كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الثالثة**

المادة : كيمياء بيئية

المحاضرة : الاولى/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الفصل الثالث

تلوث المياه
Pollution of Water

1-3 مقدمة Introduction

يُعدّ الماء العنصر الأساس في حياة الكائنات الحية، ويشكل غلافاً يحيط بالكرة الأرضية، يسمى الغلاف المائي Hydrosphere، يوجد الماء في الطبيعة إما في هيئة بخار ماء في الهواء، أو في هيئة سائلة متمثلة في مياه الأمطار والأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات، أو في هيئة صلبة على شكل جليد في القطبين، وفي بعض المناطق الباردة، وفي أعالي الجبال. وتجدر الإشارة إلى أن الماء بصوره الثلاث يمثل دورة هامة تجعل منه مصدراً متجدداً (يستهلك ويتجدد) في إطار متكامل ومتوازن.

يدرك الجميع أهمية الماء للحياة على سطح الكرة الأرضية كونه يدخل في تركيب خلايا وأنسجة الكائنات الحية، وإن نقصاً مقداره 10-20% من الماء الموجود في جسم الانسان أو الحيوان قد تؤدي به إلى الموت.

تُعدّ الأنهار والبحار والمحيطات من أفضل وأرخص طرق المواصلات لدرجة أن نشوء الحضارات كان مرتبطاً في الغالب بها دون غيرها، كونها تشكل وسيلة المواصلات ومصدر الماء والغذاء وغيرها، كما تُعدّ مياه الأنهار من أرخص مصادر الطاقة الكهربائية، وتحمل المحيطات والبحار أملاً في حل بعض من مشكلة الغذاء، نظراً لأن ثروات المحيطات لم تستغل حتى الآن بالأسلوب العلمي الذي يضمن للبشرية العائد المثالي كما هو الحال في الصيد الجائر الذي يكاد يُبيد العديد من الكائنات البحرية (سمك التونة وغيره)، ويحافظ في الوقت نفسه على المخزون الحيوي فيها من الثروات.

تغطي المياه حوالي 71% من سطح كوكب الأرض، وتُعدّ من أكبر النظم البيئية على الإطلاق، ترتبط النظم المائية مع بعضها البعض من خلال التيارات المائية التي تحدث بفعل الرياح، واختلاف كثافة المياه بسبب التفاوت الحاصل في درجات الحرارة، وتركيز الأملاح في المياه، وتنشأ التيارات المائية في المناطق الساحلية نتيجة لعمليات المد والجزر الناجمة عن جاذبية القمر، وتأخذ التيارات المائية اتجاهاً هو اتجاه دوران الأرض.

توجد ثلاثة أنواع من التيارات المائية هي: التيارات المائية السطحية، والتيارات المائية الوسطية، والتيارات المائية العميقة.

يختلف النظام البيئي المائي عن النظام البيئي البري من جوانب عدة، فبينما تشكل الرطوبة والحرارة العاملين المُحدّدين والأساسيين للنظام البيئي البري، نجد أن الأكسجين المُذاب والأشعة الشمسية هما العاملان المُحدّدان والأساسيان للنظام البيئي المائي. وتجدر الإشارة إلى أن الأكسجين يدخل إلى النظام البيئي المائي من خلال سطح التفاعل بين الماء والهواء حيث ينتقل الأكسجين من الغلاف الغازي إلى المياه إذا كان تركيز الأكسجين في الغلاف الغازي أعلى من تركيزه في المياه، في حين ينتقل الأكسجين من المياه إلى الغلاف الغازي إذا كان تركيزه في المياه أعلى من تركيزه في الغلاف الغازي. من ناحية ثانية، تقوم النباتات الخضراء والطحالب بتزويد المياه بالأكسجين عن طريق عمليات التمثيل الضوئي، كما تساهم الشلالات المائية ونشاط الأمواج البحرية في تزايد معدلات نقل الأكسجين من الهواء إلى الماء بسبب السطح الفاصل الكبير المُتشكل في مثل هذه الحالات.

تؤثر معدلات درجة الحرارة على معدل كمية الأكسجين الذائبة في المياه، فكلما ارتفعت درجة حرارة المياه تناقصت كمية الأكسجين المذابة فيه، كما أن ارتفاع درجة حرارة المياه يؤدي إلى تنشيط عمليات تحلل المواد العضوية، وبالتالي زيادة استهلاك الأكسجين المُذاب والتي قد تصل إلى حد استهلاكه تماماً مما يؤدي إلى القضاء على الكائنات الحية المائية الهوائية وتحويل عمليات التحلل الهوائي إلى تحلل لاهوائي، يترتب عليه انطلاق الغازات السامة مثل الميتان CH_4، والأمونياك NH_3.

تُعدّ الأشعة الشمسية أيضاً من العوامل المُحدّدة للحياة المائية، كونها لا تستطيع

اختراق عمق يزيد عن 30m تحت سطح المياه، وهو العمق الذي يتركز فيه التمثيل الضوئي في النظم الحياتية المائية، وتجدر الإشارة إلى أن قدرة الأشعة على اختراق المياه ترتكز على عوامل عدة أهمها درجة عكرة المياه، فكلما زادت معدلات العكارة قلت قدرة الأشعة الشمسية على اختراق المياه.

3-3 الخواص الفيزيائية للمياه Physical Properties of Water

تتمتع المياه بحرارة نوعية مرتفعة بالمقارنة مع الهواء، حيث يتطلب ارتفاع درجة حرارة المياه درجة مئوية واحدة امتصاص كمية من الحرارة أكبر مما تتطلبه بقية المواد الأخرى، كما أن المياه تتمتع بدرجة حرارة كامنة مرتفعة، فهي تعطي كمية من الحرارة تقدر بـ 80 Cal/g قبل أن تتجمد في درجة حرارة الصفر مئوية والعكس صحيح، وهذا ما يساعد نسبياً في حماية الكائنات الحية من التغيرات الفصلية الشديدة.

تعتمد درجة حرارة المياه على عوامل عدة أهمها: المقدار المُمتص من الإشعاع الشمسي، ومصدر المياه المغذية (ذوبان ثلوج، مياه جوفية، مياه تبريد محطات الطاقة الكهربائية...إلخ) وغيرها من العوامل الأخرى، وتلعب درجة حرارة المياه دوراً مهماً في حياة الكائنات الحية المائية التي تعيش فيها. من ناحية ثانية، تساهم درجة الحرارة مساهمة كبيرة في التفاعلات الكيميائية التي تجري في المياه، يضاف إلى ذلك ارتباط قدرة المياه على إذابة الغازات كالأكسجين وثنائي أكسيد الكربون والعديد من المواد الكيميائية بدرجة حرارة هذه المياه.

تتغير كثافة المياه تبعاً لدرجات الحرارة، حيث تزداد كثافتها بارتفاع درجة الحرارة، وتصل حدها الأعظمي المساوي للواحد في الدرجة 4°C، وتنخفض كثافة الماء قليلاً بين الدرجتين 0°C و 4°C. وتجدر الإشارة إلى أنه لو كانت الكثافة العظمى للماء تقع عند الدرجة 0°C وليس عند الدرجة 4°C أي تماماً عند تحول الماء إلى جليد لأدى ذلك إلى تراكم الجليد تراكماً مستمراً في أعماق البحار والبحيرات، ولأصبحت الأرض عالماً من الجليد مع وجود طبقة رقيقة سطحية من المياه. ومن ناحية ثانية، يتمتع الجليد بكثافة أقل من كثافة الماء خصوصاً في درجات الحرارة المنخفضة جداً، وهذا ما يجعله يطفو على سطح الماء بدلاً من نزوله إلى القاع مشكلاً بذلك طبقات جديدة ومتجددة على السطح، مما يسمح للكثير من الكائنات الحية المائية

بالاستمرار في حياتها تحت هذه الطبقة شريطة أن يكون الماء عميقاً عمقاً كافياً.

تنخفض لزوجة الماء مع ارتفاع درجة الحرارة والعكس صحيح كما تساهم اللزوجة الكافية في دفع الكائنات الحية الصغيرة نحو السطح بدلاً من سقوطها السريع نحو القاع، ويجب التذكير بأن التوتر السطحي للماء ومقاومته الكهربائية تتناسبان عكساً مع ارتفاع درجة الحرارة.

تتضمن الفحوصات الفيزيائية للمياه فحص الرائحة والطعم اللذين يلعبان دوراً مهماً مشابهاً لدور الفحوصات الكيميائية، ويعود سبب الرائحة والطعم في المياه إلى أسباب عدة أهمها :

1- وجود مواد عضوية متحللة في المياه، خصوصاً عند حدوث فقد أو نقصان في كمية الأكسجين الذائب في المياه، الأمر الذي يؤدي إلى عمليات تحلل لاهوائية وإنتاج روائح كريهة.

2- تكاثر الطحالب وما ينجم عنها من زيوت طيارة، وتحلل بقاياها بعد موتها وبخاصة تحت الظروف اللاهوائية.

3- تسرب الملوثات المختلفة إلى المياه.

يستحسن من أجل تحديد نوعية وتركيز الروائح المنبعثة من المياه شم العينة فوراً في مكان اعتيانها لتجنب تطاير بعض الروائح عند نقلها، وفي حال تعذر ذلك بسبب وجود رياح شديدة أو بسبب انبعاث روائح مُضلِّلة من المنطقة تجعل عملية الشم صعبة أو حتى مستحيلة، ينبغي نقل العينة إلى المختبر بعد وضعها في عبوة زجاجية لا رائحة لها. من ناحية ثانية، يجب من أجل ضمان عدم وجود روائح، تسخين العينة بوساطة حمام مائي تحت الدرجة 60 °C، ثمَّ شمها.

يمكن تصنيف الروائح المنبعثة من المياه على النحو الآتي:

1- بدون رائحة. 2- رائحة بسيطة. 3- رائحة قوية أو نفاذة.

تصنف نوعية الرائحة في الآتي:

1- رائحة تشبه رائحة التراب. 2- رائحة تعفن. 3- رائحة مواد عادمة.

4- رائحة تشبه رائحة السمك. 5- روائح كريهة(رائحة H_2S).

6- رائحة كيميائية (رائحة كلور، رائحة زيوت معدنية، رائحة فينول، وغير ذلك).

يسمح بتذوق طعم المياه في حالة التأكد من عدم وجود خطورة صحية على

المتذوق. يجري اختبار فحص طعم المياه دائماً بعد اختبار فحص الشم، نظراً لكونهـا تؤثر على اختبار فحص الشم.

يجري فحص طعم المياه عادة عند درجات حرارة تتراوح ما بين 8-12°C. وفي بعض الحالات تسخن العينة لدرجة حرارة 30°C للتأكد من وجود طعـم للميـاه، لأن طعم المياه يظهر بوضوح عند التسخين. وتصنف المياه تبعاً لطعمها على النحو الآتي:

1- بدون طعم 2- طعم قليل 3- طعم قوي

يصنف الطعم أيضاً في ما يلي:

1- ملحي 2- حمضي 3- أساسي (قلوي) 4- مر 5- حلو.

يلعب اللون دوراً مهماً في تحديد نوعية المياه، فالمياه النقية لا لون لهـا وتكـون شفافة، وتأخذ المياه في بعض الحالات ألواناً متعددة سببها وجود مـواد عـضوية ولا عضوية مذابة، أو على هيئة مُعلَّق غروي (Colloidal) كما هو الحال فـي مركبـات الحديد ومكونات الطين والمواد العضوية وغيرها.

يجري تفحص لون المياه بإحدى الطريقتين الآتيتين:

1- يجري تفحص لون المياه بالعين المجردة، حيث توضع العينة في عبـوة زجاجيـة شفافة، وتتم ملاحظتها على خلفية بيضاء وضوء خافت، ثمَّ يقارن اللـون مـع لوحـة الألوان إن وجدت، وتجدر الإشارة أنه في حالة احتواء العينة على مواد قابلة للترسب، ينبغي الانتظار حتى تترسب تلك المواد، أو إخضاعها إلى قوة نابذة لتسريع ترسيبها.

2- يجري تفحص لون المياه بوساطة جهاز التنومتر (Tintometer) الـذي يـستعمل الضوء الممتص أو المنعكس من قبل العينة.

تصنف نتائج فحص لون المياه على النحو الآتي:

1- بدون لون 2- لون خفيف 3- لون شديد

تنطوي العكرة تحت مفهوم الخواص الفيزيائية للميـاه، وتعـرف عكـرة الميـاه بقدرتها على بعثرة الضوء الساطع عليها. تدل عكرة المياه على وجود مـواد عالقـة عضوية ولا عضوية، وتتوقف درجة عكرة المياه على كمية المواد العالقـة ونوعهـا ولونها ودقة حبيباتها. وتجدر الاشارة إلى أن عكرة المياه تتغير تحت تأثير الأنـشطة البشرية خلال فصول السنة، حيث يرافق التفاوت في غنى الميـاه بـالمواد الغذائيـة وضوح الفروق بالنسبة للعكرة خلال فصول السنة.

توجد أساليب عدة لقياس درجة عكرة المياه أهمها:

1- تفحص المياه بالعين المجردة عن طريق وضع عينة مياه في عبوة زجاجية شفافة سعة 1lit.، يتم فحصها وملاحظتها على خلفية سوداء اللون، وخلفية بيضاء اللون، ثمَّ تُسجَّل درجة العكرة وفق الآتي:

a- شفافة b- عكرة ضعيفة c- عكرة مركزة d- عكرة مركزة جداً

2- يمكن تقدير عكارة المياه باستعمال صفيحة معدنية قطرها 20cm بيضاء اللون مثبتة على عمود معدني أو بلاستيكي مُدرج بالـcm، تنزل الصفيحة المعدنية داخل المياه مقدرة بالسنتيمترات، وتقدر درجة العكرة من خلال مدى الرؤيا الممكنة لرأس الصفيحة المغمورة في المياه.

3- يمكن تقدير عكرة المياه عن طريق المقارنة بعينة مياه تكون درجة عكرتها معروفة، إذ يحضر الماء المستخدم في المقارنة باستعمال مستحلب من تراب فولر (Fuller's Earth)، يُخفف هذا المستحلب بالماء المقطر بمعدلات تركيز معروفة معطياً عينات مختلفة في التركيز ودرجة العكرة (H_2O 5,10,15,20,.....100mg/l)، ثمَّ توضع هذه المحاليل العيارية داخل عبوات زجاجية شفافة من حجم ونوع واحد تستعمل في مقارنة العينة المراد معرفة درجة عكرتها بعد وضعها في زجاجة من الحجم نفسه والشفافية نفسها.

4- يستخدم جهاز جاكسون لقياس درجة العكرة، ويمثل هذا الجهاز شمعة قياسية أو مصباحاً كهربائياً بقوة معلومة وثابتة توضع فوقها وعلى مسافة ثابتة أنبوبة زجاجية مُدرَّجة بالمليمتر داخل أنبوبة نحاسية بدون قاعدة، يُسكب الماء تدريجياً في الأنبوبة الزجاجية حتى يختفي ضوء الشمعة أو المصباح الكهربائي، ثمَّ يُقرأ ارتفاع الماء في الأنبوبة الزجاجية والعكس صحيح، ويراعى إجراء الفحص بعيداً عن الضوء حتى لا تتأثر النتائج.

5- يستخدم جهاز قياس العكارة (Turbidimeter) الذي يعتمد في مبدئه على أساس اختراق حزمة ضوئية لعينة المياه، فتتبعثر الأشعة بوجود المواد المسببة للعكارة، وبالتالي يمكن قياسها بوساطة خلية ضوئية تعطي وحدة العكرة المطلوبة.

تلعب المواد غير الذائبة (Non-dissolved Substances) دورها في تحديد الخواص الفيزيائية للمياه. يقصد بالمواد غير الذائبة في المياه تلك المواد القابلة

للترسيب والمواد العالقة، وتزداد كمية المواد العالقة والمترسبة في المياه عموماً عقب سقوط الأمطار الغزيرة، حيث تقوم طاقة مياه الأمطار الساقطة على سطح المياه في بعثرة قسم من المواد المترسبة فيها، كما أن مياه الجريان السطحي تضيف كميات جديدة من المواد المحمولة والعالقة إلى مصادر المياه السطحية.

تُعرَّف المواد القابلة للترسيب (Settleable Materials) بأنها المواد ذات الكثافة الأعلى من كثافة المياه التي توجد فيها سواءً كانت هذه المياه مياه شرب أو مياهاً عادمة. تلعب نوعية المواد القابلة للترسيب دوراً مهماً في الحكم على نوعية المياه. فعلى سبيل المثال، تُعدَّ المواد الدقيقة الناتجة عن مسلخ، أو المواد السيللوزية الناتجة عن مصنع ورق أهم بكثير من الرمل الموجود في المواد القابلة للترسيب، لذا يستحسن تحديد نوعية المواد المترسبة قدر الإمكان (رملية، طينية، عضوية...الخ). وتجدر الإشارة إلى أنه يجب إجراء اختبار المواد القابلة للترسيب بأسرع وقت ممكن بعد أخذ العينة لمنع حدوث أخطاء جزاء تجمع وتخثر المواد الذائبة مع المواد غير الذائبة.

تؤخذ عينة المياه لهذا الغرض، وتوضع في جهاز القوة النابذة وتُدرج رجاً جيداً لمدة ساعتين. تقرأ بعد ذلك كمية المواد المترسبة مقدرة بالـ $mm/lit.H_2O$، كما يمكن أيضاً تجفيف المواد المترسبة هذه عند درجة حرارة 105°C، ثمَّ توزن بحيث نحصل على كمية المواد المترسبة بواحدة $mg/lit.H_2O$.

تُعرَّف المواد العالقة (Suspended Materials) بأنها المواد العالقة في عمود الماء، أو المياه العادمة ذات الكثافة الأقل من كثافة المياه التي توجد فيها، وتُحدَّد كمية المواد العالقة عن طريق أخذ عينة ماء حجمها 500ml، تُسكب في مُرشح، يعرف وزنه قبل القيام بعملية الترشيح. تجفف المواد العالقة في المُرشح بعد الترشيح عند الدرجة 105°C، وتحسب كمية المواد العالقة مقدرة بالـ $mg/lit.H_2O$.

4-3 مفهوم تلوث المياه Concept of Water Pollution

يُعرَّف التلوث المائي بأنه أية مخالفات من أي مصدر من المصادر يكون من شأنها التأثير على المياه وأوجه استخداماتها المختلفة أو أن تضر بصحة البيئة، وأهم هذه الملوثات هي:

- **مياه الصرف الصحي** **Sewage Water**

تحتوي مياه الصرف الصحي على كميات متفاوتة من المواد العضوية التي تتحلل بعملية الأكسدة إلى ثنائي أكسيد الكربون والماء. يعتمد قياس مدى هذا التلوث على كمية الأكسجين المستهلك في عملية تحلله تحت تأثير البكتريا الهوائية [Aerobic Bacteria (biochemical) Effect]، وهو اختبار قياسي يستند على اختبار الطلب الحيوي للأكسجين (Biological Oxygen Demand BOD) وذلك بعد حضن العينة لفترة خمسة أيام في الدرجة 20°C (BOD_5^{20})، ثمَّ قياس الأكسجين الذائب والمستهلك في عملية الأكسدة، ويتم التعبير عن نتيجة هذا الاختبار بالـ mgO_2/l، وقد تمَّ اعتبار مياه الصرف الصحي ملوثةً لأنها تؤدي إلى استهلاك كمية كبيرة من الأكسجين الضروري لحياة الحيوانات والنباتات المائية، بالإضافة إلى رائحتها الكريهة وجعل مياه الأنهار والبحيرات التي يتم فيها طرح هذه المياه غير صالحة للاستخدام البشري إلى جانب مشاكل أخرى عديدة.

- **العوامل الحاملة للعدوى** **Infections Agents**

يمكن لمياه المجاري أن تشكل وسيلة خطيرة لنقل عدوى أمراض عديدة للإنسان والحيوان، ومن أهم هذه الأمراض مرض الكوليرا الذي يفتك وباؤه سنوياً بآلاف الضحايا، وتنتقل عدواه غالباً عن طريق مياه الصرف الصحي.

- **المغذيات النباتية (الأسمدة)** **Plant Nutrients (Fertilizers)**

يؤدي التلوث بوساطة الأسمدة النتروجينية والفوسفورية وبالمنظفات (Detergents) الحاوية على كميات كبيرة من الفوسفور إلى نمو النباتات المائية التي تعيق استخدام المياه، كما أن هذه النباتات قد تتحلل مستهلكة بذلك كميات إضافية من الأكسجين المستهلك حيوياً (BOD) ومؤدية إلى انتشار روائح كريهة في المنطقة المحيطة، وتجدر الإشارة إلى أن الطحالب التي تنمو وتتكاثر في مثل هذه الظروف تمثل عقبة كبيرة تعيق الاستخدام الرشيد للمياه، وكذلك هو الحال لدى الاستخدام الكثيف للمنظفات، كما حدث لمجرى نهر بردى في السنوات الماضية، حيث ملأت الطحالب المجرى تماماً.

- **المركبات العضوية الغريبة** **Exotic Organic Substances**

تشمل هذه المركبات نواتج المنظفات ومبيدات الآفات ونواتج صناعية أخرى ونواتج تحلل المواد العضوية العادية وهي مركبات سامة للأسماك حتى إن وجدت بتراكيز منخفضة جداً مثال: جزء واحد في المليون من الفينول، وتجدر الإشارة إلى أن الكثير من هذه المواد لا تتحلل بفعل البكتريا، أو أن تحللها يكون بطيئاً جداً.

- **المواد اللاعضوية والمركبات الكيميائية**

Inorganic Materials and Chemical Substances

تنتقل هذه المواد إلى المياه عن طريق مياه الصرف الصحي التي ترد إليها مثل هذه المواد من الصناعات المختلفة، فتلوثها مُسببة بذلك في قتل الأسماك والحيوانات المائية الأخرى، ومن أهم هذه الملوثات الزئبق الذي كان يعتقد أنه يترسب بشكله الفلزي إلى القاع. وقد أظهرت الدراسات أن بعض أنواع البكتريا الموجودة في طين القاع تقوم بتحويله إلى ميثيل الزئبق $(CH_3)_2Hg$ الذي يتركز في أجسام الكائنات الحية مسبباً تسممها، وينتقل هذا الملوث السام إلى الإنسان عبر السلسلة الغذائية وخاصة الأسماك. وهناك مواد لا عضوية أخرى لا تؤثر في نوعية المياه هي:

- **الكالسيوم والمغنزيوم:**

يتحد الكالسيوم والمغنزيوم مع البيكربونات والكربونات والكبريتات والكلوريدات والسيليكات مكونين حشفاً أو طبقات عازلة للحرارة في الغلايات الكهربائية وفي الأجهزة الأخرى التي يتم فيها حدوث التبادل الحراري، مؤدياً بذلك أحياناً إلى انسداد الأنابيب الموصلة للسخانات والغلايات وغيرها من الأجهزة المنزلية والصناعية مُسبباً انفجارها. من ناحية أخرى، يتحد الكالسيوم والمغنزيوم مع شوارد الحموض الدهنية للصابون معطلةً بذلك جزءاً كبيراً من المادة الفعالة في الصابون ومكونة رواسب غير مرغوب فيها تؤدي إلى تشويه الأحواض في الحمامات ودورات المياه. وتجدر الإشارة إلى أن ارتفاع مستوى المغنزيوم في المياه يسبب إسهالاً معوياً وخاصة عند الأشخاص الذين لم يعتادوا على استخدام مثل هذه المياه.

- **الصوديوم والبوتاسيوم:**

تساعد التراكيز المرتفعة من الصوديوم والبوتاسيوم في المياه التي تزيد عن

50mg/l بوجود مواد عالقة في تسريع تكون الترسبات الحرشفية ومن صدأ السخانات وتأكلها، كما يؤدي وجود كربونات الصوديوم والبوتاسيوم في مياه التبريد إلى بدهور حالة أخشاب أبراج التبريد، وقد تبين أيضاً أن وجود الصوديوم بتركيز أعلى من 65mg/l يسبب صعوبات في صناعة الثلج.

- **الكربونات والبيكربونات:**

تتفكك البيكربونات بالتسخين وتتحول إلى كربونات وثنائي أكسيد الكربون وبخار الماء، وتتحد الكربونات مع العناصر القلوية الترابية وبصورة رئيسة مع الكالسيوم والمغنزيوم مكونةً ترسبات حرشفية على هيئة طبقة من كربونات الكالسيوم وكربونات المغنزيوم، يؤدي إلى خفض النقل الحراري عبر جدران أنابيب التوصيل، كما أنه يحد من انسياب السوائل في هذه الأنابيب وأحياناً إلى انسدادها كلياً. وتجدر الاشارة إلى أنه من غير المرغوب فيه لكثير من الصناعات أن يكون تركيز الكربونات والبيكربونات والقلويات في المياه بصفة عامة مرتفعاً.

- **الكبريتات:**

تتحد الكبريتات أيضاً مع الكالسيوم مكونةً ترسبات حرشفية ملتصقة تحد من النقل الحراري في الأنابيب، لذلك فإنه من غير المسموح به لبعض الصناعات أن يكون تركيز الكبريتات في المياه أعلى من 250mg/l، كما أن وجود الكبريتات في المياه بتركيز 500mg/l أو أعلى من ذلك، تكسب المياه طعماً مراً. وتجدر الإشارة إلى أن المياه المحتوية على تركيز أعلى من 1000mg/l كبريتات تسبب أضراراً صحية جسيمة.

- **الكلوريد:**

يعطي الكلوريد عند تركيز أعلى من 100mg/l طعماً ملحياً للمياه، ويُعدَّ مقياساً لدرجة الملوحة، كما أنه يسبب عند مثل هذا التركيز مضاعفات فيزيولوجية وأمراض متنوعة، وتتطلب الصناعات الغذائية عادةً وجود تركيز من الكلوريد أقل من 250mg/l ، كما أن صناعة المنسوجات والورق والمطاط الصناعي تتطلب تركيز أقل من 100mg/l كلوريد.

- **الحديد:**

تدل الدراسات أن تعرض المياه للهواء الجوي تؤدي إلى ترسيب أكثر من 0.01mg/l حديد على هيئة $Fe(OH)_3$؛ مما يسبب تعكيراً لهذه المياه، ويؤدي إلى تشكل بقع حمراء اللون على أنابيب التوصيل وأدوات الغسيل والطهي، كما يعطي طعماً ولوناً غير مستساغ للمشروبات والمأكولات. وتجدر الإشارة إلى أنه من غير المسموح به لبعض الصناعات أن يصل تركيز الحديد في المياه إلى حدود 0.2mg/l حديد.

5-3 التجارب العملية Experiments

3-5-1 قياس الحموضة Acidity Measurement

تعزى حموضة المياه إلى تلوثها بالحموض المعدنية والأملاح الحمضية.

خطوات العمل:

1- تؤخذ عينة ماء من الصنبور أو من مجرى مائي حجمها 500ml، وتُرشَّح في قمع ترشيح باستخدام ورق ترشيح عادي، وتُجمع الرشاحة الناتجة في بيشر سعة 1lit.

2- يؤخذ بوساطة اسطوانة مُدرَّجة حجم" مقداره 100ml من الرشاحة الناتجة. تنقل إلى إرلنماير، يوضع الإرلنماير على سطح أبيض أو على ورقة بيضاء، ويضاف إلى عينة الماء 0.1ml من محلول مشعر برتقالي الميثيل أو قطرتان منه.

3- تملأ السحاحة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم العياري 0.02 N.

4- تُعايَر عينة الماء بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم العياري ببطء من السحاحة مع مزج المحلول بلطف عبر تحريك الإرلنماير حتى انقلاب لون المحلول إلى البرتقالي (حموضة برتقالي الميثيل).

5- تُكرَّر المُعايَرة وفق الطريقة نفسها وذلك بعد استبدال مُشعر برتقالي الميثيل بمشعر الفينول فثالئين حتى ظهور لون أحمر- وردي خفيف (حموضة الفينول فثالئين).

6- يُحدَّد حجم الأساس (V)المستهلك من هيدروكسيد الصوديوم الذي يمثل عيار الحموضة وفق العلاقة الآتية:

$$\frac{V_{NaOH}(ml)\times 0.02N\times 1000}{\text{الماء}\quad\text{عينة}\quad(ml)} = ppm\,(mg/l)CaCO_3$$

ملاحظات:

1- ينبغي في حال استهلاك عينة الماء أثناء المُعايَرة لحجم يزيد عن 25ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم، ضرورة أخذ عينة من الماء أقل حجماً وتمديدها إلى 100ml بالماء المقطر الخالي من غاز CO_2 بعد غليه.

2- يجب في حال احتواء عينة الماء على الكلور الحر ضرورة إضافة 0.05ml من محلول ثيوكبريتات الصوديوم 0.1N أو قطرة واحدة منه وذلك من أجل الحؤول دون إزالة لون مشعر برتقالي الميثيل.

3- يُحضَّر محلول مُشعر برتقالي الميثيل بإذابة 0.1g منه في 250ml من الكحول الإيثيلي 20%. يُحضَّر محلول مشعر الفينول فيثالئين بإذابة 2.5g منه في 250ml من الكحول الإيثيلي 95%.

3-5-2 قياس القلوية Alkalinity Measurement

تعزى قلوية أو أساسية الماء إلى وجود البيكربونات والكربونات والهيدروكسيدات سواءً في المياه الطبيعية أو المعالجة.

خطوات العمل:

1- تؤخذ عينة مياه طبيعية أو معالجة حجمها 500ml، وتُرشَّح العينة في قمع ترشيح باستخدام ورق ترشيح عادي، وتُجمع الرشاحة في بيشر سعة 1lit.

2- يؤخذ بوساطة اسطوانة مُدرَّجة حجم" مقداره 50-100ml مياه طبيعية أو معالجة (20ml ماء مغلي). يوضع في إرلنماير، ويُضاف إليه 0.1ml من محلول مشعر الفينول فثالئين أو قطرتان منه، فيتلون المحلول بلون أحمر- وردي.

3- تملأ السحاحة بمحلول حمض الكبريت العياري 0.02N.

4- تُعايَر عينة الماء بإضافة محلول حمض الكبريت العياري ببطء من السحاحة مترافقاً مع مزج المحلول بلطف عبر التحريك الدوراني للإرلنماير وذلك حتى اختفاء اللون الأحمر-الوردي (قلوية الفينول فثالئين).

5- يُحدَّد حجم الحمض (V) المستهلك من حمض الكبريت والذي يمثل عيار القلوية وفق العلاقة الآتية:

$$\frac{V_{H_2SO_4}(ml)\times 0.02N\times 1000}{\text{الماء}\quad\text{عينة}\quad(ml)} = ppm\,(mg/l)CaCO_3$$

ملاحظات:

a- ينبغي أخذ عينة ماء أصغر حجماً عند استهلاك العينة المدروسة أثناء المُعايَرة لحجم يزيد عن 20ml من محلول حمض الكبريت، أو عينة أكبر حجماً عند استهلاك العينة المدروسة أثناء المُعايَرة لحجم يقل عن 5ml من الحمض.

b- يُفسر بقاء المحلول عديم اللون بعد إضافة المشعر أنه ليس هناك وجود لقلوية الفينول فثالئين.

6- يؤخذ من جديد بوساطة اسطوانة مُدرَّجة حجم" مقداره 50-100ml مياه طبيعية أو معالجة من الرشاحة التي تمَّ الحصول عليها في التجربة السابقة. يوضع في إرلنماير، ويضاف إليه 0.1ml من مشعر برتقالي الميثيل أو قطرتان منه.

7- تُعايَر عينة الماء بإضافة محلول حمض الكبريت العياري ببطء من السحاحة مع مزج المحلول بلطف عبر تحريك الإرلنماير تحريكاً دورانياً وذلك حتى ظهور اللون البرتقالي في المحلول (قلوية برتقالي الميثيل).

8- يُحدَّد حجم الحمض (V) المستهلك من حمض الكبريت والذي يمثل عيار القلوية وفق العلاقة الآتية:

$$\frac{V_{H_2SO_4}(ml)\times 0.02N\times 1000}{\text{الماء}\quad\text{عينة}\quad(ml)} = ppm\,(mg/l)CaCO_3$$

ملاحظات:

1- ينبغي عند استهلاك عينة الماء أثناء المُعايَرة لحجم يزيد عن 30ml من محلول حمض الكبريت، ضرورة إعادة التجربة باستخدام عينة من الماء أقل حجماً.

2- يجب في حال احتواء عينة الماء على الكلور الحر المتبقي، ضرورة إضافة 0.05ml من محلول ثيوكبريتات الصوديوم أو قطرة منه، وذلك تجنباً لإزالة لون مشعر برتقالي الميثيل.

3-5-3 قياس pH والأملاح الذائبة

pH- Measurment and Soluble Salts

يتم قياس pH لعينة مائية وذلك باستخدام جهاز pH-meter، كما يتم أيضاً تحديد كمية الأملاح الذائبة بتبخير 100ml من عينة الماء حتى درجة الجفاف، ويُعاد التجفيف مرات عدة حتى ثبات وزن البوتقة التي سبق وزنها.