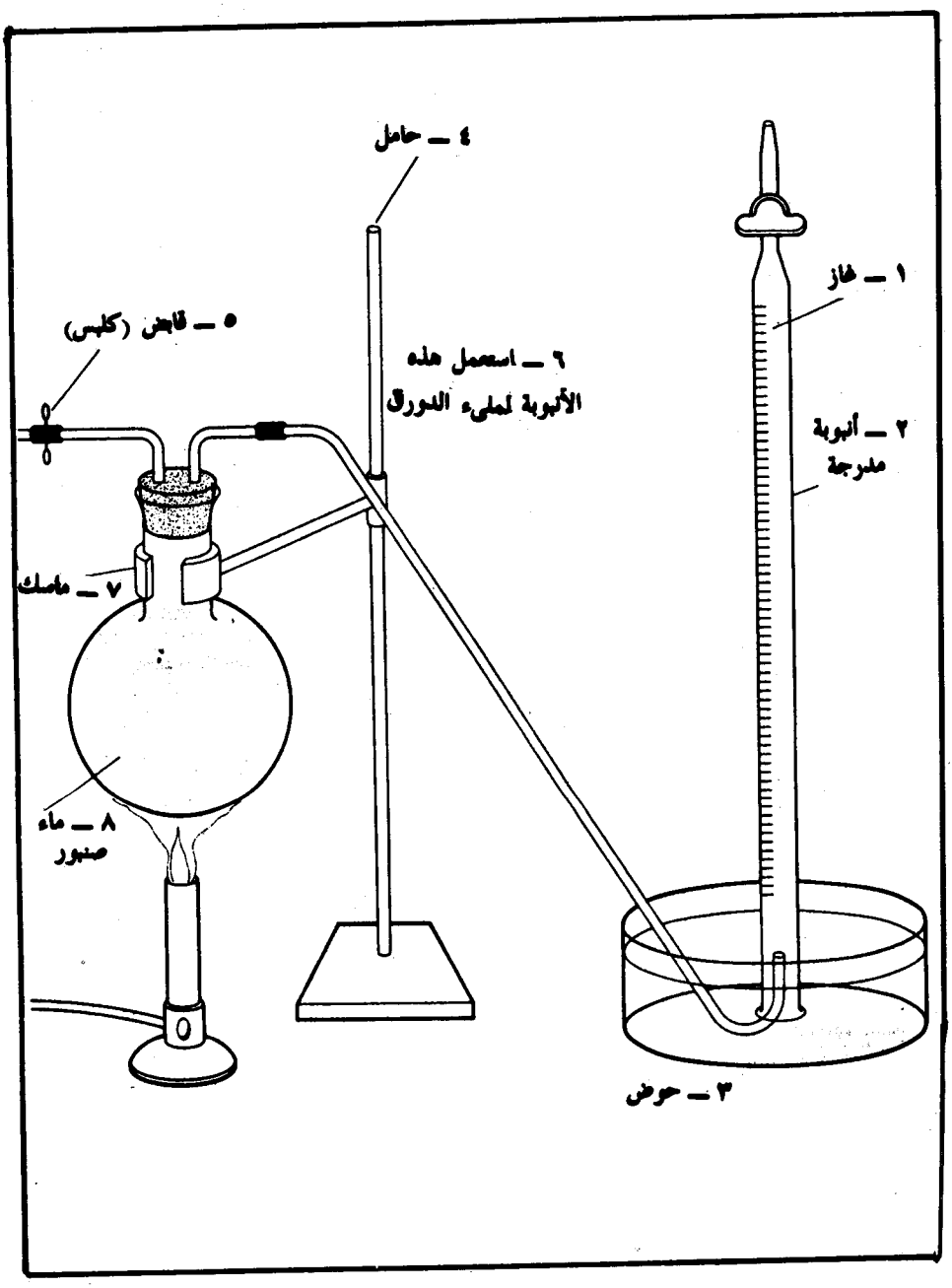
□ الحصول على الهواء المذاب فى عينة ماء :

إن الهواء المذاب فى عينة من الماء عند درجة حرارة الغُرفة ، لا يذوب إذا ما رُفعت درجة حرارة هذا الماء ، إلا أن الذوبانية تقل نسبياً بارتفاع درجة الحرارة .

يوضح الجهاز المبين فى شكل (١ ــ ١٦) ، والمملوء بماء صنبور عادى عملية تسخين للماء للحصول على الهواء المذاب به .

حيث يتم تسخين القنينة إلى أن يبدأ الماء فى الغليان حيث يتجمع لغاز المذاب فى الماء فى درجة حرارة الغرفة فى الأنبوبة الرأسية المدرجة فوق الما .

وبذلك فإننا نستطيع بالغليان أن نسحب من الماء كل الهواء المذاب .


٤ ــ حامل
١ ــ غاز
٥ ــ قابض (كلبس)
٦ ــ استعمل هذه
الأنبوبة لملىء الدورق
٢ ــ أنبوبة
مدرجة
٧ ــ ماسك
٨ ــ ماء
صنبور
٣ ــ حوض

شكل (١ ـ ١٦)

□ أهمية الغازات المذابة فى الماء :

يحتوى الماء عادة على نسبة مئوية صغيرة جداً من الهواء المذاب ، وهذا الهواء يحتوى على الأوكسجين اللازم للأسماك والأحياء المائية فى الأنهار والبرك .

حيث تأخذ الأسماك الماء عن طريق الفم وتقوم بنزع الأوكسجين منه ويخرج الماء ثانية عبر خياشيمها (gills) .

ولقلة الأوكسجين المذاب فى الماء فإن على هذه الأحياء المائية أن تأخذ كميات كبيرة من المياه حتى تحصل فى النهاية على الأوكسجين اللازم لها .

وتقوم النباتات المائية الخضراء بتوليد كميات من الأوكسجين فى الماء فإذا ما تلوث الماء بالمواد الكيميائية فإن هذا يؤدى لنقص كميات الأوكسجين وموت هذه الحيوانات المائية .

ويؤدى الهواء الذائب فى المياه إلى حدوث الصدأ فى داخل مشععات (رديايتيرات) السيارات وفى المواسير وفى المكاوى الكهربائية التى تعمل بالبخار ويساعد كل من الأوكسجين والماء على زيادة الصدأ .

ويجب التخلص من الهواء الذى يهرب من الماء عند تسخينه بداخل الرديايتير من وقت لآخر .

[١ ـ ٢٠] استخدامات الماء :

كلما ارتفع مستوى معيشة الشعوب كلما زاد استهلاك الفرد فيها ، للمياه ويبلغ متوسط استهلاك الفرد فى الدول المتقدمة فى حدود ١٦٠ ــ ١٨٠ لتر مياه يومياً .

وفيما يلى مفردات استهلاك الفرد الواحد فى إنجلترا من المياه :

الغسيل والاستحمام	٥٧	لترا/يوم
دورات المياه	٥٧	لترا/يوم
ماكينات الغسيل (مغاسل)	١٦	لترا/يوم
غسيل أطباق	١٦	لترا/يوم

حدائق	٧	لتر /يوم
طبخ وشرب	٥	لتر /يوم
غسيل سيارات	٣	لتر /يوم
الجملة	١٦١	لترا/يوم

وفى بعض الدول ، يبلغ استهلاك محطات توليد الكهرباء أكثر من نصف كميات المياه المتاحة بغرض إدارة التوربينات البخارية وبغرض التبريد .

ويستخدم الماء بكميات كبيرة فى الصناعة وفيما يلى ، جدول يبين استهلاك المياه بالطن ($م^3$) اللازم لإنتاج طن واحد من الخامات المختلفة .

انظر جدول (١ ــ ٤) .

كيماويات	أكثر من ١١٠٠ طن	حفظ الخضروات	أكثر من ١٠ طن
الرايون (حرير صناعى)	أكثر من ٧٠٠ طن	تكرير السكر	أكثر من ٨ طن
الصوف	أكثر من ٦٠٠ طن	فحم حجرى	أكثر من ٥ طن
الحرير	أكثر من ٢٥٠ طن	صناعة ألبان	أكثر من ٤ طن
ألياف صناعية	١٤٠ طن	الأسمنت	أكثر من ٤ طن
صناعة الورق	أكثر من ٩٠ـ٢٧٠ طن	البيرة	أكثر من ٢ طن
إنتاج الصلب	أكثر من ٤٥ طن	التغليف	أكثر من ٤ طن
الكوك	أكثر من ١٨ طن		

جدول (١ـ٤)
استهلاك الماء بالطن (متر مكعب) لكل طن منتج

ويلزم ٤٥٠ طن مياه لإنتاج سيارة واحدة .

وتستهلك شجرة البلوط (القرو) ٠,٦٧ طن يومياً فى صورة بخار .

كما وأن نبات الكرنب (الواحدة منه) يلزم لها ٠,١٥ طن مياه حتى تنمو وتصبح ناضجة تماماً .

وفى الصناعات الكيميائية والصناعات الغذائية (مأكل ومشرب) فإنه يلزم كميات كبيرة من المياه تدخل فى تركيب هذه الصناعات والمنتجات بالإضافة لاستخدامه فى أغراض التنظيف .

وفى صناعات تكرير سكر البنجر وصناعات الورق فإن الماء يستخدم فى تحريك الخامات ذاتها .

ويلزم الماء المقطر للعديد من الاستخدامات مثل المعامل (للمحاليل) ولتزويد مياه البطاريات ولتبريد كابلات الكهرباء ولغسيل الترانزستورات .

ويتم تجهيز هذا الماء المقطر بالتقطير أو بأى طريقة أخرى مناسبة .

ويوضح جدول (١ ــ ٥) نسب المواد الداخلة فى تركيب مياه البحر بالوزن (سواء المادة ذاتها أو مركباتها) .

أوكسجين	٨٥,٤٪	برومين	٪ ٠,٠٠٦٥
هيدروجين	١٠,٧٪	كربون	٪ ٠,٠٠٢٧
كلور	١,٨٥ ٪	نتروجين	٪ ٠,٠٠١٦
صوديوم	١,٠٣ ٪	سترونتيوم	٪ ٠,٠٠٠٧٩
مغنسيوم	٠,١٢٧ ٪	بورون	٪ ٠,٠٠٠٤٣
كبريت	٠,٠٨٧ ٪	سيليكون	٪ ٠,٠٠٠٢٨
كالسيوم	٠,٠٤٠ ٪	فلورين	٪ ٠,٠٠٠١٣
بوتاسيوم	٠,٠٣٨ ٪		

جـدول (١-٥)

نسب المواد الداخلة فى تركيب مياه البحر وزناً