

تلوث البيئة

Environmental Pollution

يعرف التلوث (Pollution) بأنه إدخال الملوثات التي تسبب تغييرًا سلبيًا في البيئة الطبيعية . قد يكون التلوث على شكل مادة (صلبة أو سائلة أو غازية) أو على شكل طاقة (مثل النشاط الإشعاعي أو الحرارة أو الضوضاء أو الضوء) والملوثات أو عناصر التلوث هي إما مواد أو طاقات دخيلة أو ملوثات متوفرة بشكل طبيعي.

على الرغم من أن التلوث البيئي يمكن أن يكون ناتجًا عن حوادث طبيعية فإن كلمة «تلوث» تعني بشكل عام أن الملوثات لها مصدر بشري، أي ناتجة عن الأنشطة البشرية.

تشمل أشكال التلوث الرئيسية: تلوث الهواء، والتلوث الضوئي، وإلقاء القمامة، والتلوث الضوضائي، وتلوث البلاستيك، وتلوث التربة، والتلوث الإشعاعي، والتلوث الحراري، والتلوث البصري، وتلوث المياه.

تشير تقديرات منظمة الصحة العالمية لعام ٢٠١٦ إلى أن ٥٨% من حالات الوفاة المبكرة الناجمة عن تلوث الهواء الخارجي كانت بسبب الإصابة بمرض القلب والسكتة الدماغية، في حين كانت ١٨% من حالات الوفاة المبكرة بسبب الإصابة بمرض الرئة الانسدادي المزمن وعدوى الجهاز التنفسي السفلي الحادة على التوالي، بينما تسبب سرطان الرئة في ١٦% من الوفيات.

ما هو التلوث البيئي

What Is Environmental Pollution

عادة ما يكون التلوث البيئي، على شكل مواد ضارة تهاجم الهواء والماء والتربة، ومن الممكن أن يكون أيضاً على شكل موجات، تهاجم أذاننا (تلوث سمعي أو ضوضائي) وعيوننا (تلوث بصري).

حالياً، يكثر الحديث عن التلوث بسبب الغازات التي تسبب الاحتباس الحراري. تنتج هذه الغازات عن طريق السيارات والشاحنات وبعض المصانع وثنائي أكسيد الكربون CO₂ ، هو واحد منها. علماء، أن ثاني أكسيد الكربون لطالما كان موجوداً بشكل طبيعي في الطبيعة، وإذا أصبح ثاني أكسيد الكربون مادة ملوثة اليوم، فذلك لأنه تراكم بشكل غير طبيعي في الهواء، على مدار الـ ١٠٠ عام الماضية.

مفهوم التلوث البيئي

The Concept Of Environmental Pollution

مفهوم التلوث البيئي يعني أي عملية اختلاط لأيّ مكون من مكونات الوسط البيئي، من ماء وهواء وتربة، بمواد أو طاقة أو موجات ضارة.

بعض هذه المواد تتسبب بأضرار فورية مؤقتة، والبعض الآخر، لا يظهر ضرره إلا بعد فترة طويلة من الزمن، ما يؤدي إلى اختلال حادّ للتوازن البيئي وللحياة على سطح الأرض.

Air pollution

١ . تلوث الهواء

إن تلوث الهواء أو الغلاف الجوي، هو أشهر أنواع التلوث وأكثرها تدميراً. كانت غازات الدفيئة، التي هي في الأصل طبيعية ثم تضاعفت بشكل كبير بسبب النشاط البشري منذ القرن الـ١٩، هي المسؤولة الأولى عن التلوث. هذه الغازات، بالإضافة إلى تلويث الأرض، هي أيضاً سبب الاحتباس الحراري على سطح الكرة الأرضية.

ملوثات الغلاف الجوي الأخرى مثل الجسيمات الدقيقة هي أيضاً ضارة جداً بالكوكب. فتدمير طبقة الأوزون يسمح للأشعة فوق البنفسجية الضارة بالمرور عبر الغلاف الجوي. كل هذه الملوثات ستقلل تدريجياً من جودة الهواء وبالتالي ستؤدي إلى فقدان العديد من الكائنات الحية وكذلك الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية المختلفة بالإضافة إلى أمراض الجلدية والحساسية .

Soil pollution

٢ . تلوث التربة

يُعرف تلوث التربة بأنه وجود بعض المواد الكيميائية داخل التربة بتركيزات كبيرة -أكبر من تركيزها المعتاد- تؤثر بشكل سلبي على الإنسان، والحيوان، والنبات، وينتج تلوث التربة بسبب أنشطة البشر المختلفة، إلا أن جزءاً من التلوث يحدث نتيجة بعض العوامل الطبيعية كزيادة تركيز المعادن الثقيلة السامة، مثل: الكاديوم، والزرنيخ، والنيكل في التربة الصالحة للزراعة بشكل كبير، ويُعدّ تلوث التربة واحداً من الأخطار الخفية في البيئة نتيجة لعدم القدرة على رؤية هذا النوع من التلوث بالعين المجردة، إضافة إلى عدم القدرة على تقييمه بشكل مباشر.

يتم تلوث التربة عند دخول مواد كيميائية (مبيدات الآفات والأسمدة) مباشرة في التربة، فتتلوث المنتجات والمحاصيل الغذائية الزراعية التي يتناولها الإنسان وبعض الحيوانات. إذ إن بعض المبيدات الحشرية من الناحية الكيميائية عبارة عن أمينات ثانوية كما إن بقايا النباتات المعاملة بالمبيدات الحشرية أثناء تحللها في التربة تنقل المبيدات من النبات إلى التربة وأثناء تحلل هذه الأمينات مع النتريت فيتكون مركب Nitrosamine وهو يعد مادة مسرطنة عند وصوله للإنسان عن طريق الماء أو الخضار أو في التربة .

Water pollution

٣ . تلوث المياه

يحصل تلوث المياه لأسباب مختلفة. من الممكن أن يأتي من التلوث الصناعي (تفريغ القوارب في البحار، تصريف المواد الكيميائية) كذلك تفريغ النفط أو الوقود في المجاري المائية أو عدم معالجة مياه الصرف الصحي . أيضاً التلوث من خلال الزراعة (استخدام المواد الكيميائية التي تلوث المياه الجوفية والسطحية) ومن الظواهر الملوثة التي تحدث نتيجة استخدام الأسمدة الكيميائية بكثرة (املاح الامونيوم واليوريا) الذي يفوق حاجة التربة هي ظاهرة الاثراء الغذائي Eutrophication وتعني انتعاش نمو الطحالب والنباتات في المسطحات المائية نتيجة لزيادة المحتوى الغذائي للمياه وان وصول (0.3 ppm) من النترات إلى تلك المسطحات كافية لإحداث هذه الظاهرة وهذه الظاهرة تؤثر في تغيير طعم المياه ورائحته وبذلك تصبح معالجة تلك المياه مكلفة جداً بعد تنقيتها من الطحالب ، وقد يحدث نقص في كمية الاوكسجين عندما تزداد الاعداد

البكتيرية في تلك المياه مما يؤثر في حياة الاحياء المائية كالأسمك وغيرها من الكائنات الحية نتيجة استهلاك الاوكسجين في اكسدة الزيادة في المواد العضوية المتراكمة في تلك المياه . كما ان نمو هذه النباتات في البحيرات والمسطحات المائية قد يعيق الملاحة النهرية.

ان تلوث مياه الشرب بأيونات النترات يؤدي الى مرض زرقة العيون (Methemoglobinemia) الذي يصيب الاطفال بصورة خاصة ، حيث ان وجود النترات أكثر من (10 ppm) في مياه الشرب او الخضراوات قد يؤدي الى حدوث هذا المرض بسبب اختزال النترات في القناة الهضمية الى نتريت وبوصول النتريت الى الدم يتفاعل مع الهيموغلوبين مكون مركب (Methemoglobin) وهذا المركب يؤدي بدوره الى اعاقه عملية نقل الدم في الجسم. لذلك وضعت منظمة الصحة العالمية (WHO) التركيز السابق هو الحد الذي يسببه هذا المرض .

٤ . تلوث بالنفايات النووية والكيميائية Pollution with nuclear and chemical waste

للنفايات النووية والكيميائية عواقب وخيمة على البيئة، إذا تم إطلاقها مباشرة في الهواء أو وضعها في الأرض (من خلال سوء الاستخدام والتخزين أو الحوادث والحروب). لهذه النفايات خصوصية البقاء "نشطة" في البيئة لفترة طويلة جداً، وهي قاتلة لجميع الكائنات الحية.

٥ . أشكال أخرى للتلوث Other Pollution

هناك العديد من أشكال التلوث، مثل التلوث الضوئي أو الكهرومغناطيسي أو البصري أو السمعي أو حتى التلوث الفضائي. على الرغم من أن هذه الأشكال الجديدة من التلوث، التي أحدثتها بعض الدول الصناعية الكبرى، حديثة إلى حد ما على المستوى البشري، وأقل حضوراً من باقي الملوثات التقليدية. مع ذلك، تبقى خطيرة، وقد تكون ضارة مثل الأنواع التقليدية من التلوث .

أضرار ومخاطر التلوث البيئي Harms And Risks Of Environmental Pollution

يقول العلماء إن التلوث البيئي يسبب أضرار كثيرة منها :

- التلوث البيئي يؤثر على حياة الإنسان الصحية والنفسية والعصبية، إذ ان تلوث الهواء الخارجي مسؤول عن مشاكل صحية و انتشار الامراض مثل أمراض الجهاز التنفسي والرئة (كالربو) والقلب والإصابة بالسرطان والحساسية. كما أن له تأثير سلبي على الإنجاب وصحة نمو الجنين. وعلى الصعيد العالمي، يتسبب التلوث البيئي في أضرار جسيمة مثل الاضطرابات الهرمونية والتهاب الكبد والتيفوئيد والاسهال .
- قد يسبب التلوث البيئي الى تغيير النظام البيئي إذ أن ثاني أوكسيد الكبريت وأوكسيد النيتروجين، مسؤولان عن الامطار الحامضية (الثلج والمطر والضباب والندى الذي يصبح تحت تأثير هذه الملوثات يصبح حامضياً) ويزيد حامضية البحيرات والأنهار، ويغير خصائص التربة بسبب اختلال الرقم الهيدروجيني (pH) في التربة وبالتالي يهدد النباتات كما أن تلوث التربة يؤدي إلى موت الحيوانات والغطاء النباتي من حيث جاهزية العناصر الغذائية .





- زيادة النيتروجين والفوسفات في المياه يشجع على نمو الطحالب السامة بالإضافة الى اعاققتها لوصول اشعة الشمس واعاققة النمو الطبيعي للكائنات والحيوانات المائية وبالتالي فان موت الكائنات الحية الدقيقة نتيجة تلوث التربة يؤثر سلباً على المستوى الأول من السلسلة الغذائية .
- يتسبب تلوث الأوزون في إتلاف أوراق الأشجار والعديد من النباتات، كما تساهم الملوثات، مثل ثاني أكسيد الكربون، في زيادة تأثير الاحتباس الحراري، وبالتالي تغير المناخ كما يؤدي بدوره إلى زيادة الأشعة فوق البنفسجية الضارة التي تؤثر على الجلد والعين بشكل مباشر بالإضافة الى ان هذه الاشعة ضارة بالنسبة للأحياء المجهرية . كما ان الاحتباس الحراري يسبب الكوراث الطبيعية والبيئية التي تتسبب في أضرار بالغة على الإنسان مثل ذوبان الجليد وارتفاع درجة حرارة الأرض.
- تؤثر التربة الزراعية الملوثة على الجهاز الهضمي للإنسان عن طريق زيادة تراكيز العناصر الملوثة عن الحد المسموح في التربة .
- الضباب الدخاني يتسبب في حجم أشعة الشمس عن الأرض بالتالي موت النباتات والإضرار الكبير بالنباتات بالتبعية.
- تعرض الأم لتأثير الإشعاعي الناتج عن المصانع والمفاعلات النووية ومحطات توليد الكهرباء يشوه الأجنة .

حلول للحد من التلوث البيئي Solutions to reduce environmental pollution

يقترح الخبراء بعض الحلول لتجنب التلوث البيئي و مخاطره منها:

- تقليل الأنشطة الملوثة وتشجيع الإنتاج العضوي مع احترام الإدارة البيئية وحماية البيئة في الوقت نفسه، يجب الحدّ من إنتاج النفايات وتجنب استنفاد الموارد بأن تعتمد جميع الدول إعادة تدوير النفايات ومعالجتها. فهذا يؤدي إلى استهلاك أقل للمواد، ويحد من النفايات وإطلاق الكربون في الغلاف الجوي .
- بالإضافة إلى ذلك، يجب أيضاً تقييد تدمير الموارد الطبيعية أو الموطن الطبيعي، لحماية التنوع البيولوجي، وحظر الصيد المكثف للحيوانات المهددة بالانقراض، وما إلى ذلك .
- كذلك ترشيد استخدام الاسمدة الكيميائية واستخدام الاسمدة العضوية بدلاً عنها اذ يعتبر السماد العضوي عنصر خالي من المواد الكيميائية التي تسبب في تلوث التربة .
- كما يشدد الخبراء على وجوب استخدام الطاقة المتجددة، كالطاقة الشمسية وتوربينات الرياح وتوربينات المد والجزر والطاقة الكهروضوئية والكتلة الحيوية والطاقة الحرارية الأرضية وغيرها. قد يكون تركيبه مكلف للغاية، ولكن بفضل هذا النظام، من الممكن استهلاك طاقة أحفورية أقل، وبالتالي توفير في فاتورة الكهرباء والأهم توفير تلوث البيئة.
- الحد من انبعاثات السيارات وذلك عن طريق تشجيع النهج والاتجاه الحديث في صناعة السيارات الصديقة للبيئة ، الأقل من حيث معدلات الانبعاثات، وذلك عن طريق التوسيع في تصنيع السيارات المسيرة بالطاقة الشمسية والكهرباء على سبيل المثال وغيرها من المواد البديلة الأقل ضرراً أو تلويناً للبيئة وأكثر استدامة .
- زيادة المساحات الخضراء اذ انها تعتبر من أهم المصادر الطبيعية لتنقية الهواء وزيادة انتاج الاوكسجين اللازم لجميع الكائنات الحية ، حيث قامت العديد من دول العالم

بالمشاركة في حملات التشجير في حملات التشجير العالمي كمحاولة للحد من التلوث البيئي وأثار التغير المناخي الملحوظ خلال الأعوام الأخيرة التي زادت بها معدلات الخسائر الاقتصادية والبشرية نتيجة لكثرة اندلاع الحرائق في الغابات ، وبالتالي لا بد من تعويض هذا الفاقد من الخسائر الهائلة من المساحات الخضراء في العالم ، وذلك بتشجير المساحات القابلة لذلك بقدر المستطاع ، لأنها تزيد من الاماكن الظلية وبالتالي تعمل على تقليل درجات الحرارة فتقلل من حدة الحرائق وذوبان الجليد ، كما تزيد من نسبة الاوكسجين في الجو وتعمل على تنقيته .

• سن التشريعات وذلك بالعمل على التكاثف فيما بين الدول والمؤسسات الدولية والاقليمية المحلية لمراقبة وتقييم معدلات الانبعاثات الناتجة عن النشاط الصناعي العالمي للحد من اضرار التلوث البيئي عن طريق وضع موائيق وبنود عقابية رادعة مادياً ومعنوياً على كل المخالفين أو المتسببين في تفاقم الأزمة ، كالمصانع والمناجم ومحطات تكرير البترول وغيرها من الجهات المتسببة في التلوث البيئي المضر بالصحة العامة .

تقدير رقم الحموضة pH في التربة

تعرف درجة حموضة التربة أو ما يسمى (pH) التربة على انها اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين النشط في محلول التربة ، وأن درجة حموضة التربة من أهم القياسات في التربة والذي يمكن من خلاله التعرف على كثير من صفات التربة .

$$\text{pH} = - \log [\text{H}^+]$$

أي أن أيون الهيدروجين H^+ هو سبب الحموضة وأيون الهيدروكسيل OH^- هو المسؤول عن القلوية ، وكما هو معروف ان الماء يتأين كما يلي :



ويكون ثابت الانقسام

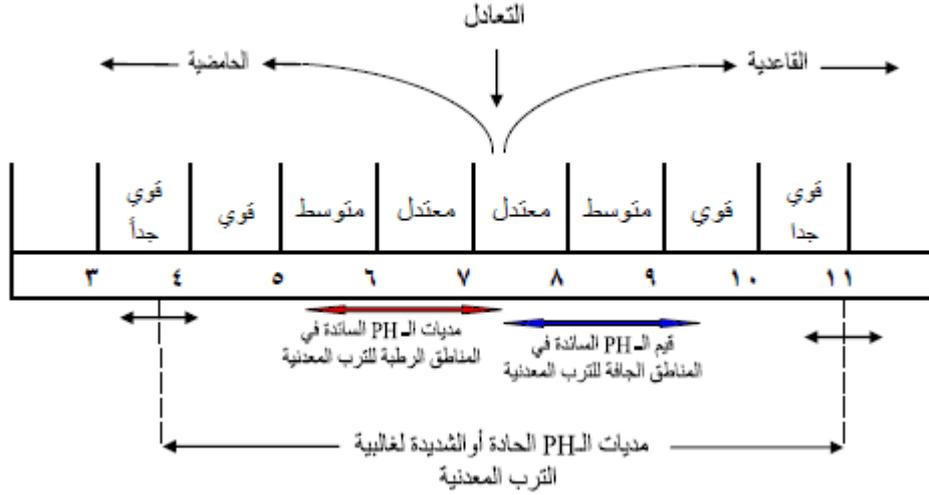
$$K = [\text{H}^+] [\text{OH}^-]$$

$$K = 10^{-7} + 10^{-7}$$

$$\text{pk} = \text{pH} + \text{pOH} = 14$$

عند تساوي التركيز بين ايونات الهيدروجين والهيدروكسيل فان قيمة الـ $\text{pH} = 7$ والـ $\text{pOH} = 7$ ، أي ان المحلول في حالة تعادل عند درجة حرارة 25°C كما هو الحال مع الماء المقطر الخالي من CO_2 ، أما الترب الحامضية فهي الترب التي يكون فيها تركيز أيونات الهيدروجين أكبر من تركيز أيونات الهيدروكسيل وتكون قيمة الـ pH أقل من 7 ، وفي الترب القاعدية يكون فيها تركيز أيونات الهيدروكسيل أكبر من تركيز أيونات الهيدروجين وتكون قيمة الـ pH أكبر من 7 ، وبما أن الـ pH لوغاريتمي فان تركيز أيونات الهيدروجين يزداد بمقدار عشرة مرات عندما ينخفض pH المحلول درجة واحدة .

تختلف قيمة درجة حموضة التربة من تربة لأخرى ويرتبط ذلك بعوامل عديدة منها بطبيعة غروياتها بقيم مختلفة من درجات تفاعل التربة pH ، فالترب التي تحتوي على كمية ملحوظة من الهيدروجين والألمنيوم ما بين الكاتيونات المتبادلة تتصف بدرجة تفاعل واطئة (حامضية)، بينما تتصف الترب الحاوية على الصوديوم المتبادل بدرجة تفاعل عالية (قلوية) .



تتراوح قيم pH محلول التربة الزراعية بين ٤,٥-٨,٥ ويمكن وصف حالة التربة على اساس قيمة الـ pH على الشكل التالي :

حالة الترب	قيمة الـ (pH)
ترب شديدة الحموضة	أقل من ٥
ترب معتدلة الى قليلة الحموضة	٥ - ٦,٥
ترب معتدلة	٦,٥ - ٧,٥
ترب معتدلة القلوية	٧,٥ - ٨,٥
ترب شديدة القلوية	أكثر من ٨

الترب الحامضية نادرة الوجود في المناطق الجافة وشبه الجافة ، فهي غالباً ما تتواجد في المناطق الرطبة الممطرة ، وعلى العكس فان المناطق الأكثر جفافاً غالباً ما تكون قلوية ، أي أن pH التربة أكثر من ٧ نتيجة لوجود كاربونات الكالسيوم وترتفع الى أكثر من ٨,٥ في الترب الحاوية على كميات عالية من الصوديوم .

أهمية قياس درجة حموضة التربة :

- (١) تحديد جاهزية العناصر الغذائية للنبات .
- (٢) تعطي معلومات عن القدرة السمية للمواد الموجودة في التربة .
- (٣) تعطي مؤشر عن حالة الاحياء الموجودة في التربة ومقدار تأثيرها على البقايا العضوية وتحلل الجذور ، وتسود الفطريات في الترب الحامضية بينما تسود البكتيريا عادة في الترب المتعادلة او قليلة القلوية .
- (٤) انها تعطي القدرة على ادارة الترب واختيار المحاصيل الزراعية المناسبة لكل تربة .

(٥) تعطي مؤشر على السعة التبادلية الكاتيونية في التربة حيث انها تزداد مع ارتفاع pH التربة .

طرق تقدير pH التربة :

(أولاً): الطريقة اللونية Colorimetric Method

وتعتمد الطريقة اللونية على استعمال الدلائل التي تكتسب الواناً معينة حسب تركيز أيون الهيدروجين في محلول التربة ، ويجري الاختبار بغمس الدليل العام في عجينة التربة المشبعة ويقارن اللون الناتج بالألوان القياسية المرفقة مع الدليل حيث يحدد رقم pH .



(ثانياً): الطريقة الكهربية Potentiometric Method

وهي تعتمد على استخدام جهاز الـ pH-meter الذي يعتمد على قياس فرق الجهد بين قطبين كهربائيين ، القطب الاول يتوقف جهده الكهربائي على التركيز النشط لأيونات الهيدروجين في محلول التربة ويسمى القطب الزجاجي (Glass Electrode) ، والقطب الثاني غير متوقف جهده الكهربائي على تركيز المحلول ويسمى قطب قياسي (Calomel Electrode) . وحديثاً يستعمل قطب واحد يشمل كل من القطب الزجاجي والقياسي ويسمى بالقطب الموحد .

يتم قياس رقم الـ pH عادة في عجينة التربة المشبعة أو معلق التربة مع الماء ، ويتم ضبط جهاز pH-meter قبل القياس باستخدام محاليل منظمة قياسية ذات رقم pH معروف وعادة يستخدم محلولين على الأقل هما $pH = 4$ و $pH = 7$.



خطوات العمل :

- (١) لتحضير مستخلص تربة (١:١) ، يوزن ١٠٠ غرام تربة جافة هوائياً في ورق مخروطي سعة ٢٥٠ مل ونضيف إليها ١٠٠ مل ماء مقطر ، نرج المعلق المتكون من الماء والتربة لمدة نصف ساعة ويرشح ثم يجمع الراشح في قنينة .
- (٢) يضبط جهاز قياس الـ pH وذلك بقياس pH محلولين قياسييين على الأقل للتأكد من دقة وسلامة الجهاز .
- (٣) يقاس pH مستخلص التربة المحضر مسبقاً بالطريقة اللونية وذلك بوضع الدليل على المستخلص ومقارنة اللون الناتج مع قرص الألوان الموجود او المرفق مع الدليل .
- (٤) يغسل القطب المشترك بالماء المقطر مرة اخرى ويوضع في مستخلص التربة بعمق ٣ سم تقريباً وتسجل قراءة الجهاز بعد مرور ٣٠ ثانية أو لحين ثبوت القراءة ، ثم يستخرج القطب ويغسل مرة اخرى بالماء المقطر .

المواصفات العالمية لدرجة حموضة مياه الشرب

- تشير المواصفات العالمية الى تحديد قيمة pH مياه الشرب بين ٦,٥ – ٩,٢ ، وبصورة عامة فإن اغلب مياه الشرب تميل الى القاعدية نتيجة تواجد الكربونات والبيكربونات فيها. وان انخفاض قيم pH تؤثر على توازنهما وينتج عن ذلك تحرير غاز CO₂ وهذا يؤثر على معيشة الاحياء المائية.
- ان انخفاض قيم pH اقل من ٤,٥ تؤدي الى ذوبان بعض المواد الموجودة في القعر مثل الحديد والالمنيوم والمغنيسيوم ويزيد من تراكيزها في الماء، كما ان له تأثيراً مباشراً على سير العمليات داخل المحطات وعلى انابيب التوصيل وان أي ارتفاع او انخفاض يؤثر على الفعالية الحيوية والكيميائية للماء والذي يؤدي الى التآكل.

جهاز pH meter:

يترجم هذا الجهاز الفرق في القوة الدافعة الكهربائية (الجهد الكهربائي) إلى قراءات تُعبر عن الرقم الهيدروجيني، وذلك بقياس الجهد بين الأقطاب الكهربائية الموضوعة في المحلول المراد اختباره.

أشكال أجهزة قياس الحموضة pH meter:

- **الجهاز المحمول portable:** يأتي بحجم اليد، محمول وسهل الاستخدام، يستخدم داخل المختبر وخارجه، بالإضافة إلى الأس الهيدروجيني، يمكن تحديد درجة الحرارة بالسيلوس، والفهرنهايت.



- **سطح المكتب Bench top:** وهو مناسب للمختبرات، والصناعات بأشكالها، يتم وضعه على سطح العمل لاستخدامه، ومن الممكن أن يأتي بأكثر من تطبيق، ليس فقط لقياس الأس الهيدروجيني.



التداخل عند قياس العينات: Introduction

- عينات المياه العذبة والنقية غير متزنة مع الجو لذلك تتغير عند لحظة اخذ العينة وقراءتها لاحقا لذلك يجب غلق العينة بإحكام.
- يؤدي التغير في درجة الحرارة الى تغيير قيمة pH لذا يفضل اخذ القراءة في الحقل بشكل مباشر.
- لا تؤثر الكدرة واللون والمواد الجلاتينية والمواد المؤكسدة والمختزلة على قيمة الـpH.

- إذا كانت عينة المياه ملوثة بالدهون الصناعية قد تتشكل طبقة عازلة للالكترود وتقلل دقته في القياس ، لذلك يفضل غسل القطب بعد قراءة كل عينة بالماء المقطر وحامض الهيدروكلوريك المخفف لاكمال الازالة.

جدول يوضح مواصفات قيمة pH المياه العراقية مقارنة مع دول اخرى 2019

تأثير pH الماء على الإنسان:

- إن الماء الذي تكون درجة حموضته أعلى، أي أن الرقم الهيدروجيني أقل، يسبب مشاكل في الجهاز الهضمي لبعض الناس، إذا ما كان الشخص يعاني من الحموضة المرتفعة في المعدة (حرقة المعدة). وهذا يفسر زيادة شعبية المياه القلوية الصالحة للشرب، والتي تعادل الأحماض الموجودة في الجهاز الهضمي، وتعطي شعور براحة أكبر، كما ان المياه القلوية

المقياس المعياري لقيمة pH للمياه العراقية لسنة ١٩٨٦	8.5 – 6.5
المقياس المعياري لقيمة pH وفقاً للاتحاد الأوروبي	9.5 - 6.5
المقياس المعياري لقيمة pH وفقاً لهيئة حماية البيئة الأمريكية	8.5 – 6.5
المقياس المعياري الياباني لقيمة pH	8.6 - 5.8

تجعل الجسم قلويًا الذي يعالج العديد من الأمراض بما في ذلك السرطان.

- يؤدي شرب الماء القلوي إلى معادلة درجة حموضة الفم والجهاز الهضمي والبول وتنظيم حموضة الدم، فاستمرار تناوله يؤدي إلى معادلة الرقم الهيدروجيني لكل جسم الإنسان، أوضحت دراسة أن المياه القلوية التي تصل درجة حموضتها ما بين ٨،٥ و ١٠ درجات تكون مفيدة للأشخاص الذين يعانون من متلازمة القولون العصبي.

تقدير الاملاح الكلية الذائبة في التربة

الاملاح الذائبة مصطلح يشير الى مكونات التربة اللاعضوية الذائبة في الماء . والتربة المالحة هي التي يؤدي ارتفاع الاملاح الموجودة الى حدوث ضرر في نمو النبات وذلك عن طريق زيادة الشد لماء التربة اذ ينفق النبات المزيد من الطاقة من اجل امتصاص الماء من الترب الملحية أكثر من الترب الاعتيادية فتبدو على النبات علامات الجفاف رغم وجود كميات لا بأس بها من الرطوبة في التربة . كما ان وجود بعض العناصر التي تكون هذه الاملاح تصبح سامة للنبات اذا ازدادت كمياتها عن حدود معينة .

وهذا لا يعني ان الاملاح هي ضارة في كل الاحوال ، فالترب الخصبة تحتوي على الاملاح الا ان تراكيزها تكون مناسبة وبالتالي فان الاملاح هي التي تمد النبات بما يحتاجه من العناصر الغذائية ولذلك فان عملية تسميد التربة في الحقيقة هي اضافة املاح الى التربة ولكن بمقادير مناسبة .

مصادر الاملاح في التربة :

- (١) ناتج عن تحلل بعض الصخور والمعادن بفعل عوامل التجوية المختلفة (العامل الطبيعي) .
- (٢) نتيجة استخدام مياه ري تحتوي على تراكيز عالية من الاملاح او نتيجة رداءة الصرف في التربة فيحدث تراكم للأملاح على سطح التربة نتيجة لتبخر المياه تاركة الاملاح في حالة مترسبة على صورة بقع او قشرة ملحية .
- (٣) تسبب حركة الماء الارضي الى الاعلى بفعل الخاصية الشعرية الى زيادة تركيز الاملاح على سطح التربة بعد تبخر الماء من السطح .
- (٤) اضافة الاسمدة وبكميات غير مناسبة ايضا يسهم في زيادة تركيز الاملاح في التربة .

ويمكن وضع التربة المتأثرة بالأملاح في فئات اعتماداً على قيم التوصيل الكهربائي EC

حالة التربة	قيمة الـ (EC) $ds.m^{-1}$
لا توجد مشكلة	أقل من ٠,٧
التربة قليلة الى متوسطة الملوحة	٠,٧ - ٣
التربة شديدة الملوحة	أكثر من ٣

وتتضمن ايونات الاملاح الذائبة ذات العلاقة القوية بالترب المتأثرة بالأملاح هي :

الايونات الموجبة (الكاتيونات) : Na^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , K^+

الايونات السالبة (الأنيونات) : NO_3^- , SO_4^{+2} , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{-2}

ويعتبر تقدير الاملاح الكلية في التربة من التقديرات الرئيسية الهامة لتحديد درجة ملوحة التربة واختيار المحاصيل الزراعية المناسبة لها . كما ان خطورة الملوحة في التربة لا يقتصر على كمية الاملاح وانما على نوعية تلك الاملاح ايضاً ، ويتأثر نمو النبات بتركيز الاملاح الذائبة تأثيراً كبيراً ويرجع هذا التأثير الى :

١. تأثير مباشر : مثل زيادة الضغط الاوزموزي للمحلول الارضي وسمية بعض الاملاح للنباتات .
٢. تأثير غير مباشر : مثل تأثير بعض الايونات على امتصاص ايونات اخرى لها أهمية في تغذية النبات ، كما يؤدي ارتفاع نسبة الصوديوم المدمص الى سوء الخواص الطبيعية للتربة في حين ان زيادة نسبة الهيدروجين المدمص يؤدي الى خفض درجة تفاعل التربة وهي من الصفات غير المرغوبة لنمو النبات ، وتختلف النباتات في مدى تحملها للملوحة حسب نوعيتها .

أهمية قياس درجة ملوحة التربة :

- (١) تقدير الاملاح الذائبة لدراسة المكونات الملحية للتربة والماء مهمة في وضع مقاييس الاستصلاح او لأغراض الري .
- (٢) معرفة الاملاح الذائبة مهم في تثبيت الحدود المثلى للعناصر بشكل دقيق خاصة تلك التي تظهر النقص او الاضطراب الفسيولوجي ، فالكمية الزائدة من ايون الكلوريد يسبب ضرراً كما في حالة النقص .

طرق تقدير الاملاح الكلية الذائبة في التربة :

(أولاً): الطريقة الوزنية Gravimetric Method

وتعتمد هذه الطريقة على مزج كمية معينة من التربة مع حجم معين من الماء المقطر بنسبة (٥:١) (تربة : ماء) ، ثم ترج لمدة نصف ساعة وترشح ويجمع الراشح في جفنة معلومة الوزن وبعد ذلك توضع الجفنة في الفرن على درجة حرارة ١٠٥°م لمدة ٢٤ ساعة حيث يتبخر الماء وتجف تماماً وتبقى الاملاح في أسفل الجفنة ، وتوزن الجفنة مع الاملاح والفرق في الوزن يمثل وزن الاملاح الذي يحسب كنسبة مئوية (%) ، جزء بالمليون (ppm) .

(ثانياً): الطريقة الكهربائية Electrical Method

وهي الطريقة الاسرع والأكثر استعمالاً وتعتمد على قياس التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة ، من المعلوم ان الماء النقي ضعيف في توصيله للتيار الكهربائي بينما الماء المحتوي على املاح ذائبة يوصل التيار الكهربائي بدرجة تتناسب مع ما يحتويه من املاح ذائبة لذلك فان التوصيل الكهربائي يعطي فكرة جيدة عن تركيز المكونات المتأينة في المحلول. والتوصيل الكهربائي هو عكس المقاومة الكهربائية ، لذا فالوحدة المستخدمة في التوصيل الكهربائي هي : mhos.cm^{-1} ، mmhos.cm^{-1} ، micromhos.cm^{-1} ولكن الوحدة الشائعة في التعبير عن التوصيل الكهربائي هي ds.m^{-1} والتي تساوي mmhos.cm^{-1} .



خطوات العمل :

- ١- يحضر معلق (تربة : ماء) بنسبة (١:١) .
 - ٢- يرشح المعلق باستخدام ورق ترشيح ويستقبل الراشح في بيكر .
 - ٣- تغسل خلية جهاز التوصيل الكهربائي بالماء المقطر .
 - ٤- تسجل درجة حرارة المحلول بواسطة المحرار .
 - ٥- تغمس خلية الجهاز في الراشح وتقرأ مباشرة قيمة التوصيل الكهربائي بـ ($ds.m^{-1}$)
 - ٦- تصحح قراءة الجهاز على ضوء درجة الحرارة . اذ تضاف او تطرح من قراءة الجهاز ٢٪ لكل درجة حرارة تزيد او تقل عن ٢٥° م على التوالي .
 - ٧- اذا تجاوز تركيز الاملاح في المستخلص حدود درجات الجهاز فيجب عمل تخفيف المحلول ويقرأ . فمثلاً تم اخذ ١٠ مل من الراشح الاصلي واضيف ٩٠ مل ماء مقطر فيكون عدد مرات التخفيف = ١٠ مرات كما موضح في المعادلة التالية :
- $$\text{عدد مرات التخفيف} = \frac{10 \text{ مل من الراشح الاصلي} + 90 \text{ مل ماء مقطر}}{10 \text{ مل من الراشح الاصلي}} = 10 \text{ مرات}$$
- فعند قراءة الجهاز بعد التخفيف تضرب بعدد مرات التخفيف .
- يمكن تحويل قراءة التوصيل الكهربائي الى نسبة مئوية أو جزء بالمليون أو أية قراءة اخرى .
- $$10 \times EC (ds.m^{-1}) = \text{مجموع الكاتيونات أو الأنيونات ملي مكافئ/لتر}$$
- $$640 \times EC (ds.m^{-1}) = \text{تركيز الاملاح بالملغرام / لتر (ppm)}$$
- $$0,36 \times EC (ds.m^{-1}) = \text{الضغط الاوزموزي (atm)}$$

شرح طريقة تشغيل الجهاز وطرق القياس في المختبر Flame Photo Meter

يستخدم هذا الجهاز لقياس تركيز العناصر القلوية والعناصر الترابية في المحاليل المائية حيث يحتوي على اربعة فلاتر صوديوم وبوتاسيوم وكالسيوم وليثيوم .

المكونات الاساسية لجهاز Flame Photometer :

- 1- ضاغطة هواء Compressor تقوم بتحويل المستخلص الى رذاذ .
- 2- مرشحات لونية Filters خاصة بكل عنصر لإمرار اشعة ذات طول موجي معين
- 3- مولد اللهب الغازي لتوليد حرارة عالية .
- 4- خلية ضوئية Photo Element لتحويل الاشعة الكهرومغناطيسية الى تيار ضعيف .
- 5- جهاز تقوية التيار Amplifier .
- 6- مقياس التيار (الكلفانوميتر) الذي يقيس الشدة الضوئية للتيار الكهربائي .

مبدأ عمل الجهاز :

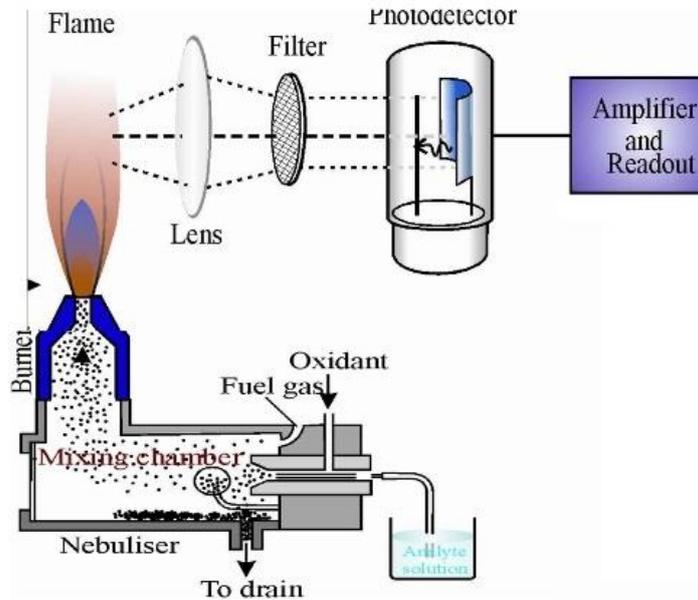
يعتمد الجهاز على تقدير الموجة الضوئية الناتجة عن اللهب الذي يحدثه العنصر ، من المعروف ان لكل عنصر لون لهب خاص ، فلهب الصوديوم لونه اصفر ولهب الكالسيوم لونه احمر برتقالي وسبب هذا الاختلاف في لون اللهب انه عندما تخضع ذرات العنصر الى طاقة متهيجة فإنها تمتص هذه الطاقة بواسطة الإلكترونات التي ستنقل بدورها الى مدارات ابعد عن نواة الذرة وعندما ينتهي التهيح وتعود هذه الإلكترونات الى مداراتها الاصلية فإنها تعيد الطاقة التي امتصتها على شكل اشعة كهرومغناطيسية تتوقف أطوالها الموجية على كمية الطاقة التي تحملها الإلكترونات وبالتالي كانت ألوانها متغيرة عن بعضها تبعاً لطول موجاتها ، وباستعمال مرشح لوني Filter خاص بكل عنصر يتحكم بالسماح لموجة ضوئية ذات طول معين بالمرور من خلال هذا المرشح دون الموجة الاخرى لتسقط على خلية ضوئية Photo Element التي تقوم بتحويل هذه الاشعة الكهرومغناطيسية الى تيار كهربائي ضعيف وبعد ذلك تقوية هذا التيار .

طريقة عمل الجهاز :-

يعمل الرذاذ في الجهاز على توزيع المحلول المنفوث باستخدام الهواء المضغوط ومن ثم يمزج هذا الرذاذ والهواء معاً الغاز امام اللهب يتوهج اللهب بسبب تهيج الذرات المفردة وبزيادة توفر الذرات تزداد شدة انبعاث الضوء وبالتالي يمكن قياس تراكيز العنصر في العينة المراد قياسها من خلال قياس شدة الضوء وكل عنصر له لون خاص في اللهب وهذا نتيجة انبعاث ضوء بطول موجي محدد يعتمد على التركيب الذري للعنصر وباختيار فلتر (مرشح) خاص واختيار الطول الموجي الخاص بالعنصر تقاس كمية الضوء المر عبر الفلتر بواسطة مكثف معين .



Schematic Representation of the Flame Photometer



العسرة

ما هو العسر؟

عسر الماء (أو قساوة الماء) هو مقياس لإمكانية ترسيب الصابون (تكسير رغوة الصابون). وما يحدث كيميائياً أن أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم تتفاعل مع الصوديوم الموجود في الصابون مكونة صابوناً معدنياً لا يذوب في الماء وهذا هو سبب عدم تكون رغوة الصابون مع المياه العسرة.

ما أسباب العسر؟

يرجع العسر لتواجد أيونات الكالسيوم والماغنسيوم في الغالب وقد يرجع لوجود عناصر أخرى بتركيزات أكبر من المعتاد بسبب التلوث مثلاً ومن الممكن ادخالها في حساب العسر الكلي للماء بعد تعيين نسبة كل عنصر مثل (Al, Fe, Ba, Sr, Mn) وهي عناصر polyvalent Cations.

ويبقى الكالسيوم والمغنسيوم اللاعبان الأكبران في إحداث العسر للتأثير الضعيف الذي تلعبه بقية العناصر السابقة، لذا تم الاتفاق على أن العسر الكلي هو مجموع تركيزي الكالسيوم والمغنسيوم.

والمياه السطحية والجوفية يتراوح الكالسيوم من العشرات إلى مئات الجزء في المليون بينما الماغنسيوم من ١ إلى العشرات جزء في المليون.

العسرة الكلية (T.H) Total Hardness

تعرف العسرة على أنها تأثير الأيونات الموجبة ثنائية التكافؤ على نوعية المياه حيث تعمل على تثبيط ظهور رغوة الصابون وفي الغالب تمثل الكالسيوم والمغنسيوم، كما يمكن للمياه الملحية ان تعطي بما يسمى بالعسرة الكاذبة كما هو الحال في مياه شط العرب. ويعبر عن العسرة حسابياً (ملغم.لتر^{-١}) بالمكافئ إلى $CaCO_3$ وتسبب عسرة الماء أيضاً نتيجة لوجود الأيونات الفلزية الثنائية التكافؤ مثل Zn^{++} ، Ba^{++} ، Mn^{++} ، Fe^{++} ، Mg^{++} ، Ca^{++} الخ حيث ترتبط هذه الأيونات مع الصوابين الاعتيادية لتكوين صابونات Ca-Mg غير الذائبة (Insoluble) لذلك فإن الصابون يفقد فعاليته كيميا في التنظيف ويحتاج مزيداً من الصابون عند استعمال المياه العسرة في التنظيف. أما تعريف منظمة الصحة العامة الأمريكية (APHA) (١٩٨٥) للعسرة فهي قابلية الماء على ترسيب الصابون، ويترسب الصابون في الماء العسر بسبب وجود أيونات الكالسيوم والمغنسيوم الثنائية التكافؤ وإيونات معدنية أخرى متعددة التكافؤ مثل الحديد والألمنيوم والزنك، وتكون أملاح العسرة على شكل كربونات وبيكاربونات وكلوريدات وكبريتات.

ما هي أنواع العسر؟

١. العسر المؤقت Temporary Hardness

تسمى العسرة الكربونية (Carbonate Hardness) بالعسرة المؤقتة (Temporary Hardness) لأنها يمكن أن تترسب بالغلجان.

٢. العسر الدائم: Permanent Hardness

أما العسرة المتكونة من غير الكربونات (Non Carbonate Hardness)، فتسمى بالعسرة الدائمة (Permanent Hardness)، لأنها لا يمكن أن تترسب بالغليان مثل عسرة الكبريتات والكلوريدات والنترات.

٣. العسرة الوهمية (Pseudo Hardness)

أما العسرة الوهمية (Pseudo Hardness)، فسببها وجود أيونات الصوديوم، ولكن لا تعد من المياه العسرة، لان الصوديوم لا يسبب العسرة الدائمة.
ما هي أضرار العسر؟

الماء العسر غير ضار بالصحة ولكن أضراره تبدأ من عدم مقدرته على تشكيل رغوة عند استخدامه مع الصابون أو معجون الأسنان مما يسبب زيادة في استهلاك الصابون وقد تنتهي أضراره بمشاكل خطيرة في البيئات الصناعية، او قد يفقد فعاليته كميا في التنظيف ويحتاج مزيدا من الصابون عند استعمال المياه العسرة في التنظيف.

من أضرار المياه العسرة في البيئات الصناعية:

١- في الغلايات والأنابيب والمجاري:

ترسب أملاح الكالسيوم والماغنسيوم بالحرارة وزيادة تركيزها فيقل التوصيل الحراري في مختلف الأوعية الحرارية ويصعب وصول الحرارة إلى السائل المسخن وبالتالي فقد زيادة في استهلاك الوقود، كما ينتج عن ذلك انفجار الغلايات نتيجة لتكون طبقات عازلة تمنع التبريد فترتفع درجة الحرارة بشكل خطير أو بسبب انسداد مجرى الغلاية إلى جانب مشاكل الصدأ وتآكل المعادن. بالإضافة إلى ذلك تكون ترسبات على شكل قشور (Scale) في الغلايات أو المراجل (Boilers) مما يسبب ضياعاً في الطاقة.

٢- في صناعة الغزل والنسيج:

عند معالجة الألياف النسيجية بالصابون الصوديومي فإن الأملاح التي تسبب العسر تتفاعل مع الصابون لتكون صابون كلسي غير ذائب في الماء ويتسبب على الأقمشة والخيوط بشكل غير منتظم وبالتالي يساعد على جذب جزيئات الأتربة، كما يؤدي إلى صباغة غير منتظمة بسبب مقاومة دخول جزيئات الصبغة في الأماكن المترسبة عليها. وإن استعمال المياه العسرة (Hard Water) في كثير من الصناعات يؤدي الى هبوط كبير في نوعية الانتاج مثل صناعة الأقمشة والنسيج وصناعة الورق والتعليب الخ.

ولقد صنفت منظمة الصحة العالمية (WHO، ١٩٩٣) المياه حسب تركيز العسرة الكلية كما في الجدول التالي:

T.Hardness mg\ L	نوعية المياه
أقل من ٧٥	مياه يسرة Soft water
٧٥ - ١٥٠	مياه متوسطة العسرة Moderate H
١٥٠ - ٣٠٠	مياه عسرة Hard water

طرق قياس العسرة

أولاً :- حساب العسرة الكلية Total hardness :-

يتم التحليل باستخدام طريقة المعايرة من نوع الـ (Complexing titration) مع الـ (Na₂-EDTA) (Disodium Ethylene diamine tetra-acetic acid)، وفيها يتم وضع كاشف مناسب (Erio-chrome black-T) في العينة ليتحد أولاً بالكالسيوم والمغنيسيوم، ولذلك سيكون لون الكاشف في المحلول أزرق، ولكن اتحاده في بداية الأمر بالكالسيوم والمغنيسيوم سيكون لونه أحمر خمري red-wine وهو مركب أكثر ثباتاً من الكاشف وهو حر. وعند إضافة الـ (Na₂-EDTA) من السحاحة تبدأ في الاتحاد مع الكالسيوم والمغنيسيوم بدلاً من ذرتي الهيدروجين وتترك الكاشف حراً اذ يمر باللون البنفسجي حتى يظهر لونه الأزرق كما سبق لونه الأزرق السماوي ويكون ذلك عند نقطة النهاية (End point).

طريقة العمل :-

- ١- يوضع ٥٠ مل من عينة الماء في دورق زجاجي سعة ٢٥٠ مل ويضاف إليه قطرات من المحلول المنظم للحصول على pH = 10 .
- ٢- يضاف إليه ١ مل من المحلول المثبط ثم يضاف إليه ٠,٢ من دليل الايروكروم Black T.
- ٣- يسحح الخليط مع محلول EDTA ويسجل الحجم النازل من السحاحة وتحسب العسرة الكلية حسب المعادلة التالية :-

$$\frac{\text{حجم محلول EDTA (ml)} \times 1000}{\text{حجم ماء النموذج (ml)}} = \text{العسرة الكلية (ملغم/لتر)}$$

ثانياً :- حساب العسرة الدائمة Permanent hardness :-

طريقة العمل :-

- ١- يؤخذ ٢٥٠ مل من العينة ونقوم بعملية غليه لمدة (٢٠-٣٠) دقيقة ثم يترك ليبرد وبعدها نقوم بعملية ترشيحه .
- ٢- يؤخذ ٥٠ مل منه ونجري عليه نفس الخطوات التي أجريت لحساب العسرة الكلية ويطبق نفس القانون السابق .

ثالثاً :- حساب العسرة المؤقتة Temporary hardness :-

نستخرج حسابياً من المعادلة التالية :-

$$\text{العسرة المؤقتة} = \text{العسرة الكلية} - \text{العسرة الدائمة}$$

قياس العسرة

يمكن إيجاد عسرة المياه أما بالطرق الحسابية كما ذكرت سابقاً أو باستخدام التسحيح مع (Na₂-EDTA) وتعتمد الطريقة الحسابية في إيجاد قيم العسرة بدلالة كاربونات الكالسيوم لأيون موجود في الماء ومسبب للعسرة وذلك بضرب تركيز هذا الأيون بقيمة عددية (Factor number) ناتجة عن قسمة الوزن المكافئ لكاربونات الكالسيوم على الوزن المكافئ لذلك الأيون وحسب المعادلة التالية:

$$\text{عسرة الأيون ملغم.لتر}^{-1} = \text{تركيز الأيون ملغم.لتر}^{-1} \times \frac{\text{الوزن المكافئ لكاربونات الكالسيوم}}{\text{الوزن المكافئ للأيون}}$$

القيمة العددية للأيونات المسببة للعسرة (Factor number)

الأيون الموجب	القيمة العددية (Factor)
Ca	٢,٤٩٧
Mg	٤,١١٦
Sr	١,١٤٢
Fe	١,٧٩٢
Al	٥,٥٦٤
Zn	١,٥٣١
Mn	١,٨٢٢

$$(M \times V)_{\text{as CaCO}_3} = (M \times V.)_{\text{EDTA}}$$

$$(Wt/Mwt \times 1000) \times V = (M.V.)_{\text{EDTA}}$$

$$Wt_{\text{as CaCO}_3} = \frac{N_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}} \times [40+12 + (16 \times 3)]}{(\text{ml sample.} \times 1000)}$$

$$= \frac{M_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}} \times 100}{\text{ml sample.} \times 1000}$$

$$\text{Hardness (ppm as CaCO}_3) = Wt \times 10^6$$

ان EDTA هو معقد قوي ترتبط في تركيبه المتناسق اربعة مجاميع كاربوكسيل COOH ومجموعتي أمين NH₂. هذا المعقد يكون مواد مخلبية مع عدد من الايونات الموجبة المتعددة التكافؤ مثل Ca , Mg , Fe , Mn ففي عملية الخلب ترتبط هذه الكاتيونات في تركيب حلقي مع EDTA اذ تتكون أصرة تساهمية عن طريق ازاحتها لأيون الهيدروجين في مجموعة الكاربوكسيل واغلاق الحلقة عن طريق تناسق زوج الالكترونات المنعزلة عن ذرات النتروجين وميكانيكية الخلب موضحة:

الشموع، لكن في هذه الطريقة (طريقة تخفيف شعاع الضوء المار عبر عمود الماء) يجب أن تعابير وتذكر كوحدة JTU .
وقد اوصت الهيئات المحلية والعالمية بعدم تخطي عكارة الماء خمس وحدات NTU ، حيث ان الماء الذي له عكارة أكثر من خمس وحدات يكون غير صالح للشرب ويجب معالجتها للتخلص من العكارة. وفقاً للمواصفات القياسية الخاصة بمياه الشرب فيجب ألا تتجاوز العكارة مقدار 1 NTU إلا في الظروف الاستثنائية (عدم وجود مصدر بديل وأفضل للمياه) فيُسمح بمقدار 5 NTU كحد أقصى .

مسببات العكارة

يمكن أن يكون سبب العكارة الطمي والرمل والطين و البكتيريا والجراثيم الأخرى رواسب كيميائية. او من الممكن أن يكون سبب العكارة بعض النشاطات الإنسانية في تعكير المياه مثل البناء والتشييد والذي قد يؤدي إلى مستويات ترسيب عالية تدخل في المياه خلال العواصف الممطرة التي تزيد منسوب المياه ومن ثم تتعكر المياه. كما تسبب المناطق الحضرية والمعرضة للتعرية إلى تعكير كميات كبيرة للمياه المجاورة لها، عن طريق مياه العواصف الملوثة القادمة من الطرقات والكباري وأماكن انتظار السيارات حيث تنزل هذه المياه في المجاري المائية. بعض الصناعات مثل التعدين ومناجم الفحم تسبب مستويات عالية جدا من العكارة نتيجة للصخور المفتتة التي تسقط في الماء.

كلما زادت مستويات العكارة في مياه الشرب، كلما زادت فرص الإصابة بأمراض الجهاز الهضمي، حيث تكون الجزيئات العالقة بمثابة الدرع لأي فيروسات وبكتيريا موجودة في الماء وتمنع الكلور من القضاء عليها. كما أن الأجسام المعلقة من الممكن أن تحمي البكتيريا من الأشعة فوق بنفسجية التي تطلق عليها لتعقيمها.

في المسطحات المائية مثل: البحيرات، والأنهار، والخزانات المائية من الممكن أن تتسبب مستويات العكارة العالية في تقليل كمية الضوء التي تصل إلى الأعماق والقاع، مما يمنع نمو النباتات المائية ويؤثر بالتالي على الكائنات البحرية التي تتغذى على هذه النباتات مثل الأسماك والمحار. رصدت هذه الظاهرة فعلا في شرق الولايات المتحدة في منطقة خليج تشيزبيك .



تقدير الكالسيوم والمغنيسيوم في الماء ومستخلص التربة

يوجد الكالسيوم في التربة على صورة كاربونات ، فوسفات، سليكات، فلوريدات، وكبريتات. وتعد الكاربونات من اكثر مصادر الكالسيوم شيوعاً في التربة، حيث يوجد الكالسيوم على شكل كاتيونات مدمصة على سطوح الغرويات او بصورة ايونات ذائبة في محلول التربة. أن وجود الكالسيوم مهم جداً في التغذية المعدنية للنبات كما ان له دور اساسي في نمو الجذور والخلايا المرستيمية، وكذلك في تحسين صفات التربة.

أما المغنيسيوم فيتواجد في معادن الطين مثل المونتموريلونائيت، الفيروموكيولايت، الكلورايت، وفي بعض الاحيان يوجد على صورة كاربونات المغنيسيوم وهناك كميات قليلة من المغنيسيوم يتواجد بصورة متبادلة أو بصورة ايونات ذائبة في محلول التربة وفي صورة مركبات عضوية. وتكمن اهمية المغنيسيوم في تأثيره المباشر على التركيب الضوئي داخل النبات لانه يشكل احد المركبات الرئيسية المكونة للكلوروفيل، ويساهم في نقل الفسفور داخل النبات.

الفكرة الاساسية للتقدير:

يتم التقدير باستخدام مركبات مخلبية التي لها ميل اتحادي مع الكالسيوم والمغنيسيوم، منها مركب الفرسين والذي يعرف اختصاراً باسم (EDTA) Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid حيث يقدر الكالسيوم أولاً ثم الكالسيوم والمغنيسيوم معاً وبطرح الاول من الثاني نحصل على المغنيسيوم.

تقدير الكالسيوم:

تتلخص فكرة التقدير برفع درجة تفاعل مستخلص التربة الى (١٢) باستخدام هيدروكسيد الصوديوم تركيز (٤) عياري حيث تترسب ايونات المغنيسيوم وتبقى ايونات الكالسيوم في مستخلص التربة، ويستخدم في التقدير دليل بربرات الامونيوم (الميروكسايد) حيث له الميل للاتحاد مع الكالسيوم اكثر من المغنيسيوم، وعند ذلك يقوم الفرسين بخلب الكالسيوم تدريجياً حتى ينتهي تماماً من المحلول حيث يتحول لون الدليل من اللون الوردي الى اللون البنفسجي.

المحاليل المستخدمة:

- محلول هيدروكسيد الصوديوم (٤) عياري ويحضر من اذابة (١٦٠ غم) من هيدروكسيد الصوديوم بالماء المقطر في دورق معياري سعة (١ لتر) مع اكمال الحجم بعد ان يبرد المحلول.
- كاشف بربرات الامونيوم (الميروكسايد) وذلك بإضافة (٠,٥ غم) من بربرات الامونيوم مع (١٠٠ غم) من كبريتات البوتاسيوم وخطهم جيداً
- محلول الفرسين (٠,٠١ عياري) ويحضر من اذابة (٢ غم) من حامض اثيلين ثنائي امين رباعي حامض الخليك (E.D.T.A) مع (٠,٠٥ غم) من كلوريد المغنيسيوم (MgCl₂.6H₂O) في الماء المقطر واكمال الحجم الى لتر.

طريقة العمل :

- ١ - نأخذ (٥ مل) من العينة او محلول الاستخلاص ونضعها في بيكر ونخففها بالماء المقطر بمقدار (٥ مل).
 - ٢ - نضيف هيدروكسيد الصوديوم تركيز (٤ عياري) بمقدار (٥ قطرات) لرفع درجة تفاعل مستخلص التربة الى (١٢).
 - ٣ - نضيف (٥٠ ملغرام) من دليل بربرات الامونيوم بحيث يتكون لون وردي.
 - ٤ - نسح مع الفرسين تركيز (٠,٠١ عياري) الى ان يتغير اللون الى البنفسجي.
- الحسابات :**

$$\text{ملي مكافئ } Ca^{+2} / \text{لتر} = \frac{\text{حجم الفرسين} \times \text{عياريته}}{1000 \times \text{حجم المستخلص المستخدم في التقدير}}$$

تقدير الكالسيوم والمغنيسيوم :

تتلخص الفكرة برفع درجة تفاعل عينة الماء او مستخلص التربة الى (١٠) بإضافة محلول منظم من كلوريد الامونيوم وهيدروكسيد الامونيوم، حيث يكون كل من الكالسيوم والمغنيسيوم بشكل ايونات في المستخلص، ويستخدم دليل اسود الايروكروم (ErioChrome Black T) EBT الذي له الميل للاتحاد مع الكالسيوم والمغنيسيوم معاً ويكون لون الدليل قرمزي ، وعند التسحيح مع الفرسين الذي يخلب الكالسيوم والمغنيسيوم معاً يتحول لون الدليل الى الازرق.

المحاليل المستخدمة:

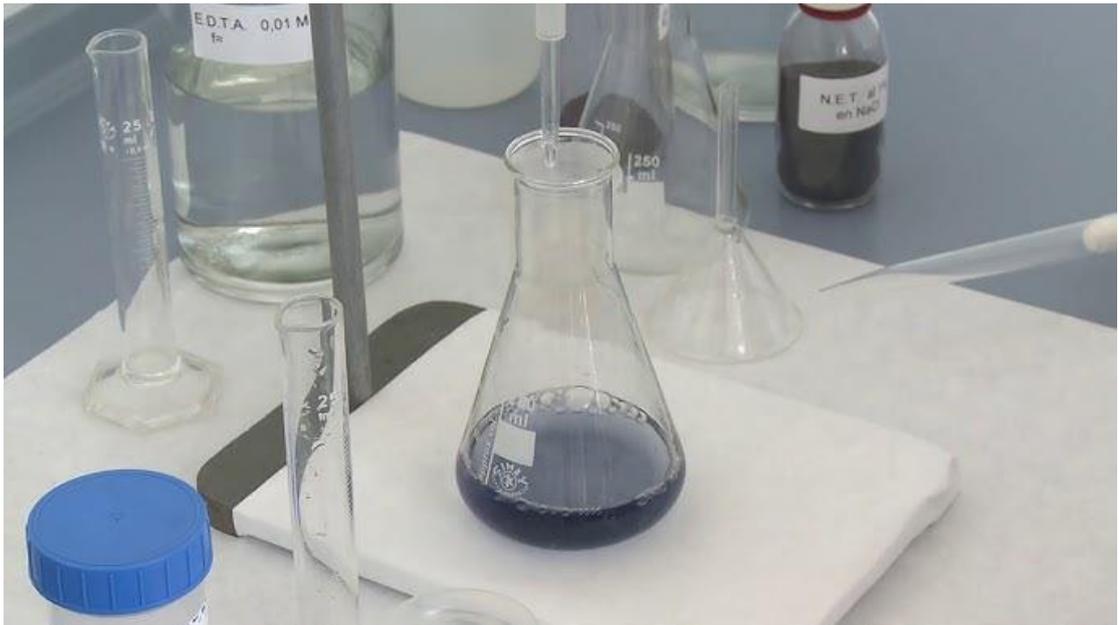
- محلول منظم من كلوريد الامونيوم وهيدروكسيد الامونيوم ويحضر من اذابة (٦٧,٥ غم) من كلوريد الامونيوم في (٥٧٠ مل) من هيدروكسيد الامونيوم بعدها يكمل الحجم لتر بالماء المقطر.
- دليل EBT ويحضر من اذابة (٠,٥ غم) من اسود الايروكروم مع (٤,٥ غم) من هيدروكسيل امين هيدروكلوريد في (١٠٠ مل) من الكحول الايثيلي ٩٥ %.
- محلول الفرسين (٠,٠١ عياري) مذكرة سابقاً طريقة التحضير.

طريقة العمل :

- ١ - نأخذ (٥ مل) من محلول الاستخلاص ونضعها في بيكر او ورق زجاجي ونخففها بالماء المقطر بمقدار (٥ مل).
- ٢ - نضيف المحلول المنظم بمقدار (٥ قطرات) لضبط درجة التفاعل .
- ٣ - نضيف ٣ - ٤ قطرات من كاشف EBT بحيث يتكون لون قرمزي.
- ٤ - نسح مع الفرسين (٠,٠١ عياري) الى ان يتغير اللون من القرمزي الى الازرق .

الحسابات :

$$\text{حجم الفرسين} \times \text{عياريته} = \frac{\text{حجم المستخلص المستخدم في التقدير}}{1000 \times} \text{ملي مكافئ } Ca^{+2} + Mg^{+2} / \text{لتر}$$
$$\text{ملي مكافئ } Mg^{+2} / \text{لتر} = (\text{ملي مكافئ } Ca^{+2} + Mg^{+2} / \text{لتر}) - (\text{ملي مكافئ } Ca^{+2} / \text{لتر})$$



الكبريتات (Sulphate) :

ان من أكثر الاشكال التي يتواجد بها الكبريت في المياه الطبيعية بشكل ايون الكبريتات (SO_4^{2-}) متحداً مع الايونات الموجبة الموجودة في تلك المياه. وتنتشر الكبريتات بشكل كبير مع معظم المياه الطبيعية وتوجد بتراكيز تتراوح من بضعة مليغرامات الى الاف المليغرامات في اللتر.

ولكون الكبريتات ذات اذابة محدودة في الماء لذا توجد بتراكيز قليلة في المياه السطحية باستثناء مياه المناطق الغنية محلياً بها ويزداد تركيزها في المياه الجوفية. ويكون مصدر معظم الكبريتات في المياه الطبيعية من اذابة المياه لمركبات الكبريت الموجودة في القشرة الارضية أو من اذابة ماء المطر لأكاسيد الكبريت التي تقذف الى الجو نتيجة حرق الوقود والتي يؤول مصير معظمها أخيراً الى الماء، أو كنتيجة لطرح الفضلات السائلة الحاوية على الكبريتات وبالأخص فضلات صناعة الاسمدة والورق وتكرير النفط.

والكبريتات من المواد المسببة للعسرة الدائمة في الماء وخاصة عند وجودها على شكل كبريتات الكالسيوم او المغنيسيوم وتدخل من ضمن المواد المسببة للملوحة Salinity وتعطي طعماً ملحياً عندما يكون تركيزها اكثر من (٢٠٠) ملغرام/لتر وتعد كذلك من المواد المسببة لحالات الاسهال اذا وجدت بتراكيز عالية وعلى شكل كبريتات المغنيسيوم وكبريتات الصوديوم ، كما تعد عاملاً مهماً في تحديد صلاحية الماء للري فهي مهمة لنمو النباتات واي نقص فيها يؤدي الى قلة في النمو وكذلك زيادتها .

قياس الكبريتات :

يعتمد اختيار فحص الكبريتات على مدى تركيز الكبريتات في النموذج وعلى درجة الدقة المطلوبة .

- ١- طريقة حرق الراسب الوزنية : تطبق على مياه الشرب والمياه السطحية ومياه الفضلات المنزلية والصناعية والتي تكون قيمة الكبريتات اكثر من ١٠ ملغم/لتر^١ .
- ٢- طريقة تجفيف الراسب الوزنية : نفس نماذج المياه السابقة ونفس مدى القياس ولكن بسرعة أكبر وبدقة أقل .
- ٣- طريقة الكدرة : فهي ذات سرعة اكبر من سابقتها وتصلح لنماذج المياه التي يكون محتوى الكبريت لديها اقل من ١٠ اضافة الى كونها صالحة لحد ٤٠ ملغم/لتر^١ وغير دقيقة للتركيز العالية .
- ٤- طريقة Ion Chromatographic Method تصلح للمياه التي يكون تركيز الكبريت فيها أكثر من ٠,١ ملغم/لتر^١ .

وتعتبر طريقة قياس التعكير بواسطة الترسيب بكلوريد الباريوم ($BaCl_2$) في وسط حمضي ليتكون راسب ابيض من كبريتات الباريوم .



والطريقة الوزنية من اكثر الطرق شيوعاً. وتتخلص الطريقة بما يلي :

- ١- بأخذ ١٠ مل من مستخلص التربة او عينة الماء ويعدل الـ pH إلى ما بين (٣,٥-٤) باستخدام حامض الهيدروكلوريك المخفف .
- ٢- وتسخن عينة المياه إلى درجة الغليان ثم يضاف إليها ١٠ مل من كلوريد الباريوم الساخن باستخدام سحاحة مع الرج المستمر للعينة باستخدام رجاج مغناطيسي إلى إن يتم ترسيب جميع الكبريتات على شكل كبريتات الباريوم $BaSO_4$.
- ٣- ويضاف ٢ مل من كلوريد الباريوم للتأكد من ترسيب جميع الكبريتات .

- ٤- ترشح العينة باستخدام ورق ترشيح عديم الرماد نوع (Whatman ٤٢) .
- ٥- تغسل العينة بالماء المقطر إلى أن يتم التخلص تماما من كلوريد الباريوم الفائض ويتم التأكد من تمام عملية الغسل بإضافة قطرات من نترات الفضة إلى الراشح .
- ٦- ينقل ورق الترشيح إلى جفنة جافة معلومة الوزن ثم تحرق في درجة ٨٠٠ درجة مئوية مدة ثلاث ساعات باستخدام جهاز المحرقة .
- ٧- ومن ثم تنقل إلى مجفف زجاجي (Dessicator) إلى أن تبرد ثم توزن وتحسب الكبريتات باستخدام القانون التالي :

$$\text{تركيز الكبريتات ملغرام/لتر}^{-1} = \frac{\text{وزن الراسب بالملغرام} \times ٤١١,٥}{\text{حجم النموذج بالملتر}}$$

الكربونات والبيكاربونات (HCO_3^- ، CO_3^{2-}):

تختلف نسبة الكربونات الذائبة من تربة لأخرى حسب درجة قلويتها ، في الاراضي فترتفع في اراضي عالية القلوية وقد تنخفض أو تتلاشى في الاراضي القلوية ، اما في الاراضي المتعادلة والحمضية فإنها قد لا توجد بالمحلول الارضي . وتختلف الكربونات في نوعيتها فقد تكون بشكل كاربونات الكالسيوم او المغنيسيوم او الحديد ولكن اكثرها انتشاراً هي كاربونات الكالسيوم . ويتم الكشف عن وجود الكاربونات حقلياً عادة بإضافة بضع قطرات من حامض الهيدروكلوريك المخفف ، فعند انطلاق فوران نتيجة انطلاق غاز CO_2 فان ذلك دليل على وجود الكاربونات . اما البيكاربونات فتنتشر بشكل أوسع وبصور متعددة ، هذا وان وجود هذه المادة بنسبة تزيد عن ١,٤ ملي مكافئ في ١٠٠ غرام تربة يدل على تجاوزها للحد الحرج . وتسبب املاح الكاربونات والبيكاربونات في ملوحة التربة مما يؤثر على صفات التربة الفيزيائية والكيميائية .

الفكرة الاساسية في التقدير :

تقدر كل من الكاربونات والبيكاربونات باستعمال حامض معلوم العيارية اذ يستدل على نهاية تفاعل الكاربونات باستعمال دليل الفينولفثالين (ph.ph) في حين يستدل على نهاية التفاعل للبيكاربونات باستعمال دليل الميثيل البرتقالي (M.O) اذ تتحول الكاربونات الى بيكاربونات ثم تتحول هذه البيكاربونات بالاضافة الى البيكاربونات الموجودة أصلاً في المستخلص الى ملح متعادل ، وبالتالي فان حجم الحامض المستهلك في المعادلة الاولى هو نصف حجم الحامض اللازم لاتمام عملية التفاعل ، وعليه يضرب حجم الحامض $\times ٢$.

وعند اضافة دليل الميثيل البرتقالي والاستمرار في التسحيح مع الحامض لتحويل البيكاربونات (النتيجة من تحويل الكاربونات الى بيكاربونات بالاضافة الى البيكاربونات الموجودة اصلاً في المحلول) الى ملح متعادل ، فان حساب حجم الحامض الذي عادل البيكاربونات الاصلية يكون بطرح ضعف حجم الحامض المستخدم في تحويل الكاربونات الى بيكاربونات من الحجم الكلي للحامض المستخدم لتحويل الكاربونات والبيكاربونات الى ملح متعادل .

المحاليل المستخدمة :

١. حامض الكبريتيك H_2SO_4 ٠,٠١ عياري ويحضر من تخفيف ٢٨ مل من حامض الكبريتيك (sp.gr. 1.84, 98 %) في الماء المقطر ، ويمزج جيداً ثم يبرد ويكمل الحجم الى لتر بالماء المقطر . هذا المحلول تركيزه ١ عياري . ثم يخفف ١٠٠ مرة (١٠ مل الى حجم لتر) للحصول على تركيز ٠,٠١ عياري .

٢. دليل الفينولفثالين ١ % ويحضر من اذابة ١ غرام من الدليل في ١٠٠ مل كحول ايثيلي .

٣. دليل الميثيل البرتقالي ٠,١ % ويحضر من اذابة ٠,١ غرام من الدليل في ١٠٠ مل ماء مقطر .

طريقة العمل :-

- ١- خذ بالماصة (٥-١٠ مل) من مستخلص التربة او عينة المياه وضعها في ورق مخروطي .
- ٢- أضف (٣-٤ قطرات) من دليل الفينولفثالين فاذا ظهر لون زهري هذا دليل على وجود الكاربونات الذائبة .

٣- سحح مع حامض (H₂SO₄) ٠,٠١ عياري الى ان يختفي اللون وسجل حجم الحامض المستهلك للتسحيح وليكن (س) ، وفي حالة عدم ظهور لون زهري هذا دليل على عدم وجود الكربونات الذائبة .

٤- اضع الى نفس الدورق (٣-٤ قطرات) من دليل المثل البرتقالي .

٥- سحح العينة مع نفس الحامض قطرة قطرة مع التحريك المستمر حتى يتحول اللون من الاصفر الى البرتقالي مسجلاً حجم الحامض المستهلك للمعايرة (ص) .

الحسابات :-

الكربونات (CO₃⁼) بالمليمكافى/١٠٠ غم تربة = حجم H₂SO₄ المستهلك في المعايرة X عيارية x ١٠٠

حجم العينة

في حالة عدم وجود الكربونات يطبق القانون التالي :

البيكاربونات بالمليمكافى/١٠٠ غم تربة = حجم H₂SO₄ المستهلك في المعايرة X عيارية x ١٠٠

حجم العينة

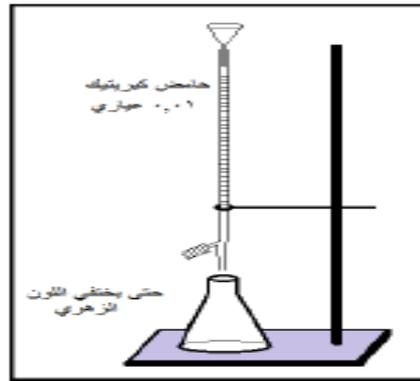
وفي حالة وجود الكربونات يطبق القانون التالي :

نفترض ان حجم الحامض المستهلك لمعايرة الكربونات يساوي X

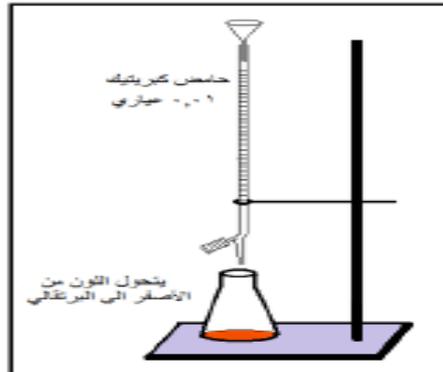
وحجم الحامض المستهلك لمعايرة البيكاربونات هو Y

البيكاربونات بالمليمكافى/١٠٠ غم تربة = حجم H₂SO₄ عيارية x (Y - 2X)

حجم العينة



(تقدير الكربونات)



(تقدير البيكاربونات)

تقدير الكلوريد الذائب في مستخلص التربة

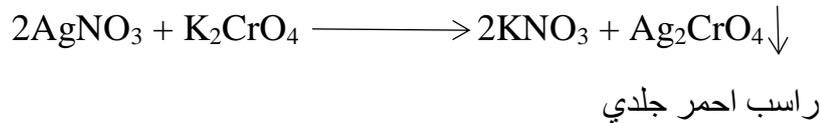
تختلف نسبة الكلوريد في التربة باختلاف درجة ملوحتها، وتعتبر نسبة ٠,٠٢ % الحد الحرج للكلوريد في التربة، وان الكلوريد من اكثر الايونات انتشارا في الترب الملحية وقد يوجد بصورة كلوريد الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم، ومن الجدير بالذكر ان الكلوريد من أكثر الاملاح ذوبانا مما يسهل تواجده في المناطق الجافة.

هناك طرق كثيرة لتقدير الكلوريد اهمها الطريقة المعروفة باسم طريقة مور (Mohr Method) باستخدام محلول نترات الفضة ($AgNO_3$) ودليل كرومات البوتاسيوم (K_2CrO_4) فعند اضافة نترات الفضة بوجود الدليل يتكون راسب ابيض من كلوريد الفضة، كما في المعادلة التالية :



قبل التسحيح

وعند اتمام معايرة الكلوريد بنترات الفضة وان أي زيادة من نترات الفضة تتفاعل مع كرومات البوتاسيوم مكونة كرومات الفضة ذات اللون الاحمر الجلدي كما في المعادلة التالية :



بعد التسحيح

المحاليل اللازمة :

١- محلول كرومات البوتاسيوم ٥ % (K_2CrO_4)

أذب ٥ غم من كرومات البوتاسيوم في حوالي ٧٠ مل ماء مقطر. ثم أضف محلول نترات الفضة نقطة فنقطة مع التحريك المستمر حتى ظهور راسب بني محمر. ثم أكمل الى ١٠٠ مل

بالماء المقطر ويحفظ في غرفة مظلمة لمدة ٢٤ ساعة، ثم رشح للتخلص من كرومات الفضة المترسبة.

٢- محلول نترات الفضة ٠,٠١ عياري ($AgNO_3$)

أذب ١,٦٩٨ غم من نترات الفضة النقية في الماء المقطر. أكمل الحجم الى لتر بالماء المقطر ويحفظ في زجاجة قاتمة اللون. اضبط عياريته بواسطة محلول كلوريد الصوديوم ٠,٠١ عياري.

٣- محلول كلوريد الصوديوم ٠,٠١ عياري (NaCl)

أذب ٠,٥٨٥ غم من كلوريد الصوديوم (المجفف على درجة حرارة ١٠٥°م) في كمية من الماء المقطر ثم أكمل الحجم الى لتر بالماء المقطر.

طريقة العمل :

- ١- اسحب بالماصة ١٠ مل من مستخلص التربة وضعها في دورق مخروطي سعة ٢٥٠ مل.
- ٢- أضف (٣-٤ قطرات) من دليل كرومات البوتاسيوم
- ٣- سح مع نترات الفضة (٠,٠١ عياري) حتى بدء ظهور اللون البني المحمر (الاحمر الجلدي) ثم سجل حجم النترات المستهلكة للمعايرة.
- ٤- كرر نفس العملية باستخدام الماء المقطر بدلا من مستخلص التربة.

الحسابات :

حجم نترات الفضة اللازمة للمعايرة مع مستخلص التربة = س

حجم نترات الفضة اللازمة للمعايرة مع الماء المقطر = ص

(س - ص) × عيارية نترات الفضة × ١٠٠٠

مليمكافئ CI / لتر =

حجم المستخلص المستخدم (١٠ مل)

حجم نترات الفضة × عياريتها × الوزن المكافئ للكلوريد ١٠٠

% للكلوريد =

وزن التربة الجافة × ١٠٠٠ حجم المستخلص المستخدم (١٠ مل)

المطياف Spectrophotometer

مطياف الضوء المرئي

يعتمد مطياف الضوء المرئي على قياس التغير في طاقة الأشعة الكهرومغناطيسية ، نتيجة امتصاص المادة الملونة المراد تحليلها لهذه الأشعة عند طول موجة يقع في المدى الخاص بالأشعة المرئية ، كما ان قدر الطاقة الممتصة يتوقف على تركيز المادة الملونة ، فكلما زاد تركيز المادة المراد تحليلها تزداد كمية الطاقة الممتصة ، والعكس صحيح .

الوحدات الأساسية للمطيافات:

يتكون اي مطياف من وحدات أساسية تختلف باختلاف نوع المطياف ، وهذه الوحدات هي :-

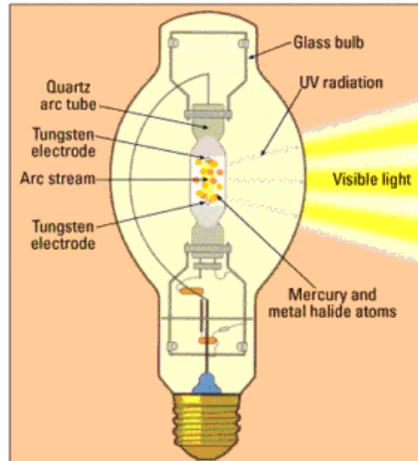
- مصدر الأشعة
- موحد الموجات
- خلايا وضع العينات
- وحدة قياس طاقة الأشعة
- مسجل البيانات

مصدر الأشعة في نطاق الضوء المرئي Source Of Visible Radiation

تستخدم لمبة التنجستن Tungsten lamp كمصدر للأشعة المرئية visible light وهي مصدر رخيص للطيف المرئي ، وتتكون لمبة التنجستن من فتيل من التنجستن في انبوبة زجاجية ، ويسخن هذا الفتيل بواسطة تيار كهربائي منتظم ويشع فتيل التنجستن طيف مستمر بين - 350 2500 nm وتنتج هذه الأشعة المستمرة نتيجة لتذبذب الذرات في الفتيل عند ارتفاع درجة حرارته الى درجة التوهج .

ويلاحظ ان جزءاً كبيراً من هذه الأشعة ينتج في المنطقة تحت الحمراء او القريبة IR ، near IR ولذلك يوضع مرشح ضوئي ماص للحرارة Heat absorbing filter بين المصدر الضوئي والعينة ، لامتصاص الأشعة تحت الحمراء في الأجهزة المتقدمة .

❖ والمصدر الضوئي هو عبارة عن لمبة ديوتيريوم (D2-lamp-) وهي لمبة لا يفضل مشاهدتها بالعين المجردة لأنها يمكن أن تسبب العمى المؤقت نظراً لقوة إشعاعها . هذا بالنسبة لقياس الأشعة فوق البنفسجية في المدى 200-350



لمبة التنجستن

موحدات أطوال الموجات Monochromators

يفضل استخدام نطاقات ضيقة من الطيف ، وذلك باستخدام وسيلة لتمييز النطاق المستمر للطيف المختلط الى حزم ضيقة narrow bands ومن تلك الوسائل المستخدمة ، المرشحات filters. في أجهزة مطياف الضوء المرئي والتي تستخدم أساساً في أغراض التحليل الكمي عند طول موجة معين لتقدير تركيز المركبات ، نستخدم المرشحات الضوئية Filters حيث يسمح بمرور حزمة تحتوي على مدى صغير من الأطوال الموجية التي يجري عليها التقدير ، بينما لا يسمح بمرور بقية الأشعة ، ويقتصر استعمال أجهزة مطياف الضوء المرئي في معظم أجهزة الامتصاص على المنطقة المرئية من الطيف .

ومن المميزات الناتجة عن استخدام نطاق ضيق من الطيف ما يلي :-

1. تعطي قدرة تمييز Resolution عالية للأشعة الممتصة والمتقاربة في طول الموجة .
2. تعطي قمم Sharp سهلة التحديد مما يزيد من حساسية الجهاز .



المرشحات الضوئية Light filters

خلايا وضع العينات Sample containers

توضع العينة المراد قياسها في انابيب صغيرة (13x 100 mm test tubes) تسمى Cuvette أو خلية القياس ، توضع الخلية في الجهاز ، مع وضع Cuvette أخرى تسمى Blanck لضبط عملية القياس ، بحيث يكون الامتصاص راجع الى المادة المراد قياسها فقط دون تداخل المذيب أو اي مواد اخرى موجودة مع المادة المقاسة .

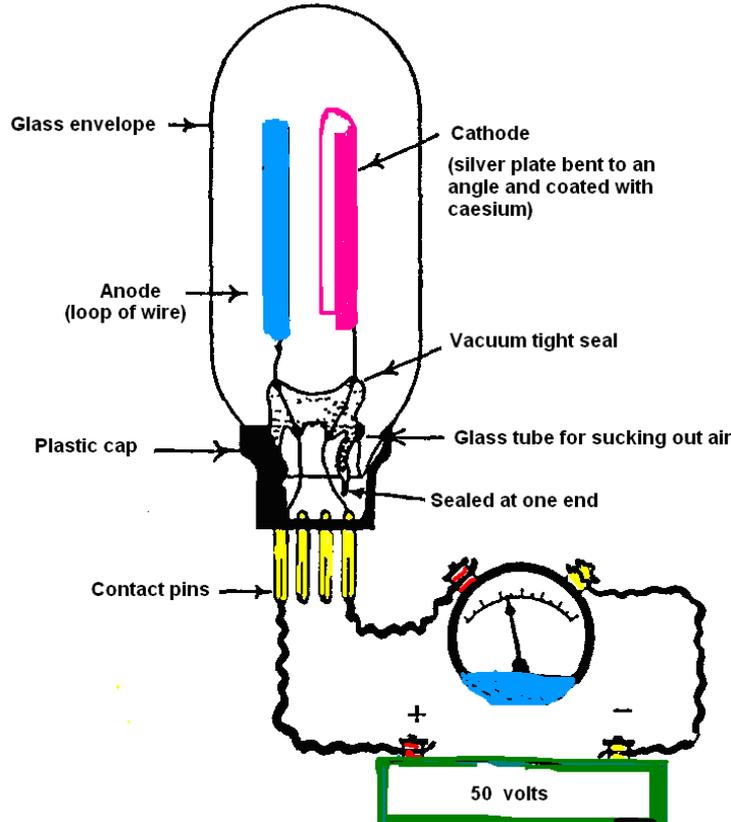
وتصنع هذه الخلايا من الزجاج الشفاف Optical uniformity ، وينفذ الزجاج الفلنت العادي Flint glass (المحتوي على الرصاص) الأشعة المرئية والمنطقة القريبة في الأشعة تحت الحمراء بامتياز V.L. & near I.R. ، ويجب المحافظة عليها من الخدش أثناء التنظيف .

وحدة قياس طاقة الأشعة Detectors

وحد قياس طاقة الأشعة يقصد بها كشاف الاشعاع ، حيث يمتص الكشاف طاقة الفوتونات الساقطة عليه ويحولها الى قياسات كمية ، ومعظم الكشافات الحديثة تولد اشارات الكترونية يمكن تسجيلها بمقياس او مسجل معين .

وتستخدم الخلايا الضوئية ذات الطبقة الحاجزة Barrier Layer Photo Cell في قياس الأشعة في المنطقة المرئية ، لأن حساسية هذا النوع من الخلايا تكون في المنطقة 350-750 nm ، كما أن درجة استجابة هذا النوع من الخلايا ليست كبيرة ، مما يصعب تكبير التيار الناتج عنها . ولذلك يستخدم هذا النوع من الخلايا في أجهزة Photometer التي تستخدم فلتر Filter والتي يجري فيه الامتصاص في المنطقة المرئية ، وطاقة الاشعة التي تصل الى الخلية في وجود

المرشحات تكون كبيرة حيث تحتوي الأشعة على عدد كبير نسبياً من الأطوال الموجية وتقاس بواسطة الجلفانوميتر .



الخلايا الضوئية ذات الطبقة الحاجزة Barrier layer photocell

مسجل البيانات Recorder (meter)

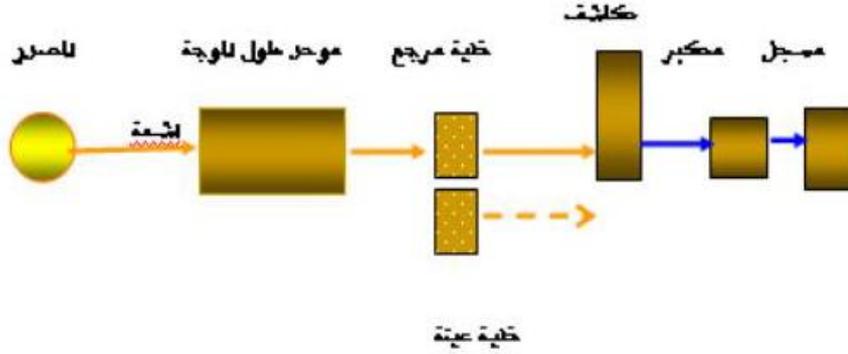
في حالة التقديرات الكمية والتي يجري فيها التحليل على طول موجي واحد فان الامتصاص أو النفاذية يقرأ مباشرة من لوحة تسجيل Meter والقراءة تحدد بموضع المؤشر على التدرج في لوحة التسجيل أو تكون القراءة رقمية Digital على شاشة .

تصميم أجهزة القياس :

أجهزة الامتصاص في المجال المرئي وفوق البنفسجي يمكن تصميمها طبقاً لنظام أحادي الحزمة أو ثنائي الحزمة .

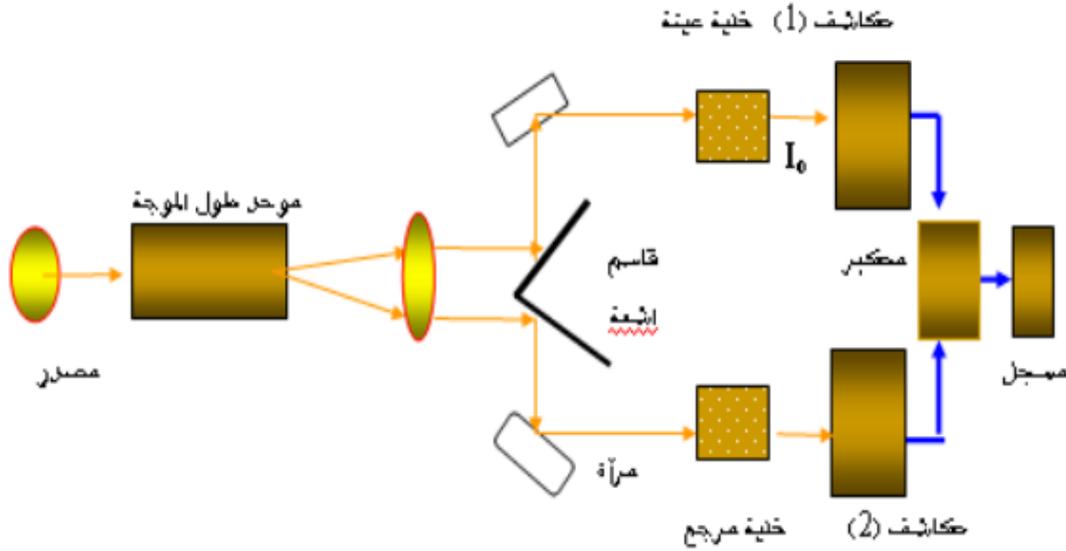
١. النظام أحادي الحزمة Single Beam :

تسير الأشعة من المصدر الى الكاشف عبر مسار واحد . هذا النظام يقيس مجموعة الأشعة المفقودة (بالانعكاس وامتصاص المحلول الخالي) وليس فقط الأشعة الممتصة بواسطة المادة المراد تحليلها ، بالإضافة الى ذلك فان الخطأ الناتج من عدم ثبات المصدر لا يمكن تلافيه باستخدام هذا النظام .



٢. النظام ثنائي الحزمة Double Beam :-

تقسم أشعة المصدر بواسطة قاسم الاشعة (مرآة على شكل حرف V) الى حزمتين ذات شدة متساوية ، واحدة تمر خلال المحلول المرجع (الخالي) الى الكاشف رقم (١) والثانية تعبر خلال العينة في نفس الوقت الى الكاشف رقم (٢) . الخارج من الكاشفين يتم تكبيرهما . ونظراً لان جزء الأشعة المفقودة عن طريق الانعكاس أو امتصاص المذيب سيكون متساوياً في كلا المسارين لذا فان الفرق بين شدة الحزمتين يعبر عن امتصاص المادة المراد تقديرها فقط .



التحليل الكمي :-

قبل اجراء التحليل الكمي يجب اولاً تحديد الظروف المناسبة والتي تشمل : تحضير المحاليل القياسية للمادة المراد تحليلها . اختيار الطول الموجي المناسب λ_{max} . معرفة العوامل التي تؤثر على الامتصاص وتقليل تأثيرها الى أقل حد ممكن ومن هذه العوامل طبيعة المذيب ، الرقم الهيدروجيني.

اختيار الطول الموجي λ_{max} :-

يتم اختيار الطول الموجي بحيث يقع في المنطقة التي تصل أعلى امتصاص للمركب المراد تحليله لأنه تحت هذه الظروف فقط تكون العلاقة خطية بين الامتصاص والتركيز ويمكن تعريف λ_{max} بصورة اوضح بأنه : الطول الموجي الذي يقابل أعلى امتصاص ويتم اختيار λ_{max} باستخدام المحلول القياسي ذي التركيز الاعلى وبعد معرفة λ_{max} يتم تعيين التركيز بعدة طرق منها :
أ- استخدام محلول قياسي واحد :

يتم قياس الامتصاص للمجهول ومحلول قياسي واحد في نفس ظروف التجربة ثم يتم إيجاد تركيز المجهول من العلاقة التالية :

$$\frac{C_1}{C_x} = \frac{A_1}{A_x}$$

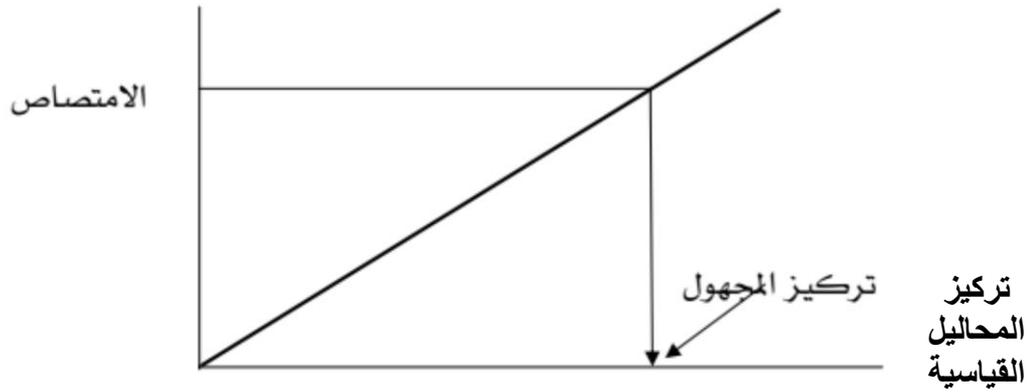
C_1 = تركيز المحلول القياسي

C_x = تركيز المحلول المجهول

A_1 = امتصاص المحلول القياسي

A_x = امتصاص المحلول المجهول

ب- استخدام عدة محاليل قياسية (منحنى التعبير القياسي):
يتم قياس الامتصاص لعدة محاليل قياسية (حوالي ٥) وكذلك يتم قياس امتصاص المجهول . ثم يتم تحديد تركيز المجهول



التحليل الذري الطيفي (Atomic Absorption Spectrophotometry)



هو أحد أساليب التحليلات الذي يستعمل بشيوع لتعيين تراكيز العناصر الرئيسية Major elements والعناصر الشحيحة Trace Elements في الصخور والترب والمعادن المختلفة والمحاليل بمختلف أنواعها. يشترط في هذا النوع من التحليل أن تكون المادة المطلوب قياس تركيزها بحالة سائلة ، من هنا يتوجب تحويل المواد الصلبة إلى محاليل . Solutions تتلخص طريقة القياس بالآتي: يتم هضم العينة إذا كانت صلبة بواسطة محاليل مناسبة كالحوامض مثلاً ولكل نوع من الصخور أسلوب معين للهضم والإذابة وبذلك تكون العينة جاهزة للقراءة بواسطة جهاز الإمتصاص الذري الطيفي .

مكونات الجهاز وأساس عمله

يحتوي الجهاز على مصباح يسمى Hallow Cathode Lamp حيث يوجد مصباح خاص لكل عنصر يراد تحليله، ثم غرفة الخلط والحرق التي فيها موقد لهب يشتعل بالأسيتيلين أو بأوكسيد النتروز ومن ثم المتحسس والمسجل. يبعث المصباح طول موجي مطابق تماماً لطول موجة العنصر المراد تحليله والذي سوف يشفط عن طريق أنبوبة بلاستيكية دقيقة يسحب عن طريقها جزء من المحلول الذي في النهاية يمر خلال اللهب، يبعث المحلول أطوال موجية متعددة تمثل جميع العناصر الموجودة في العينة. يقوم المتحسس بالنقاط الطول الموجي المطابق للعنصر المراد تحليله وهو ذات الطول الموجي للمصباح الذي يتم تثبيته في الجهاز قبل بدء القياس. بعد ذلك يتم تسجيل كمية الإمتصاص Absorbance لهذا الطول الموجي من قبل الجهاز حيث تظهر على شاشة خاصة. إن كمية الإمتصاص تتناسب طردياً مع تركيز العنصر المراد قياسه.

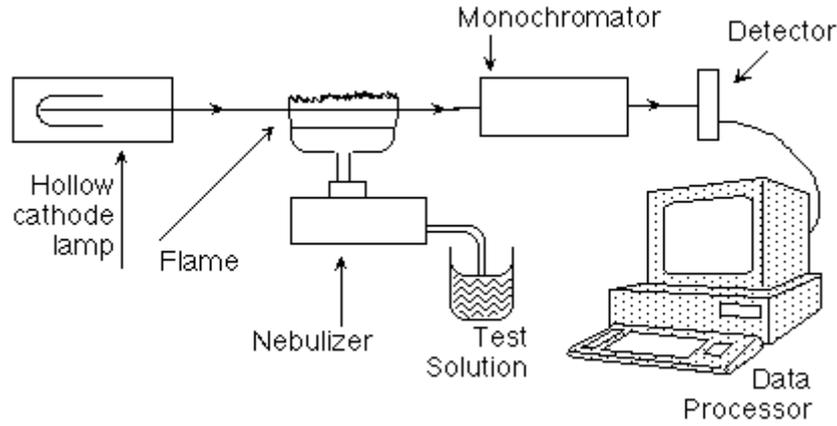
المحاليل القياسية Standard Solutions

لغرض إيجاد تركيز العنصر في المحلول يجب تحضير ثلاث محاليل قياسية على الأقل معروفة التركيز من العنصر المراد قياسه. يتم قياس كمية الإمتصاص Absorbance لهذه المحاليل القياسية ، وبما أن تراكيزها معلومة لذلك العنصر ، إذا سوف يصبح لدينا كمية امتصاص لكل تركيز من تراكيز المحاليل القياسية المحضرة. بعد ذلك ترسم علاقة بيانية بين الإمتصاص وتراكيز العنصر في المحاليل القياسية والعلاقة بالتأكيد طردية ، إذ تزداد كمية الإمتصاص كلما زاد تركيز العنصر. بعد ذلك نقوم بتسقيط كمية الإمتصاص التي سجلناها أنفاً على مخطط الإمتصاص- التركيز ومنها نجد تركيز العنصر.

لكل عنصر حد تحسس خاص لا يمكن للجهاز التحسس دونه يسمى حد التحسس . Detection Limit الأجهزة الحديثة للامتصاص الذري الطيفي تكون مبروطة بجهاز حاسوب Computerize يقوم بإعطاء النتيجة النهائية للامتصاص كما يقوم برسم العلاقة البيانية بين الإمتصاص وتركيز العنصر في المحاليل القياسية، حيث تظهر النتيجة مباشرة على الشاشة، إذ يمكن خزن وطبع النتائج بسهولة .

١- مطياف الامتصاص الذري أحادي الحزمة الضوئية Single beam AAS

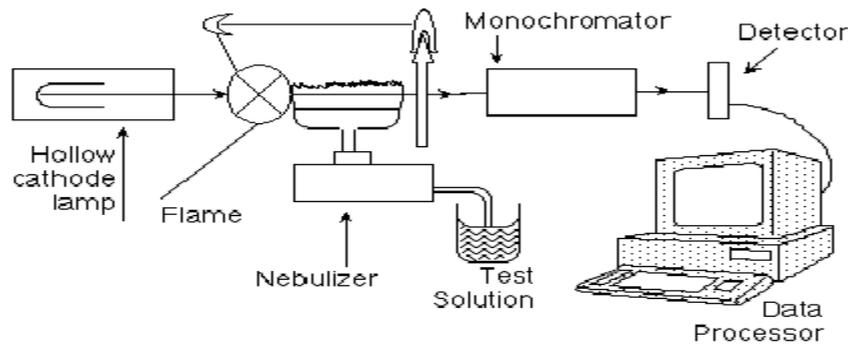
وتعتمد القياسات في مطياف الامتصاص الذري أحادي الحزمة الضوئية على مرور شعاع منفرد على العينة في اللهب. ومن عيوب هذا المطياف أن القراءات تتأثر بأي أخطاء أو أي تذبذب يحدث في مصدر الضوء. وللتغلب على هذا التذبذب في شدة الضوء يتم تسخين لمبة الكاثود قبل بدء القياسات ولكن ذلك أيضا يؤثر على العمر الافتراضي للمبة الكاثود (شكل ٦-٨)



شكل (٦-٨): مطياف الامتصاص الذري أحادي الحزمة الضوئية
Single beam AAS

٢- جهاز الامتصاص الذري ثنائي الحزمة الضوئية Double beam AAS

تعتمد القياسات في جهاز الامتصاص الذري ثنائي الحزمة الضوئية على أن الأشعة الناتجة من مصدر الضوء تنقسم الى جزئين ، جزء من الشعاع يمر على العينة في اللهب sample beam وجزء آخر من الشعاع يدور حول اللهب و لا يمر به Reference beam ويستخدم هذا الشعاع المرجع كدليل على شدة مصدر الضوء (شكل ٧-٨).



شكل (٧-٨): مطياف الامتصاص الذري ثنائي الحزمة الضوئية

- ويتميز مطياف الامتصاص الذري ثنائي الحزمة عن المطياف أحادي الحزمة الضوئية فيما يلي:-
- أن القراءة الناتجة في حالة الجهاز ثنائي الحزمة الضوئية double beam عبارة عن نسبة بين شدة الشعاع الذي يمر على العينة sample beam والشعاع المرجع reference beam وذلك يعني أن التذبذب في شدة مصدر الضوء لا يؤثر على القراءات في أجهزة double beam . بينما في حالة المطياف أحادي الحزمة الضوئية single beam فان القراءة تعطي شدة الشعاع المنفرد والتي تتأثر بأي تذبذب في مصدر الضوء.
- وتمتاز الأجهزة ذات النظام الثنائي أيضا بأنها أكثر دقة حيث يمكن التخلص من التداخلات الطيفية عن طريق اضافة كمية مناسبة من المواد المتداخلة في كلا الوعائين.
- أن صفر الجهاز والذي نضبط عليه قراءة البلاك blank يكون أكثر ثباتا ، وذلك لأن التذبذب في شدة مصدر الضوء لا يؤثر على القراءات.
- لا نحتاج الى تسخين لمبة الكاثود في أجهزة الامتصاص الذري ثنائي الحزمة الضوئية قبل بدء القياسات كما يحدث في المطياف الأحادي الحزمة مما يطيل من العمر الافتراضي لها.

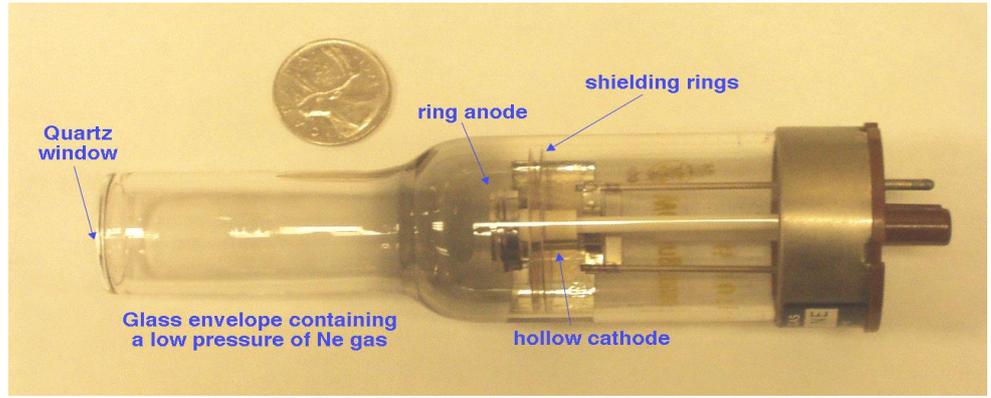
مكونات مطياف الامتصاص الذري:

يتكون مطياف الامتصاص الذري للعناصر من الوحدات الأساسية التالية:-

١. مصدر الضوء Light Source

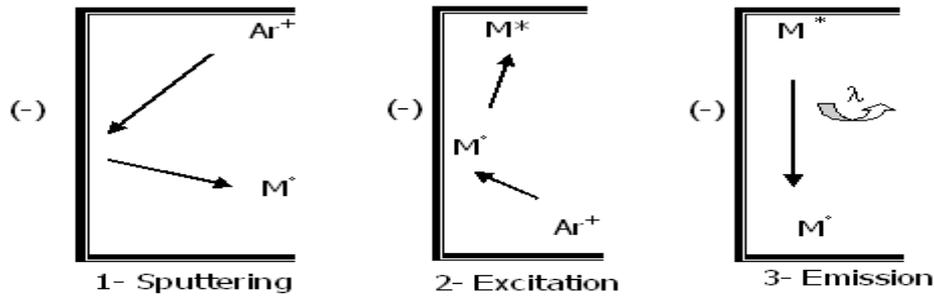
مصدر الضوء في مطياف الامتصاص الذري لعناصر لمبة الكاثود هو Hollow Cathode Lamp ، وهي تعطي طيفا في المدى 800 nm – 190 ، كما أن كل عنصر له لمبة خاصة به تمثل مصدر للضوء ، ويشع مصدر الضوء الطيف الذري للعنصر المراد تقديره ويسمى مصدر الضوء باسم العنصر نفسه ، أي لمبة الرصاص تستخدم لتقدير عنصر الرصاص. ولمبة النحاس تستخدم لتقدير عنصر النحاس وهكذا.

وتتكون لمبة الكاثود - كما هو موضح بالرسم (شكل ٨-٨) - من أنبوبة زجاجية مفرغة تحت ضغط يصل الى 2 mm Hg ، وهذه الأنبوبة تملأ بغاز حامل مثل النيون أو الأرجون ، ويوجد في أحد طرفيها نافذة يمر منها الضوء وعند الطرف الآخر يوصل التيار الكهربائي حيث ينتهي هذا الطرف بسلكين من مصدر التنجستن أحدهما يعمل أنود والآخر يعمل كاثود وهو متصل باسطوانة مفرغة ومغطاة بطبقة من المعدن (نحاس - قصدير - نيكل أو أي عنصر آخر).



شكل (٨-٨): لمبة الكاثود Hollow Cathode lamp

ويمكن استخدام لمبة لأكثر من عنصر وتسمى Multi-element lamp ، واللمبات التي تستخدم لعنصر واحد فقط single element تكون أفضل في الاستخدام لأنها أرخص في الثمن ، وإذا تلفت اللمبة لأي سبب من الأسباب تكون لعنصر واحد فقط مما يسهل شراء غيرها. وينبعث الضوء من اللمبة على ثلاث مراحل process كما هو موضح بشكل (٨-٩) وهي :-



شكل (٨-٩): مراحل انبعاث الضوء

أولاً: مرحلة التهيج sputtering : عند توصيل التيار الكهربائي يحدث فرق في الجهد بين الأنود والكاثود فينتج عنه تأين لبعض جزيئات الغاز الخامل الموجود داخل اللمبة.

ثانياً: مرحلة الاثارة excitation : تنجذب أيونات الغاز الخامل الموجبة الى سطح الكاثود المحمل بشحنة سالبة وتصطدم به وينشط بعض ذرات العنصر التي تعمل كطبقة تغطي سطح الكاثود.

ثالثاً: مرحلة الانبعاث emission: بعض ذرات العنصر المنشطرة من سطح الكاثود تكون مثارة وبالتالي تعود تلقائياً الى حالة الاستقرار وينبعث منها أشعة لها نفس التردد والطول الموجي

الخاص بطيف العنصر المراد قياسه. يمتص جزء من هذه الأشعة عند مرورها على ذرات العنصر في اللهب ويقاس تركيز هذه الذرات بمقدار كمية من الطاقة الممتصة.

٢. وحدة مكونات العينة *Sample compartment*

يتم تقدير العنصر في صورة بخار ذري ، ليحدث للعينة اختزال فتصبح جسيمات ذرية متعادلة *neutral atoms* ثم تتبخير *vaporized* وتنتشر *dispersed* في حزمة الأشعة. وتتكون وحدة مكونات العينة من مرذاذ *Nebulizer* ، وموقد *Burner* ، واللهب *Flame*

١- المرذاذ *Nebulizer*

وظيفة المرذاذ *nebulizer* هي سحب محلول العنصر المطلوب تقديره وتحويله الى رذاذ دقيق ، ويمكن أن يسحب حجم من العينة حوالي ٣-٤ مل/دقيقة مما يجعل الاستجابة سريعة وتظهر القراءة بعد ثانية واحدة فقط من عملية السحب .

ويصنع المرذاذ من مادة غير قابلة للتآكل حيث أن العينات تحتوي على أحماض متخلقة عن عملية الهضم وكذلك أحماض مستخدمة في تخفيف العينات واذابتها ، ويتم سحب العينات خلال أنبوبة شعيرية توضع في المحلول تحت تأثير ضغط الهواء الى داخل غرفة خلط الغازات بالموقد وتكون العينة في صورة رذاذ دقيق ويصرف بقية الرذاذ المتبقي الى الخارج من فتحة أسفل المرذاذ *nebulizer* أو يتم تكسيروها الى حبيبات أدق لزيادة حجم العينة المستخدمة في القياس التي لا تزيد عن ١٠ % من الكمية المستخدمة من العينة. ومن أهم عيوب المرذاذ حدوث انسداد في الأنبوبة الشعيرية بسبب وجود أي رواسب في العينة ، لذلك يجب الترشيح والتأكد من تجانس العينة.

٢- الموقد *burner*

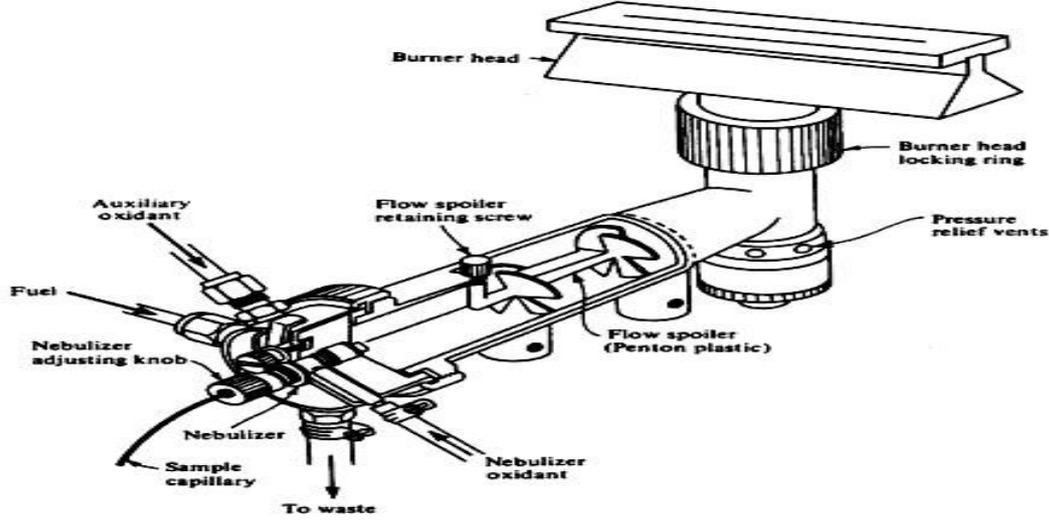
ويوجد نوعان من الموقد *Burner* وهما:

١- الموقد سابق الخلط *Pre-mix type*

٢- الموقد كامل الاحتراق *Total combustion type*

ويتم خلط كل من العينة والوقود والمادة المؤكسدة في النوع الأول - الموقد سابق الخلط - قبل الوصول الى اللهب في غرفة خلط الغازات (شكل ٨-١١) ، حيث يتم سحب المحلول داخل المرذاذ ويدفع في صورة رذاذ دقيق في غرفة خلط الغازات التي تحتوي على فتحتين أحدهما

يدخل منها الوقود ، والأخري العامل المؤكسد لحدوث الاشتعال ، ويدفع تيار الغاز حبيبات الرذاذ معه الى رأس الموقد Burner head فيتم الاشتعال والاحتراق ، ويتم تحويل العنصر الى ذرات. ويصنع رأس الموقد من مادة غير قابلة للتأكسد في درجات الحرارة العالية.



شكل (٦-١١): طريقة خلط العينة والوقود والمادة المؤكسدة

٣- اللهب Flame

يشترط في أجهزة flame atomic absorption أن تكون حرارة الشعلة 2000 k أو أكثر ولهذا يتم اشعال الغاز مع عامل مؤكسد ، مثل الهواء ، أو أكسيد النيتروز ، أو الأوكسيجين مخلوطا مع النتروجين أو الأرجون.

ويوجد عدة مخاليط من الغازات تعطي لهبا ذو درجات حرارة مختلفة تتناسب وخواص العناصر تحت التقدير للحصول على أعلى حساسية من المحلول المستخدم في القياس (جدول ٨-١) .

جدول (٨-١): مخاليط الغازات المستخدمة في تكوين اللهب ودرجات الحرارة المقابلة لكل خليط منها.

Fuel gas	Oxidant gas	Temperature
Acetylene	Air	2300 °C
Acetylene	Nitrous oxide	2900 °C
Hydrogen	Air	2200 °C
Hydrogen	Nitrous oxide	2900 °C
Propane	Air	1900 °C
Propane	Nitrous oxide	3000 °C

ويجب مراعاة ضبط سرعة سريان غاز الاشتعال والغاز المؤكسد حيث يكون أحيانا معدل سريان غاز الاشتعال هو الأعلى ، وأحيانا أخرى يكون سريان الغاز المؤكسد هو الأعلى.

ويمكن استخدام الأسيتيلين التجاري كغاز اشتعال Commercial grade acetylene ، كما يمكن استخدام الهواء المدفوع compressed air من مضخة laboratory compressor ، أو من خلال اسطوانة بها هواء مضغوط كغاز مؤكسد.

ويعتبر مخلوط الهواء مع الأسيتيلين Air-Acetylene هو أفضل أنواع المخاليط حيث يعطي درجة حرارة لهب مناسبة لتقدير حوالي ٣٩ عنصر . يستخدم مخلوط غاز أكسيد النيتروز مع الأسيتيلين في تقدير العناصر التي تحتاج الى حرارة عالية مثل الفوسفور والكالسيوم والسيليكون والألومنيوم ، حيث أن هذه العناصر تكون ثابتة عند درجة الحرارة التي يوفرها مخلوط الهواء مع الأسيتيلين (2300 °C) ولكن عند رفع درجة الحرارة الى 2900 °C يسهل تفكك ذرات هذه العناصر وتحويلها الى الصورة الذرية المستقرة.

أما تقدير العناصر باستخدام الفرن الكهربائي furnace فاننا هنا لانحتاج الى غاز أسيتيلين أو أكسيد النيتروز أو الى الهواء لأننا لانحتاج الى لهب ، ولكن نحتاج فقط الى غاز الأرجون لعمليات التبريد حيث أن حرق العينات يتم في الفرن الكهربائي بعد سحبها بطريقة أوتوماتيكية بواسطة auto sampler

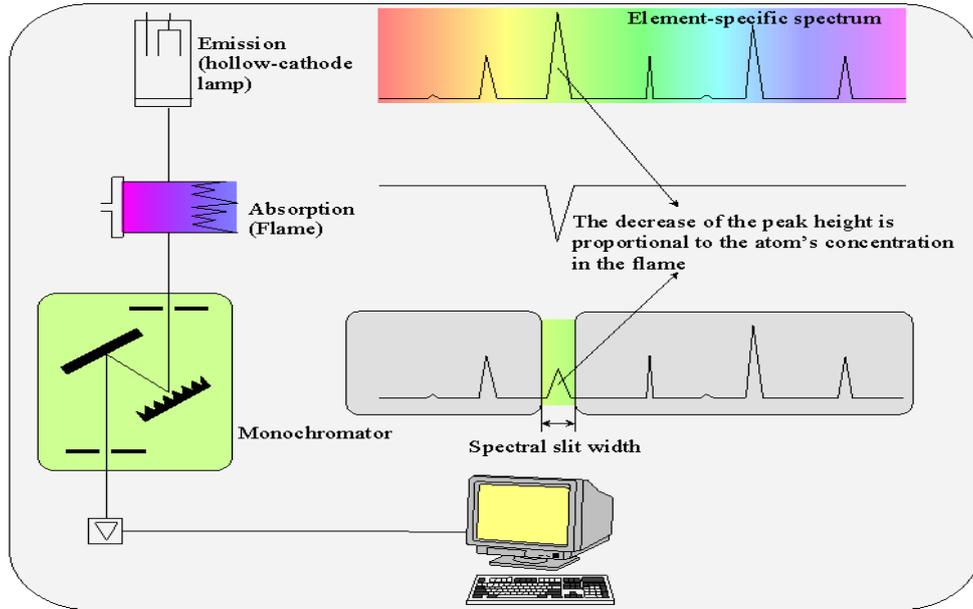
٣. قاطع الضوء Chopper

يقوم بالتحكم في مرور الأشعة modulate the radiation source حيث يمنع ثم يسمح بمرور الأشعة الناتجة من مصدر الضوء الى اللهب بسرعة ثابتة على التوالي (switched on and off) ، مما يؤدي الى تكبير الأشعة الناتجة من مصدر الضوء في فترة السماح بمرور هذه الأشعة وعدم السماح بمرور الضوء المنبعث من اللهب في فترة الظلام.

٤. موحد الموجات Monochromator

يستخدم المحرز grating كمحدد للموجات في مطياف الامتصاص الذري لتمييز الأطوال الموجية المنبعثة من مصدر الضوء والمارة باللهب وذلك للسماح فقط بمرور الأطوال الموجية المطلوبة دون مرور الموجات الأخرى لتصل الى الكشاف (PMT) photomultiplier tube حيث تدخل الحزمة الضوئية المنبعثة من اللهب والمارة باللهب من فتحة دخول موحد الموجات فتصل الى مرآة عاكسة لتعكس الحزمة الضوئية على المحزوز grating الذي يعمل على تفريق

وتتميز الموجات الساقطة عليه ثم تعكسها على مرآة عاكسة أخرى موضوعة بزواوية معينة بحيث تسمح فقط بمرور الأطوال الموجية المرغوب فيها من فتحة الخروج الى الكشاف (شكل ٨-٤٤).



شكل (٨-٤٤): موحد الموجات في مطياف الامتصاص الذري monochromator

٥. الكشاف Detector

تستخدم أنابيب تكبير الضوء photomultiplier tube للكشف عن شدة الشعاع الساقط عليها وذلك بتحويلها الى تيار كهربى يعتمد في شدته على شدة الضوء الساقط على الخلية الضوئية. ثم يتم تكبير التيار الكهربى الناتج من الخلية الضوئية ويحول الى قياسات تدل على مقدار امتصاص العينة من الضوء Absorbance على شاشة رقمية تتراوح قراءتها بين 0.000 – 1.999 على أساس قانون Beer ، وفي الأجهزة الحديثة تحول القراءة مباشرة الى تركيز العنصر في العينة معبرا عنها بوحدات mg/liter (ppm)

التقدير الكمي بواسطة مطياف الامتصاص الذري Quantitative analysis

عندما يمر شعاع ضوئى شدته (I_0) على اللهب أثناء احتوائه على العنصر المراد تقديره فان جزء من الشعاع يمتص absorbed وجزء آخر يمر transmitted . يعبر عن الجزء الممتص من الشعاع بالنسبة المئوية للامتصاص % Absorption ويمكن التعبير عن ذلك رياضيا باستخدام

قانون Lambert Beers law

$$\text{Absorbancy (A)} = \text{Log (I}_0 - \text{I)}$$

$$= \text{Log } 100 / \% T$$

$$= \text{Log } 100 - \text{Log } \% T$$

$$= 2 - \text{Log } \% T$$

حيث :

A تعبر عن الامتصاص

I₀ شدة الشعاع الساقط من مصدر الضوء

I شدة الشعاع النافذ الى أنابيب تكبير الفوتونات PMT

$$A = 2 - \text{Log } \% T$$

$$= K L C$$

حيث :

K معامل الامتصاص ويتوقف على نوع العنصر المراد تقديره.

L طول مسار الضوء في العينة (flame)

C تركيز العنصر.

يمكن تمثيل العلاقة بين الامتصاص و تركيز العنصر المراد تقديره في صورة معادلة خط مستقيم وتوقعها بيانيا (شكل ٨- ١٥).

$$A = 2 - \text{Log } \% T$$

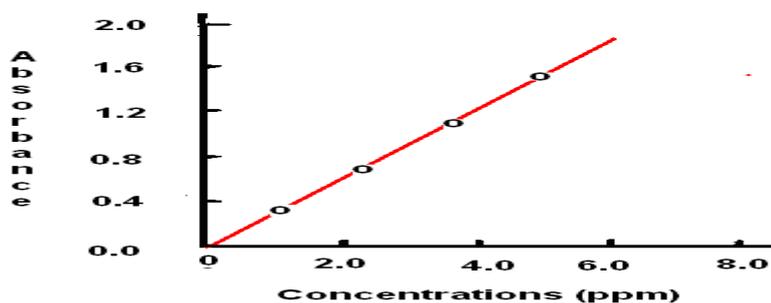
وعندما يحدث امتصاص كامل لشدة الضوء السقط فان النفاذية تكون صفرا

$$\text{Log } \% T = \text{zero}$$

$$A = 2 - \text{Log zero}$$

$$\therefore A = 2 = K L C$$

توقع A على المحور الصادي بحد أقصى ٢ أي عندما يحدث امتصاص كامل للضوء الساقط ،
وتوقع C على المحور السيني ويعبر عن التركيزات المختلفة للعنصر المراد قياسه بوحدات
ppm ويجب أن تقع القراءات في خط مستقيم حتى ينطبق عليها صورة معادلة الخط المستقيم.



شكل (٨-١٥): العلاقة بين الامتصاص و تركيز العنصر المراد تقديره

الحساسية Sensitivity

هي تركيز العنصر المراد تقديره في المحلول بوحدات ملليجرام /ليتر (mg/L) والذي يمتص ما
يوازي ١ ٪ من الأشعة الآتية من مصدر الضوء الخاص بالعنصر.

أو هي تركيز العنصر (mg/L) الذي يعطي امتصاص يساوي 0.0044 تبعا لقانون Lambert
– Beer

$$A = \text{Log } 100 - \text{Log } \%T$$

$$\% A = 100 - \% T \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\% T = 100 - \% A , \quad \% A = 1$$

$$\% T = 100 - 1 = 99 \quad \dots\dots\dots(2)$$

From (1) and (2)

$$A = \text{Log } 100 - \text{Log } 99 = 2 - 1.9956 = 0.0044$$

و في النهاية يمكن القول أن الحساسية sensitivity هي التركيز الذي يقابل امتصاص قدره
0.0044 أو 1 ٪ من الشعاع الساقط.

حدود التقدير Detection Limit

هو أقل تركيز من العنصر يمكن تقديره بحد ثقة confidence limit يصل الى ٩٥ ٪ أو هو
أقل تركيز يعطي إشارة مميزة عن back ground noise وهي تعادل ضعف قيمة تذبذب
قراءة البلائك على الجهاز (signal to noise ratio)
أو هي تركيز العنصر الذي يعطي امتصاص يساوي ضعف قيمة الانحراف القياسي لسلسلة من
القياسات.

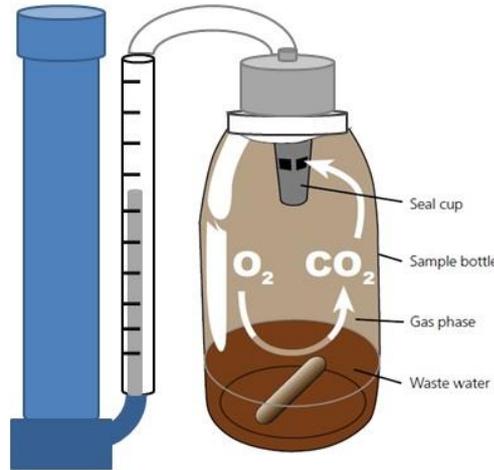
المتطلب الحيوي للأوكسجين (BOD) Biochemical Oxygen Demand

يعرف المتطلب الحيوي للأوكسجين (BOD) بأنه كمية الأوكسجين التي تستهلكها الأحياء المجهرية لتحليل المواد العضوية الموجودة في الماء وتحويلها إلى حالة أكثر استقراراً في ظروف هوائية ، ويعرف BOD_5 بأنه عبارة عن كمية الأوكسجين بالملغم المستهلكة في أثناء خمسة أيام نتيجة للعمليات الحيوية كالتنفس والأكسدة الحيوية في لتر واحد من الماء عند درجة حرارة مقدارها (٢٠) م^٠. وتعد عملية الأكسدة البايوكيميائية من العمليات البطيئة التي تستغرق فترة طويلة ، إذ أن المدة اللازمة لأكسدة ٩٥ – ٩٩ % من المواد العضوية تحت درجة حرارة (٢٠) م^٠ هي ٢٠ يوماً ، أما خلال خمسة أيام فإنه يتم أكسدة ٦٠ – ٧٠ % من المواد العضوية ، ويستخدم المتطلب الحيوي للأوكسجين بوصفه قياساً لمعرفة التلوث من خلال تحديد كمية المواد العضوية في المياه ، إذ إن البكتريا الموجودة في المياه تستهلك المركبات العضوية مصدراً للطاقة معتمدة على الأوكسجين المذاب في الماء. وينصح بأن تكون كمية المتطلب الحيوي للأوكسجين (BOD) للماء المخصص للشرب الخارج من محطات إسالة الماء ما بين (٠,٧ – ١,٥) ملغم.لتر^{-١}. أما قيمة أُلـ BOD للماء النقي نسبياً حوالي (١ ملغم.لتر^{-١}) . وتكون النقاوة سيئة عند قيمة أُلـ BOD (٣ ملغم.لتر^{-١}) ، وتصل إلى حالتها الحرجة عند BOD بقيمة تقرب من (٥ ملغم.لتر^{-١}) حيث تكون مرفوضة

١- المتطلب البايوكيميائي للأوكسجين (BOD) :

يعتمد هذا القياس على تحديد كمية الأوكسجين المذاب المستهلك من قبل البكتريا وبقية الكائنات الحية في خلال مدة معينة من الزمن بدرجة حرارة (٢٠ ± ١ درجة مئوية) ، ويستخدم قياس أُلـ BOD للاستدلال على تراكيز المواد العضوية الموجودة في مياه الأنهار وفي المياه الملوثة كمياه الفضلات .

حيث يستخدم جهاز من نوع (Aqualytic) ، يحتوي الجهاز على عشر قنارٍ زجاجية سعة ٣٠٠ مل وذات غطاء محكم . توضع على جهاز يحوي على رجّاج مغناطيسي ومقياس للزئبق وحاضنة كهربائية للتحكم بدرجة الحرارة خلال فترة التحضين .



مخطط لجهاز قياس المتطلب البايوكيميائي للأوكسجين (BOD)

أما المواد الكيميائية اللازمة لهذا التحليل فهي:

- ١- محلول الفوسفات المنظم (Phosphate Buffer Solution): ويحضر بإذابة (٨,٥) غم من فوسفات البوتاسيوم الثنائية الهيدروجين KH_2PO_4 و (٢١,٧٥) غم من فوسفات ثنائي البوتاسيوم أحادي الهيدروجين سباعي الماء $K_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ مع (١,٧) غم من كلوريد الامونيوم NH_4Cl في حوالي (٥٠٠) مللتر من الماء المقطر ، ثم يكمل الحجم إلى اللتر بالماء المقطر .
- ٢- حامض الكبريتيك (١ع) و محلول هيدروكسيد الصوديوم (١ع): وتستخدم هذه المحاليل لمعادلة النماذج ذات الحامضية أو القاعدية العالية لحد (٧ = pH) .
- ٣- محاليل مكملات التغذية وتشمل :
 - أ- محلول كبريتات المغنسيوم : يحضر بإذابة (٢٢,٥) غم من كبريتات المغنسيوم السباعية الماء $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ في قليل من الماء المقطر ويخفف إلى اللتر .
 - ب- محلول كلوريد الكالسيوم : يحضر بإذابة (٢٧,٥) غم من كلوريد الكالسيوم اللامائي (الجاف) $CaCl_2$ في قليل من الماء المقطر ويخفف إلى اللتر .
 - ت- كلوريد الحديدك: يحضر بإذابة (٠,٢٥) غم من كلوريد الحديدك السداسي الماء $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ في قليل من الماء المقطر ويخفف إلى اللتر .

خطوات العمل :

١- تحضير ماء التخفيف :

- ١- يتم تشبيع كمية مناسبة من الماء المقطر بالأوكسجين ، وذلك بإدخال تيار هوائي من خلال ضاغطه هواء ثم يترك مدة ساعتين لكي يستقر الأوكسجين المذاب وتفقد الكمية التي فوق حد الإشباع ثم تضاف مواد مكملات التغذية بنسبة مللتر واحد من كل مادة إلى كل لتر من الماء المقطر ، كما يضاف إليه بنفس النسبة محلول الفوسفات المنظم .
- ٢- التخفيف : يتم تخفيف النماذج بماء التخفيف بنسبة (٥%) لمياه الفضلات ، أما مياه النهر فلا تحتاج إلى تخفيف .
- ٣- يتم استعمال اسطوانة زجاجية مدرجة سعتها (٦٠٠) مللتر ويخلط النموذج المخفف جيدا باستخدام قضيب مع تلافي دخول الهواء إليه. ويتم نقل المحلول المخفف بواسطة السيوفون لماء قنينتين بها ثم سددهما جيدا . تستعمل الأولى لتحديد الأوكسجين المذاب البدائي باستخدام جهاز قياس الأوكسجين الذائب (DO) ، أما القنينة الثانية توضع في حاضنة درجة حرارتها (٢٠±١) مئوية مدة خمسة أيام وبعدها يتم قياس الأوكسجين المذاب النهائي.
- ٤- تملأ القنيتان بماء التخفيف وحده ويحكم سددهما ، تستعمل الأولى لتحديد الأوكسجين المذاب البدائي لماء التخفيف ، وتحضن الثانية تحت نفس الظروف وتستخدم لتحديد الأوكسجين المذاب النهائي لماء التخفيف ، تفيد نتائج هذا الفحص التأكد من نوعية ماء التخفيف وتصحيح النتائج ، إذ يجب أن لا يزيد مقدار استنزاف الأوكسجين المذاب في ماء التخفيف على (٠,٢ ملغم.لتر^{-١}) ويفضل أن لا يزيد على (٠,١ ملغم.لتر^{-١}) .
- ٥- الحسابات :

أ- النماذج التي لا تحتاج إلى تخفيف :

المتطلب البايوكيميائي للأوكسجين = الأوكسجين المذاب البدائي (D_0) - الأوكسجين المذاب النهائي (D_5) ملغم.لتر^{-١} .

ب- النماذج التي تحتاج إلى تخفيف ولا تحتاج إلى عملية إضافة بكتريا :

المتطلب البايوكيميائي للأوكسجين (BOD) ملغم.لتر^{-١} =
الأوكسجين المذاب البدائي للنموذج المخفف - الأوكسجين المذاب النهائي للنموذج المخفف
نسبة التخفيف

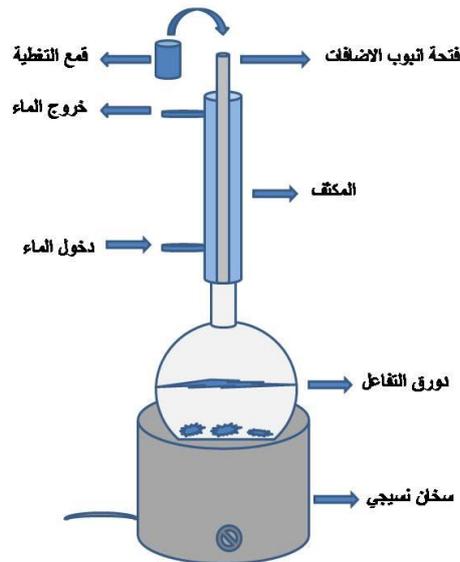
المتطلب الكيماوي للأوكسجين (COD) Chemical Oxygen Demand

يعرف المتطلب الكيماوي للأوكسجين بأنه كمية الأوكسجين المطلوبة لأكسدة المادة العضوية باستعمال مواد كيميائية ذات أكسدة قوية مثل داكرومات البوتاسيوم ($K_2Cr_2O_7$) وحامض الكبريتيك المركز الذي يحمل صفة الحامضية والأكسدة تحت ظروف التدفق (Reflux Conditions) ، وهذا الاختبار واسع الاستعمال لتقدير درجة التلوث (Degree of Pollution) للمسطحات المائية. ويتم التعويض في هذه الطريقة عن البكتريا في عملية التأكسد بمواد كيميائية مؤكسدة قوية مثل داكرومات البوتاسيوم وحامض الكبريتيك المركز ، حيث يتم التأكسد بصورة سريعة لا تزيد على ساعتين ، ويتم قياس كمية داكرومات البوتاسيوم المستنفذة بالتأكسد ، ويتم ربط هذه القيم مع كمية المادة العضوية الموجودة في الماء. وتكون قيم المتطلب الكيماوي للأوكسجين (COD) أكبر من المتطلب الحيوي للأوكسجين (BOD) لأن هناك بعض المواد العضوية لا يمكن أكسدتها حيويًا ، أو لوجود مواد مثبطة أو سامة تمنع من نشاط الكائنات الحية الدقيقة.

٢- المتطلب الكيماوي للأوكسجين (COD) Chemical Oxygen Demand

يتم استخدام الطريقة التقليدية (Reflux Apparatus) لقياس المتطلب الكيماوي لعينات مياه المطروحات .

ويتكون الجهاز من دورق زجاجي سعته ٥٠٠ ملتر ذي عنق ضيق ومتصل بأحكام بمكثف زجاجي يحتوي على فتحتان لدخول الماء وخروجه لغرض التبريد وتكثيف البخار الناتج عن عملية التفاعل .



مخطط لجهاز قياس المتطلب الكيماوي للأوكسجين (COD)

يوضع الدورق على سخان نسيجي (Heating Munttel) ، وتتخلص الطريقة بالآتي:

- ١- نضع عدد من قطع الخزف في قعر الدورق الزجاجي (دورق التفاعل) لتقليل تأثير الغليان في أثناء عملية التسخين.
- ٢- نضيف كمية من مسحوق كبريتات الزئبق (٠,٢ غم) .
- ٣- نضع في دورق زجاجي آخر نفس الكميات من المواد السابقة .
- ٤- نضيف الكمية المحددة من عينة المياه إلى الدورق الأول (١٠ مللتر) ، وتضاف نفس الكمية من الماء المقطر إلى الدورق الثاني.
- ٥- نضيف بهدوء مع التبريد إلى كل من الدورقين جزءاً من حامض الكبريتيك المركز (٥مل).
- ٦- نضيف الكمية المحددة من دايكرومات البوتاسيوم (٥ مللتر) .
- ٧- نربط الدورقين في مكثف ونفتح الماء البارد عليه .
- ٨- يكمل الجزء المتبقي من حامض الكبريتيك (ليصبح الحجم الكلي ١٥ مللتر لكل دورق).
- ٩- نسخن العينات في الدورقين إلى درجة الغليان ولمدة ساعتين .
- ١٠- نوقف التسخين ويترك المحلول لكي يبرد إلى درجة حرارة الغرفة .
- ١١- ننقل المحلول إلى دورق سعته ٥٠٠ مللتر ونضيف قطرات من كاشف فروين (1:10 Orthophenonathroline) .
- ١٢- نسححه مع محلول (٠,٠٥ ع) من كبريتات الحديدوز الامونياكي إلى أن يتغير اللون من الأزرق إلى البني المحمر.
- ١٣- يحسب المتطلب الكيماوي من خلال المعادلة الآتية :

$$\text{المتطلب الكيماوي للأوكسجين COD (ملغم.لتر-١)} = \frac{\text{(أ-ب) } \times \text{ع} \times ٨٠٠٠}{\text{حجم العينة بالمللتر}}$$

حجم العينة بالمللتر

- أ = حجم كبريتات الحديدوز الامونياكي المستخدمة لتسحيح محلول الماء المقطر .
ب = حجم كبريتات الحديدوز الامونياكي المستخدمة لتسحيح محلول العينة الملوثة .
ع = عبارية كبريتات الحديدوز الامونياكي .
ملاحظة : (٨٠٠٠) تعني الوزن المكافئ للأوكسجين $\times ١٠٠٠$ مل.

الفحوصات البيولوجية للماء

لقد وجدنا من خلال التقديم البسيط السابق بان الفحوصات البيولوجية للماء واسعة ومتعددة ومعظمها ذات علاقة مباشرة بتغير التوازن البيئي وبتحديد نوع وكمية التلوث ولخصوصية المنهج اخترنا اكثر هذه الفحوصات شمولية واهمية في تحديد صلاحية الماء للاستخدامات المختلفة ومن هذه الفحوصات :-

الفحص البكتريولوجي للماء ويشمل تحديد :-

العدد الكلي للبكتريا في الماء .

العدد الاكثر احتمالاً لبكتريا القولون .

الفحص الكلي التثبتي والتكميلي لبكتريا القولون .

١- الفحص البكتريولوجي للماء :

بكتريا الماء

يعد الماء بصورة عامة وسط جيد لمعيشة ونمو البكتريا لذلك نجد ان معظم المياه الطبيعية تحتوي على انواع متعددة من الاحياء البكتيرية المختلفة قد تحتويها مياه الصرف بشكل اكبر ويمكن ان تكون البكتريا بصورة عامة ممرضة او غير مسببة للأمراض .

تعيش البكتريا عالقة في عمود الماء او مستقرة في طين القاع او فوق النباتات والحيوانات المائية وقد تكون داخلها ، كما توجد في فتات المواد وقد وجد ان هناك علاقة طردية بين عكورة الماء وبين مقدار ما يوجد من بكتريا فيه .

ويمكن تقسيم البكتريا التي تعيش في الماء الى مجموعتين الاولى هي البكتريا الهوائية وهي التي تحتاج لوجودها الى الاوكسجين الحر ، والثانية هي البكتريا اللاهوائية التي توجد دون وجود الاوكسجين .

وقد تحصل البكتريا على تغذيتها داخل الماء من أكسدة مركبات غير عضوية مثل بكتريا الحديد وبكتريا الكبريت أو من تخمر أو أكسدة مركبات عضوية وتحويلها الى مواد لا عضوية وعضوية بسيطة التركيب وهذه تظم مجموعتين الاولى البكتريا الرمية التي تقوم بهضم وامتصاص المادة الميتة والثانية البكتريا الطفيلية وهي التي تعيش متطفلة داخل اجسام مختلف الاحياء المائية ، وتستطيع البكتريا ان تشتق النتروجين او ثاني اوكسيد الكربون او الفسفور او الكبريت من المواد كما انها تستطيع ان تختزل المواد العضوية الى غاز الميثان او الايثان او الامونيا او كبريتيد الهيدروجين وغيرها .

تدخل الكائنات الدقيقة ومنها البكتريا المرضية والطفيليات المعدية والمكروبات الاخرى الى الماء مع فضلات الانسان او مع طرح فضلات بعض الصناعات المحتوية على هذه الاحياء مثل فضلات معامل الدباغة والجلود والمجازر والصناعات الغذائية المختلفة بضمنها صناعة الالبان ومعامل تعليب المواد الغذائية . تؤدي هذه المكروبات الى اصابات مرضية للإنسان كالتيفوئيد

والكوليرا والبلهارزيا والحمى المائية والحمى الصفراء وغيرها من خلال شرب الانسان للماء المحتوي عليها او من خلال الفعاليات المختلفة ذات العلاقة بالماء كالسباحة مثلاً .

وتكثر البكتريا المرضية في المياه السطحية وخاصة الساكنة منها او القليلة الحركة بينما يكون وجودها في المياه الجوفية محدودة للطبيعة الجيولوجية حيث تعمل التربة كمرشح للأحياء المجهرية وتخلص المياه منها .

ولتفادي الاصابات بالمكروبات يصبح من الضروري تخليص المياه منها قبل الاستخدام وتخليص فضلات الماء من بعضاً منها قبل الطرح الى المورد المائي . ويتم ذلك من خلال عمليات المعالجة وتعتمد كفاءة هذه العمليات على طول فترة المعاملة وعلى درجة التحلل وعلى القوى المضادة للمجاميع الحيوية وعلى الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة الملائمة وعلى عوامل اخرى ، وقد وجد بأن استخدام مرشحات التنقيط Trickle Filter يقلل كفاءة السالمونيلا بحوالي (٨٤-٩٩٪) والفايروس المعوي بحوالي (٤٠-٦٠٪) واكياس النوع Entamoeba Histolytica بحوالي (٨٨-٩٠٪) بينما تسفر برك الاكسدة (اللاكون) فقد ان نسب اكثر للجراثيم (Mason 1981) .

وللتأكد من تفادي العدوى بالأمراض التي قد تسببها المكروبات وضمان سلامة الماء المهيأ للاستخدامات المختلفة يجب اجراء اختبارات بكتريولوجية على الماء قبل تحديد صلاحيته للاستخدام ويجب اخذ الاحتياطات المطلوبة عند الدراسة الحقلية او المختبرية للمياه لتجنب الاصابة بالأمراض .

وقبل البدء بتوضيح طرق قياس البكتريا كمياً او نوعاً في الماء يجب توضيح بعض الامور المتعلقة بالفحوصات البكتريولوجية للماء وبشكل عام :-

١- ارشادات عامة يجب اتباعها اثناء عمليات فحص البكتريا

١. يتم اختيار موقع عمليات الزرع البكتيري بحيث يكون بعيداً عن ضوء الشمس المباشر او حركة الهواء او المناطق التي تتعرض الى حرارة او برودة شديدة .
٢. ابعاد الحاجيات والكتب عن مكان الفحص خوفاً من التلوث .
٣. قبل البدء بالعمل يجب مسح سطح المنضدة لموقع عمليات الزرع البكتيري بقطعة قماش مغمورة بكحول ايثيلي او اي مادة مطهرة اخرى مثل الديتول .
٤. تغسل الايدي بالماء والصابون وتعقم بمادة مطهرة قبل البدء بالعمل وبعد الانتهاء منه .
٥. تجنب الكلام وتناول الاطعمة والمشروبات اثناء الزرع واثناء الفحص او التشخيص ويفضل ارتداء الكمامات عند العمل .
٦. يجب عدم سكب البيئات والمزارع البكتيرية على الارض او على سطح المنضدة وفي حدوث مثل هذا يجب ازالته بسرعة وتعقيم الموقع بأحد المطهرات .
٧. يجب التخلص من المزارع الملوثة حال الانتهاء منها وذلك بتعقيمها بجهاز الاوتوكليف ثم طرحها .
٨. تعقيم الادوات والزجاجيات حين الانتهاء من استخدامها في عمليات الزرع ثم تغسل جيداً وتعقم مرة اخرى قبل استخدامها ثانية .
٩. بعد الانتهاء من الزرع ينظف محل العمل ويعاد تعقيمه .

١٠. يعقم المحضن بين حين وآخر بمسحة بقطعة قماش مبللة بمادة مطهرة لغرض حمايته من التلوث .

ب- تنظيف الادوات الزجاجية :

يجب ان تكون الادوات الزجاجية المستعملة للفحوصات البكتريولوجية نظيفة ومعقمة لذا يجب ان تغسل بالماء الدافئ والصابون والفرشاة ثم تشطف عدة مرات بالماء كما يمكن ان تنزل في محلول منظف مثل الدايكرومات وتغسل جيداً بالماء ثم تشطف اخيراً بالماء المقطر وتجفف وتعقم .

ج- تعقيم الزجاجيات :

تستعمل افران الهواء الساخن Hot Air Sterilizer لتعقيم الزجاجيات مثل أطباق بترى والدوارق والقناني والماصات بدرجة (١٤٠°م) لمدة ثلاث ساعات او ساعتين عند درجة (١٦٠°م) ، ويفضل تشغيل مروحة الجهاز في اثناء فترة التعقيم لغرض وصول الهواء الساخن بشكل متجانس الى الاجزاء المختلفة من الفرن .

كما يمكن تعقيم اطباق بترى او الماصات المصنوعة من البلاستيك بواسطة الاشعة فوق البنفسجية بعد تغليفها في اكياس من مادة البولي اثيلين وذلك خوفاً من تلفها عند استعمال الحرارة في تعقيمها .

د- تعقيم السوائل :

تعقم الاوساط الغذائية والمزارع البكتيرية والماء المقطر المستعمل للتخفيف باللاوتوكليف (Autoclave) بدرجة (١٢١°م) لمدة ١٥ دقيقة . تغطي السوائل بقطع من القطن قبل وضعها في جهاز التعقيم لمنع التلوث .

هـ- اخذ العينات

تبقى القنينة المعقمة مغلقة الى لحظة اخذ العينة فتمسك عندئذ من قاعدتها وتملاً جزئياً بالنموذج وذلك لضمان مزج العينة بالرج .

وتطبق الطرق التالية عند اخذ العينة من المصادر :-

١. عند اخذ العينة من منظومة شبكة توزيع الماء يجب التأكد من ان الحنفية التي تؤخذ منها العينة مرتبطة بأنبوب التجهيز وليس بالخران . تسخن الحنفية لفترة مناسبة باستعمال قفل ثم تفتح كاملاً ويترك الماء يجري منها لفترة لا تقل عن ثلاث دقائق بعدها تملاً القنينة جزئياً وبدون غسل .

٢. عند اخذ العينة مباشرة من نهر او جدول او بحيرة او خزان نمسك القنينة من قاعدتها ويدخل عنقها بالماء وبشكل مائل على ان تكون الفوهة نحو الاعلى وباتجاه التيار فتتملاً جزئياً وبدون غسل ايضاً .

٣. اما اذا اريد اخذ العينة من ماء البئر فيجب ان يضح ماء البئر لمدة خمس دقائق تقريباً ثم تملاً القنينة من الضخ مباشرة وبنفس شروط المليء السابقة الذكر .

و- ازالة الكلور المتبقي وتأثير المعادن الثقيلة من العينات

اذا كانت العينة تحتوي على اي كمية من الكلور المتبقي فان هذا سوف يستمر في التأثير على الجراثيم الموجودة في عينة الفحص مما يعني ان التحليل قد لا يدل على المحتوى الصحيح للجراثيم . ولتلافي هذا يضاف محلول ثايوكبريتات الصوديوم (١٥٪) ويكفي ان يضاف في قعر قنينة العينة التي سعتها (١٢٠ مللتر) (١,٠٠ مللتر) من هذا المحلول ثم تسد القنينة وتعقم وتستهمل لأخذ العينة . اما عند احتمال احتواء النموذج على تراكيز من المعادن الثقيلة مثل النحاس والزنك وغيرها والتي يمكن ان تسبب سمية للبكتريا يجب اضافة (٢,٠ مللتر) من محلول (EDTA) ١٥ ٪ الى قنينة العينة التي سعتها (١٢٠ مللتر) ثم تسد القنينة وتعقم ايضاً وتستهمل لأخذ العينة . (ويمكن اضافة المادتين اعلاه مرة واحدة عند الحاجة لنفس القنينة)

ي- حفظ العينات

يجب ان يجري الفحص البكتريولوجي لعينة الماء فوراً بعد جمعها ، وعلى اية حال يكون من الصعب في بعض الاحيان تنفيذ ذلك ولهذا يوصي على ان لا يتجاوز الوقت بعد جمع العينة واجراء الفحص عن (٣٠) ساعة . وقد اشارت نتائج التجارب خلال السنوات الماضية ان التغييرات في نوع وعدد البكتريا اثناء نقل او خزن النماذج غير المجمدة ولفترة محددة من الزمن يكاد ان يكون قليلاً ويمكن اهماله وهذا يلغي ضرورة تجميد العينة اثناء النقل ولكن يجب الاحتفاظ بدرجة حرارتها مقارنة قدر الامكان الى درجة حرارة المصدر في وقت اخذ العينة .

ز- اضافة العينات للتلقيح

ان من اكثر الادوات استعمالاً في تلقيح الاوساط هي ابرة التلقيح او ما تسمى باللوب Loop وهي عبارة عن سلك مصنوع من البلاتين او من خليط النيكل والكروم وهذا السلك يسخن بسرعة ويفقد حرارته بسرعة . عند الاستعمال يمسك اللوب باليد اليمنى ويعقم باللهب الى درجة الاحمرار ثم يبرد ويلمس به النمو البكتيريا والمستعمرة المراد نقلها ثم يلمس به الوسط الغذائي المراد زرع البكتريا فيه . قد تعاد هذه العملية اكثر من مرة او تكفي ان تكون مرة واحدة وذلك حسب كمية التلقيح المطلوبة .

كما تستعمل الماصة المعقمة والمسدودة نهايتها العليا بقطعة من القطن في نقل الحجم المطلوب من العينة الى الوسط الغذائي . وعند الاستعمال تمسك الماصة من نهايتها العليا ولا يجوز مسك النهاية السفلى لها لأجل المحافظة عليها من التلوث .

العدد الكلي للبكتريا في الماء

ان التقدير الكلي لعدد البكتريا الموجودة في الماء يعطي بشكل عام فكرة عن درجة التلوث البكتيري للماء من دون الاشارة الى انواع البكتريا الموجودة فيه ويكون العد بشكل مباشر أو غير مباشر :-

١. التقدير المباشر لعدد الخلايا البكتيرية في الماء

يمكن تقدير عدد الخلايا البكتيرية مباشرة في عينة من الماء بالاستعانة بالمجهر ويتم ذلك عن طريق تقدير عدد البكتيريا في كمية قليلة من العينة الممزوجة بعد وضعها فوق شريحة المجهر المقسمة الى مربعات معلومة البعد والمساحة . ومن حساب معدل عدد البكتيريا في المربع الواحد وضرب هذه القيمة بالمعامل المجهرى يمكن الحصول على عدد البكتيريا في السنتمتر المكعب الواحد من العينة وفي حالة العينات المخففة تضرب هذه القيمة بمقلوب نسبة التخفيف .

*وفي هذه الطريقة لا يمكن التمييز بين الخلايا الحية والخلايا الميتة في العينة .

٢. التقدير غير المباشر لعدد الخلايا البكتيرية في الماء

يقدر بهذه الطريقة عدد الخلايا الحية ذات القدرة على التكاثر الموجودة في سنتمتر مكعب من الماء عند تهيئة الظروف المناسبة لنموها . ويجري ذلك من خلال استعمال طريقة العد بالأطباق . Plate Count

طريقة العد بالأطباق

يزرع ملتر واحد من العينة الاصلية او المخففة في وسط غذائي موضوع في طبق بتري وتحضن المزرعة بوضعها في درجة تحضين ($35 \pm 0,5$) مؤوي لفترة زمنية معينة . يحسب بعد ذلك عدد المستعمرات الناتجة والذي يمثل عدد البكتيريا الموجودة في كمية العينة المزروعة.

المواد المطلوبة :

١. أطباق بتري معقمة .
٢. ماصات معقمة .
٣. قناني زجاجية معقمة تحوي كل منها (٩٠ مللتر) ماء معقم .
٤. جهاز عد البكتيريا Coloni Count .
٥. حاضنة بدرجة حرارة ($35 \pm 0,5$) مؤوي .
٦. بيئة الأكار (وسط تربتون ومستخلص الخميرة) : تحضر من اذابة (٥غم) من التربتون Trypton و (٢,٥غم) من مستخلص الخميرة Yeast Extract و غرام واحد من سكر الكلوكوز و (١٥غم) من الأكار Agar في لتر واحد من الماء المقطر . يعقم باللاوتكليف ويحفظ في الحاضنة بدرجة حرارة ($44-46$ م°) لحين استعماله .

طريقة العمل :

(أ) تخفيف العينات

عند احتمال وجود عدد من البكتيريا في العينة يقدر بأكثر من (٣٠٠) بكتيريا لكل ملتر يجب تخفيف العينة وذلك بنقل (١٠مل) منها بعد الرج الى احد قناني التخفيف المعقمة والحاوية على (٩٠مل) من الماء المقطر المعقم وبهذا يتم الحصول على تخفيف بنسبة (١:١٠) وللحصول على تخفيف بنسبة (١:١٠٠) يرج النموذج المخفف (١:١٠) جيداً ثم ينقل منه بواسطة ماصة معقمة

اخرى (١٠ مل) الى قنبينة تخفيف اخرى تحتوي على (٩٠ مل) ماء مقطر معقم . وهكذا يمكن اتمام بقية عمليات التخفيفات المطلوبة .

ب) طريقة الزرع وعد البكتريا

١. توضع أطباق بتري المعقمة قرب حافة المنضدة حتى يسهل فتحها لأقل ما يمكن مع مراعاة تحضير طبقين لكل عينة او لكل تخفيف وترقم بشكل دقيق .
٢. يرفع غطاء الطبق من احد الجوانب لأقل فتحة ممكنة وينقل اليه بواسطة ماصة معقمة مل واحد من العينة او من اي تخفيف .
٣. يرفع غطاء الطبق مرة اخرى من احد الجوانب لأقل فتحة ممكنة ويصيب فيه حوالي (١٠-١٥ مل) من الوسط الغذائي المعقم والذي درجة حرارته حوالي (٤٤-٤٦ م°).
٤. تخلط محتويات الطبق جيداً وذلك بتحريك الطبق بهدوء بشكل رقم (8) وهو لايزال فوق المنضدة .
٥. يكمل صب الاطباق بنفس الطريقة خلال فترة لا تتجاوز (١٥) دقيقة مع مراعاة الدقة تجنباً للتلوث الخارجي .
٦. تترك الاطباق لتتصلب بسرعة .
٧. تحضن المزارع بوضعها بشكل مقلوب في الحاضنة بدرجة (٣٥ ± ٠,٥) مؤوي لمدة (٤٨ ± ٣) ساعة وعند عدم ظهور مستعمرات يمكن زيادة فترة التحضين لمدة (٢٤) ساعة اخرى للتأكد من النتائج .
٨. بعد انتهاء فترة التحضين نعد المستعمرات في كل طبق وبحسب معدل عدد المستعمرات في المليلتر الواحد لكل عينة او لكل تخفيف وهذا يعادل عدد الخلايا البكتيرية في المليلتر الواحد المزروع .
٩. يضرب عدد الخلايا البكتيرية بمقلوب نسبة التخفيف بالنسبة للنماذج المخففة .

التحري عن بكتريا القولون

بكتريا القولون واسعة الانتشار في الطبيعة ، توجد في التربة وفي المياه وفي المياه السطحية ودائماً وبشكل ثابت تطرح مع غائط الانسان والحيوان . ولهذا النوع من البكتريا أهمية عملية في الفحوصات الجرثومية للماء ويشير وجودها الى احتمال تلويث الموارد المائية بمياه الفضلات المنزلية اي احتمال تلويث الماء بالغايط واحتمال وجود كائنات في الماء ممرضة للأمعاء كالدسالمونيلا مثلاً . إذ أن الطريقة المتبعة لتعيين سلامة مياه الشرب تعتمد على الكشف عن بكتريا القولون فيه . ويكون الفحص المختبري لمجموعة بكتريا القولون عبارة عن تقدير العدد الاكثر احتمالاً Most Probable Number MPN من هذه البكتريا في (١٠٠) مللتر من نموذج الماء .

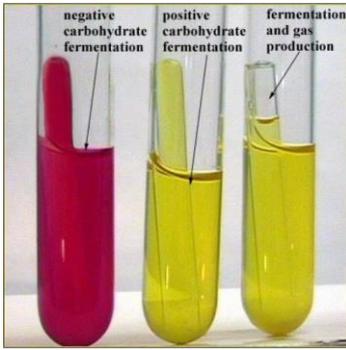
اما الاختبارات النوعية لبكتريا القولون فتشمل الفحص التأكيدي والفحص التكميلي اللذين يدلان بشكل دقيق على بكتريا القولون .

العدد الاكثر احتمالا لبكتريا القولون Most Probable Number For Coliform Bacteria MPN

مقدمة

يتم هذا الفحص عن طريق تطعيم مجموعة من انابيب التخمر التي تحتوي على مرق اللاكتوز بمقادير ملائمة من النموذج والتحضين بدرجة حرارة (٣٥±٠,٥) مئوية لمدة (٢٤) او (٤٨) ساعة

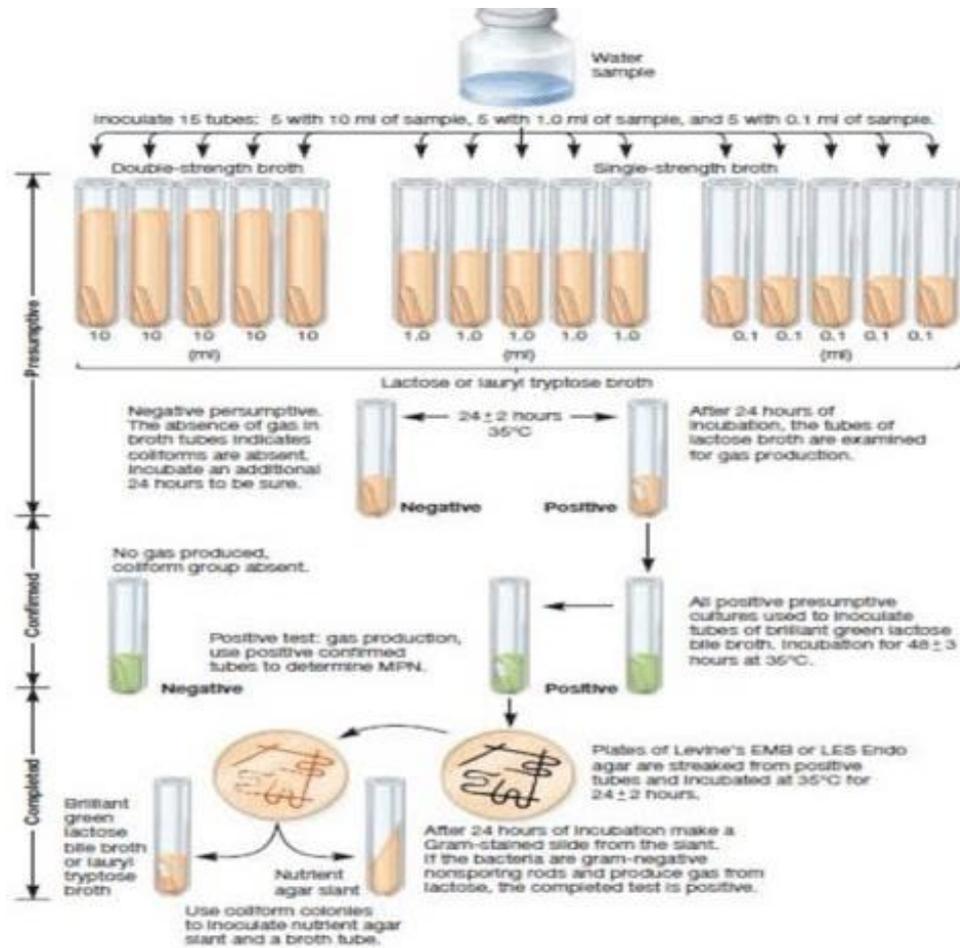
لبكتريا القولون القابلة على تخمر سكر اللاكتوز ويكون هذا التخمر مصحوب بإنتاج غاز اوكسيد الكربون وعلى ضوء تحديد عدد الانابيب التي ظهرت فيها نتائج التخمر وتكوين الغاز ويمكن تحديد العدد الاكثر احتمالا لبكتريا القولون ويسمى هذا الفحص بالفحص الافتراضي Presumptive ويعتبر العدد الاكثر احتمالا MPN كحساب مبني على معدلات ثابتة للاحتمالية ومبني على فرضية كون النمو في انابيب التخمر يبدأ من بكتريا واحدة على الاقل وان حساب MPN يميل الى ان يكون اكثر من الرقم الحقيقي وهذا التباين يزول بزيادة عدد انابيب التخمر حيث ان دقة النتيجة تعتمد على عدد الانابيب المستخدمة .



المواد المطلوبة

١. انابيب تخمير زجاجية
٢. انابيب درهم صغيرة Durham Tube
٣. ماصات زجاجية معقمة
٤. محضن بدرجة (٣٥±٠,٥) مئوية
٥. مرق اللاكتوز احادي التركيز :
٦. يحضر من اذابة (٣) غرام من مستخلص اللحم Beef Extract و (٥) غرام من البيبتون و (٥) غرام من لاكتوز في لتر واحد من الماء المقطر. يسخن ببطيء على حمام مائي ويخلط الى ان يتم الذوبان ، تنظم pH لهذا المحلول بحيث تساوي قيمة (٨,٦-٧)
٦. مرق اللاكتوز مضاعف التركيز :
- يحضر من اذابة نفس الكميات من المواد المستعملة لتحضير اللاكتوز احادي التركيز في (٥٠٠) مللتر من الماء المقطر .
- طريقة العمل :
١. يوضع (١٠) مللتر من مرق اللاكتوز مضاعف التركيز في كل من خمسة انابيب تخمير
٢. يوضع (١٠) مللتر من مرق اللاكتوز احادي التركيز في كل من عشرة انابيب تخمير
٣. توضع انبوبة درهم واحد بشكل مقلوب في كل انبوب تخمير ويزال الهواء الداخل في انبوبة درهم ان وجد ذلك بقلب انبوبة التخمر عدة مرات بعد تغطيتها
٤. تعلق كل انبوبة من انابيب التخمر بقطعة من القطن وتعقم باستخدام الاوتوكليف بدرجة (١٢١)مئوي لمدة (١٥) دقيقة ثم تبرد بسرعة لتلافي تحلل السكر في التبريد البطيء

٥. تطعم كل انبوبة تخمير من الانابيب الخمسة الحاوية على مرق اللاكتوز مضاعف التركيز بمقدار (١٠) مللتر من عينة الماء
٦. تطعم كل انبوبة تخمير من الانابيب الخمسة الحاوية على مرق اللاكتوز احادي التركيز بملليتر واحد من عينة الماء
٧. تطعم كل انبوبة تخمير من الانابيب الخمسة الاخيرة الحاوية على مرق اللاكتوز احادي التركيز (٠,١) مللتر من عينة الماء
٨. تغطي كل انبوب بقطعة من القطن وترتب الانابيب (حسب مقدار العينة) الى ثلاث مجاميع ثم تحضن بدرجة (٣٥±٠,٥) مؤوي لمدة (٢٤+٢) ساعة وعند عدم ظهور غاز بعد هذه الفترة يمكن زيادة فترة التحضين لمدة (٢٤) ساعة اخرى
٩. في حالة وجود غاز بنسبة ١٠٪ من حجم انابيب درهم تعد النتيجة موجبة (+ve) وفي حالة عدم تكوين غاز في انابيب درهم تعتبر النتيجة سالبة (-ve)
١٠. يحدد العدد الاكثر احتمالية MPN من بكتريا القولون في (١٠٠) مللتر من العينة من مقارنة نتائج التشكلية الموجبة للفحص مع القيم الموجودة في الجدول (١٧)



جدول (١٧) تقديرات العدد الاكثر احتمالاً MPN ليكتريا القولون عند استخدام خمسة انابيب لكل من المقادير ١٠ ، ١ ، ٠,١ ملتر^(١)

٩٥٪ حدود الثقة الواطني العالي		MPN لكل ١٠٠ ملتر	تشكيلة النتائج الموجبة	٩٥٪ حدود الثقة الواطني العالي		MPN لكل ١٠٠ ملتر	تشكيلة النتائج الموجبة
٥٦	٩			٢٢	٠-٢-٤		
٦٥	١٢	٢٦	١-٢-٤	١٠	١	٢	١-٠-٠
٦٧	١٢	٢٧	٠-٣-٤	١٠	١	٢	٠-١-٠
٧٧	١٥	٣٣	١-٣-٤	١٣	١	٤	٠-٢-٠
٨٠	١٦	٣٤	٠-٤-٤				
				١١	١	٢	٠-٠-١
٨٦	٩	٢٣	٠-٠-٥	١٥	١	٤	١-٠-١
١١٠	١٠	٣٠	١-٠-٥	١٥	١	٤	٠-١-١
١٤٠	٢٠	٤٠	٢-٠-٥	١٨	٢	٦	١-١-١
١٢٠	١٠	٣٠	٠-١-٥	١٨	٢	٦	٠-٢-١
١٥٠	٢٠	٥٠	١-١-٥				
١٨٠	٣٠	٦٠	٢-١-٥	١٧	١	٤	٠-٠-٢
				٢٠	١	٧	١-٠-٢
١٧٠	٢٠	٥٠	٠-٢-٥	٢١	٢	٧	٠-١-٢
٢١٠	٣٠	٧٠	١-٢-٥	٢٤	٣	٩	١-١-٢
٢٥٠	٤٠	٩٠	٢-٢-٥	٢٥	٣	٩	٠-٢-٢
٢٥٠	٣٠	٨٠	٠-٣-٥	٢٩	٥	١٢	٠-٣-٢
٣٠٠	٤٠	١١٠	١-٣-٥				
٣٦٠	٦٠	١٤٠	٢-٣-٥	٢٤	٣	٨	٠-٠-٣
			٥	٢٩	٤	١١	١-٠-٣
٤١٠	٨٠	١٧٠	٣-٣-٥	٢٩	٤	١١	٠-١-٣
٣٩٠	٥٠	١٣٠	٠-٤-٥	٣٥	٦	١٤	١-١-٣
٤٨٠	٧٠	١٧٠	١-٤-٥	٣٥	٦	١٤	٠-٢-٣
٥٨٠	١٠٠	٢٢٠	٢-٤-٥	٤٠	٧	١٧	١-٢-٣
٦٩٠	١٢٠	٢٨٠	٣-٤-٥				
٨٢٠	١٦٠	٣٥٠	٤-٤-٥	٣٨	٥	١٣	٠-٠-٤
٩٤٠	١٠٠	٢٤٠	٠-٥-٥	٤٥	٧	١٧	١-٠-٤
١٣٠٠	١٠٠	٣٠٠	١-١-٥	٤٦	٧	١٧	٠-١-٤
٢٠٠٠	٢٠٠	٥٠٠	٢-٥-٥	٥٥	٩	٢١	١-١-٤
٢٩٠٠	٣٠٠	٩٠٠	٣-٥-٥				
٥٣٠٠	٦٠٠	١٦٠٠	٤-٥-٥	٦٣	١٢	٢٦	٢-١-٤

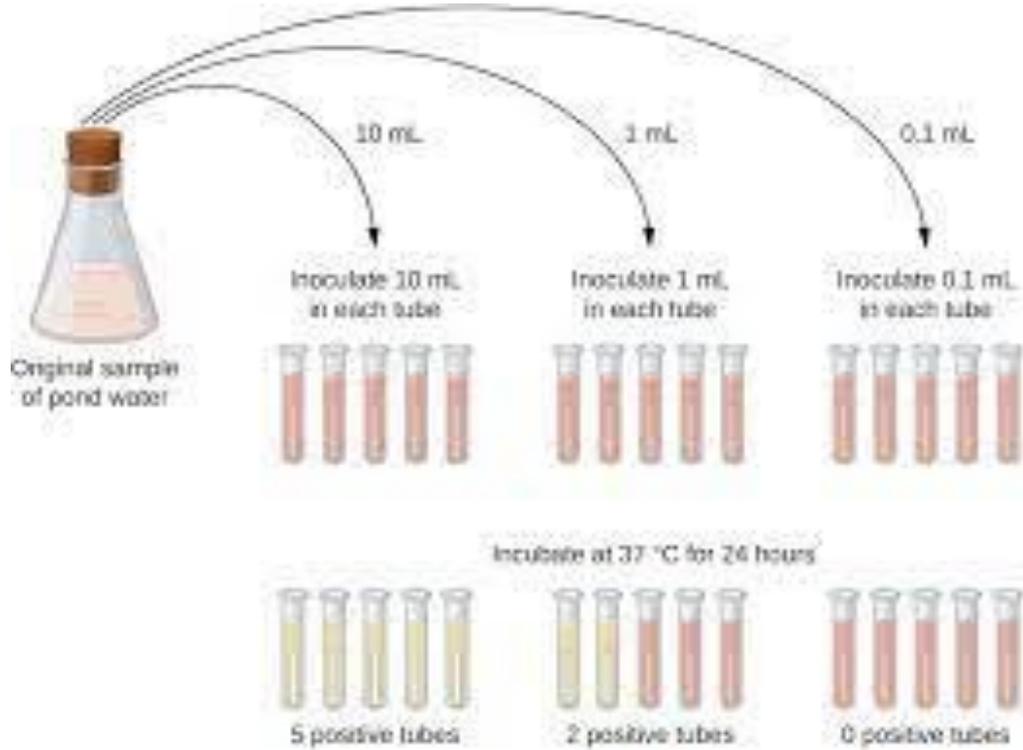
الفحص التأكيدي لبكتريا القولون Confirmed Test

لنثبت ان البكتريا التي ادت تخمر السكر اللاكتوز في الفحص الافتراضي هي من اصل معوي يزرع بمقدار ما يحمله لوب من المزرعة الموجبة لمرق اللاكتوز في وسط زرعي يحتوي على املاح الصفراء تعمل على تثبيط نمو البكتريا غير المعوية وتسمح بنمو البكتريا المعوية فقط . فإذا ظهرت نتائج موجبة لتخمر اللاكتوز في هذا الوسط واعطاء الغاز يعني التأكيد على ان العينة تحتوي على بكتريا القولون .

تحضير الوسط الغذائي

يستعمل لهذا الفحص وسط مرق املاح الصفراء Brilliant Green Bile Lactose Broth ويحضر من اذابة (١٠غم) من البيتون و (١٠غم) من اللاكتوز و (٢٠غم) من Oxygel و (٠,٠١٣٣غم) من املاح الصفراء في لتر واحد من الماء المقطر. يغلي ويبرد ويوزع على انابيب تخمير بمقدار (١٠مل) في كل انبوب ثم توضع انبوبة درهم واحدة بشكل مقلوب في كل انبوب ايضاً : تغطى الانابيب بالقطن وتعقم بالاتوكليف ثم يبرد بسرعة .
التطعيم:

١. تطعيم انابيب التخمر الحاوية على أملاح الصفراء بمقدار حملة لوب من المزرعة الموجبة لمرق اللاكتوز في الفحص الافتراضي .
٢. تحضن الانابيب لمدة (٤٨ ± ٣) ساعة في درجة (٣٥ ± ٠,٥) مئوية .
٣. ظهور الغاز في انابيب التخمر بعد فترة التحضين يؤكد وجود بكتريا القولون التي من اصل معوي في النموذج .



الفحص التكميلي لبكتريا القولون Complete Test

يستعمل الفحص التكميلي كخطوة لاحقة للفحص التأكيدي ويتم هذا الفحص بتلقيح أطباق بتري الحاوية على وسط Eosin Methylene Blue (E.M.B) من الانبوب الموجب للفحص التأكيدي ثم تشخيص المستعمرات الناتجة في الطبق .

تحضير الوسط الغذائي

يستعمل وسط Eosin Methylene Blue Agar (E.M.B) ويحضر من اذابة :

(١٠ غم) من الببتون و (١٠ غم) من اللاكتوز و (٢ غم) من فوسفات البوتاسيوم احادية الهيدروجين K_2HPO_4 و (١٥ غم) من الأكار و (٠,٤ غم) من Eosin - X و (٠,٠٦٥ غم) من المثلين الازرق في لتر واحد من الماء المقطر وقيمة الـ pH لهذا المحلول بعد التعقيم تساوي 7.1 .

التطعيم

١. يلقح بطريقة التخطيط باللوب طبق من وسط EMB من مزرعة مرق املاح الصفراء الموجبة في الفحص التأكيدي .
٢. يحضن الطبق بوضع مقلوب بدرجة (٣٥±٠,٥) مئوية لمدة ٢٤ ساعة .
٣. بعد انتهاء فترة التحضين تشخص المستعمرات الناتجة في الطبق .

تشخيص المستعمرات

١. ان ظهور مستعمرات داكنة اللون تتميز بلمعان يدل على وجود بكتريا القولون E-Coli ويؤكد ان العينة ملوثة حديثاً بالمواد البرازية .
٢. ظهور مستعمرات أكبر ذات مركز بني غامق خالي من اللمعان يدل على وجود بكتريا E. aeragens ويؤكد على ان مصدر البكتريا ليس الامعاء بل قد يكون من التربة او من النباتات .
٣. ظهور مستعمرات شاحبة مخاطية ليس لها مركز تعتبر نتيجة سالبة على وجود بكتريا القولون المعوية .
٤. يمكن تشخيص البكتريا تحت المجهر وملاحظة بكتريا القولون عصوية ، قصيرة ، سميكة وغير مكونة للسبورات .

