جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان-
كلّية العلوم الإنسانية والعلوم الاجتماعية

قسم علم الآثار

قسم علم الآثار السّنة الجامعية: 2025/2024م

المستوى: الماستر 1 تخصص صيانة وترميم

عنوان المقياس:طرق التحليل العلمي للمواد الأثرية2

أستاذ المقياس: د. قادة لبتر

الرقم 02

عنوان االدرس:

الكيمياء التحليلية ووسائل التحليل العلمي

الكيمياء التحليلية chimie analytique ووسائل التحليل العلمي:

العناصر الأساسية:

تمهيد

1. تعريف الكيمياء التحليلية.

2. الخصائص الرئيسية للمواد

3 - أنواع التحاليل على المواد

4- علم القياسات الأثرية و الفحص المخبري

5. مراحل تحليل العينات الأثرية.

تمهيد:

تقوم الكيمياء التحليلية في كثير من العلوم بدور مهم، فهي لا غنى عنها أساسًا في مختلف العلوم، إذ يستفاد من التقنية التحليلية في دراسة المواد الحية وعمليات التمثيل الغذائي وغيرها، فمثلا لا يستطيع الأطباء تشخيص الأمراض دون الاستناد إلى نتائج التحليلات اللازمة لذلك، كما نجد أن تقسيم المعادن جاء بعد معرفة تامة بالمكونات الكيميائية لها، ولا يستطيع الفيزيائيون تشخيص نواتج الطاقة العالية بدون استخدام التقنية التحليلية في الصناعة الحديثة، كما أن قيمة المواد الخام ومدى نقاوة منتج صناعي وملاءمته للاستعمال والسيطرة على العمليات الصناعية في مرحلة أو أكثر نحتاج إلى معرفة الكيمياء التحليلية للتأكد من جودة الإنتاج الصناعي[1].

1 - التعريف: الكيمياء التحليلية فرع من فروع الكيمياء تهتم بالتقدير الكمي والنوعي للعناصر والمركبات المكونة للمادة المراد تحليلها. أو علم معلومات المواد لمعرفة خواصها والتي تشمل:

- الخواص كيميائية
- الخصائص فيزيائية
- الخواص بيولوجية
- الخصائص جيولوجية

كما تعرف الكيمياء التحليلية على أنها دراسة التركيب الكيميائي للمواد الطبيعية والاصطناعية، بخلاف الفروع الأخرى من الكيمياء مثل الكيمياء اللاعضوية أو الكيمياء العضوية ، فإن الكيمياء التحليلية غير محصورة بنوع محدد من المركبات أو بنوع معين من التفاعلات الكيميائية، كما أن الخواص التي تدرس

في الكيمياء التحليلية تتضمن الخواص الهندسية مثل شكل الجزيئات وتوزع الذرات بها، إلى خواص التركيب وتحديد المكونات من العناصر.

تطورت الكيمياء التحليلية على يد الكيميائيين التحليليين وأسهم تطورها في تقدم كثير من العلوم الأخرى: مثل التطبيقات الطبية الحيوية، البيئية ومراقبة التطورات البيئية والمناخية وتأثيرات الإنسان على البيئة، رقابة الجودة في الصناعة خاصة صناعة الأدوية، وحتى التحليلات الجينية والوراثية في أبحاث علم الأحياء و الطب الجنائي.

2. الخصائص الرئيسية للمواد:

يتم تجميع الخصائص الرئيسية للمواد في:

- الخواص الميكانيكية : معامل المرونة أو حد المرونة، التصلب، الليونة، اللزوجة، معدل الزحف، الحمل عند الكسر.
- الخواص الفيزيائية: الموصلية الكهربائية، المغنطة، الموصلية الحرارية، درجة الحرارة والحرارة الكامنة للتحول، طاقة السطح، الرابطة، الشفافية.
- الخواص الكيميائية : مقاومة التآكل، الأكسدة، الثبات الكيميائي، مخططات التوازن.

بشكل عام، فإن اختيار مادة لتطبيق معين هو نتيجة لخصائص مناسبة في واحد أو أكثر من المناطق المحددة، يسترشد أيضًا بالاعتبارات الأخرى وهي أداء المادة، والتي من بينها سيتم تصنيف العناصر التكنولوجية والاقتصادية، جنبًا إلى جنب مع ميزات أقل قابلية للقياس.

3- أنواع التحاليل على المواد :

أ- التحليل النوعي أو الوصفي: هو مجموعة العمليات التي يتم فيها الكشف عن تركيب المواد أو المركبات أو العناصر الداخلة في تركيب مادة معينة، أو خليط من المواد سواء أكان في الحالة الصلبة، أو محلول في مذيب معين ولا يتعرض هذا التحليل إطلاقًا إلى كميات هذه المكونات، وهو الذي يهتم بالمظهر الخارجي للمركب مثل اللون والرائحة والطعم.

ب- التحليل الكمي: يبحث في تقدير كميات المكونات أو العناصر الداخلة في تركيب المركب الكيميائي أو الخليط، ويتبين من هذا أن التحليل النوعي لمادة مجهولة التركيب يسبق عادة التحليل الكمي لها؛ لأنه لا يجوز تقدير مادة معينة تقديرًا كميًا ما لم يتأكد من وجودها وصفيًا، ويشمل التحليل الكمي على:

ب.1- التحليل الوزني: يتم التحليل الكمي بالوزن بترسيب المادة وتقديرها كميًا في هيئة عنصر منفرد أو مشتق معين معروف التركيب، يفصل عن المحلول بالترسيب أو الطرد المركزي ثم غسله وتجفيفه ووزنه، فيحسب وزن المادة المراد تقديرها من معرفتنا لوزن الراسب وتركيبه بدقة.

فمثلا يمكن تعيين نسبة الكلور في ملح الطعام مثلا بإذابة وزن معين من الملح في الماء ثم إضافة محلول نترات الفضة إليه فيترسب على شكل كلوريد الفضة، ثم يرشح الراسب ويغسل ويجفف ثم يوزن لمعرفة كمية الكلور ونسبته في الملح، ويضم التحليل الوزني الطرق التي يتم فيها تقدير أوزان المواد أو بعض مكوناتها بطريقتين هما:

ب.1.1- الطريقة المباشرة: وفيها يتم تحديد قياسات الأوزان لنواتج العملية التحليلية المعروفة التركيب.

ب.2.1- الطريقة غير المباشرة: إذ تحدد بواسطتها قياسات الأوزان المفقودة أو الناقصة في الوزن بوصفها نتيجة لخاصية التطاير بالعينة.

ب.2- التحليل الحجمي:

تستعمل في هذه الحالة طرق مباشرة وغير مباشرة لتعيين أوزان المواد أو بعض مكوناتها وتشمل هذه الطرق ما يلي:

ب.1.2- طريقة المعايرة الحجمية:

تتضمن استعمال محاليل ذات تراكيز معلومة وقياس حجوم مثل هذه المحاليل التي تتفاعل كميًا مع محلول المادة المراد تقديرها لحد نقطة معينة، تسمى نقطة التكافؤ أو نقطة انتهاء التفاعل التي يمكن الكشف عنها بواسطة الأدلة التي تتضمن تغيرًا حادًا في خواص المحلول كاللون أو التعكير الذي تلحظهما بالعين المجردة أو تقاس بالطرق الكيميائية الفيزيائية كقياس فرق الجهد أو التوصيل الكهربائي.

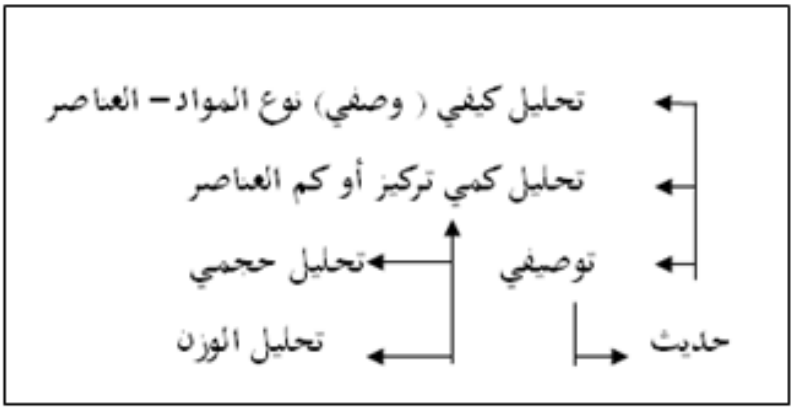
ويسمى المحلول المعلوم التركيز بالمحلول القياسي وهو المحلول الذي يحتوي حجم معين منه على وزن معلوم من المادة المذابة، أما عملية إضافة المحلول القياسي إلى حجم معين من محلول المادة المجهولة التركيز في الأنبوب المخروطي، أو العكس حتى يتم التفاعل فتسمى بعملية المعايرة، ومن قوانين التكافؤ الكيميائي وتحديد حجم المحلول القياسي المستعمل في المعايرة نستطيع أن نعين وزن المادة المجهولة أو النسب الوزنية لما فيها من مكونات سواء أكان بطرق مباشرة أو غير مباشرة.

ب.3.1- التحليل الغازي:

تقاس بهذه الطريقة كمية الغازات المستهلكة وفيه تقدر المادة بتقدير حجم الغاز، الذي قد يكون هو المادة المراد تقديرها أو ناتجًا عن تفاعل تلك المادة مع مواد أخرى بحيث تعطي غازًا يمكن تقديره، ويجب أن لا يفهم بأن عمليات التحليل الكمي والنوعي لا يمكن أن تتم إلا عن طريق التفاعلات الكيميائية، وعمليات الفصل بالطرق الطبيعية لها أثرها الواضح في بناء أكثر مراحل التحليل الكروماتوجرافي لمكونات الخليط ثم يلي ذلك التمييز بطرق كيميائية.

ومع أن طرق التحليل الحجمي تتطلب توفر شروط وخبرة لتجاوز الأخطاء أو العيوب فأنها تفضل في التطبيق العملي والاستعمال على طرق التحليل الوزني؛ على الرغم من دقة النتائج التي يمكن الحصول عليها عند استعمالها لكنها تستغرق وقتًا طويلاً لإتمام التحليل، قد يتجاوز الانتظار للحصول على نتائجها عدة ساعات أو أيام، وهو ما لا يتفق والحاجة العملية خاصة في السيطرة الكيميائية على العمليات الصناعية لتوجيه التفاعلات إلى الوجهة الصحيحة للحصول على نتائج ذات مواصفات عالية الجودة.

يمكن تلخيص التحاليل الكمية والكيفية على المواد في المخطط التالي: (الشكل رقم 02)



ج - التحليل الآلي:

تقدر المادة بقياس بعض من خواصها الفيزيائية أو الكيميائية مثل الكثافة واللون ومعامل الانكسار والتوصيلة الكهربائية والتغيرلت الحرارية والكهربائية.....الخ. وتعتمد هذه الطرق أساسًا على القياسات الآتية:

ج.1- انبعاث الطاقة الضوئية: يتضمن هذا القياس إثارة المادة إلى مستويات عالية من الطاقة بالطاقة الضوئية أو الكهربائية ثم رجوعها إلى مستوى طاقة منخفض، فينبعث من الطاقة الممتصة وتكون مقياسًا لكمية المادة، وذلك بواسطة الطرق الآتية:

- طرق تسجيل الطيف الانبعاثي(émission spectrographie) ، حيث تثار المادة باستخدام القوس الكهربائي.
- المطياف الفوتومتري باللهب(flamme photométrie)، حيث تثار المادة باستخدام أنواع مختلفة من اللهب وبعد رجوع المادة إلى حافة طاقة منخفضة تقاس كمية الضوء المنبعثة.
- وميض الأشعة السينية(x-ray fluorescence) حيث تثار المادة بأشعة سينية ذات طول موجي معين وبعد رجوعها إلى حالة طاقة منخفضة تقاس الأشعة المنبعثة وهي التي تقوم بتمييز العنصر[2].

ج.2- امتصاص الطاقة الضوئية: ويتضمن قياس كمية الطاقة الضوئية عند طول موجه معينة تمتصها المادة المراد تحليلها، ولهذا يمكن استخدام مايلي:

أ - الطرق الطيفية اللونية.

ب - الطرق الطيفية في المنطقة فوق البنفسجية.

ج- الطرق الطيفية في المنطقة تحت الحمراء.

د - طريقة الأشعة السينية.

هـ- الرنين النووي المغناطيسي: تتضمن هذه الطريقة التفاعل بين موجات الراديو وأنوية الذرات التي تكون في مجال مغناطيسي.

ج.3- الطرق الكهربائية: تتم بواسطة الطرق التالية:

أ - التحليل بطريقة التوصيل الكهربائي حيث يقاس التغير في معامل التوصيل الكهربائي لمحلول النموذج.

ب - التحليل بقياس فرق الجهد حيث يقاس الجهد الكهربائي المتغير في أثناء التفاعل عند وضع القطب في المحلول ويمكن معرفة انتهاء التفاعل ومن ثم يمكن حساب تركيز المواد المتفاعلة.

جـ- التحليل بقياس الكمية الكهربائية حيث تقاس الكمية الكهربائية بالكولوم اللازمة لإكمال التفاعل الكهروكيميائي.

د - البولاروجرافيا تقاس قيمة التيار الكهربائي حيث تتناسب مع تركيز المادة التي تختزل أو تتأكسد في تفاعل كهروكيميائي عند القطب المايكروني.

د. التحليل الكروماتوجرافي: يعتمد هذا النوع من التحليل على اختلاف المواد بعضها عن بعض في ميلها للامتزاز أو التجزئة أو التبادل خلال سطح مغلف بمذيب مناسب أو خلال مادة كيميائية ومن ثم يمكن أن تنفصل تلك المواد، وتنقسم طرق التحليل الكروماتوجرافي إلى:

- كروماتوجرافيا الامتصاص: ويقصد به التحليل الكروماتوجرافي عن طريق الامتصاص على السطح.
- كروماتوجرافيا التبادل الأيوني: ويقصد به التحليل الكروماتوجرافي عن طريق تبادل الأيونات بين مادة التقدير وبين أيونات السطح الذي يحدث عملية التبادل وهي مادة كيميائية راتنجية.

- كروماتوجرافيا التجزئة: ويقصد به التحليل الكروماتوجرافي عن طريق الفصل التجزيئي لخليط من عدة مواد، وتنقسم هذه الطريقة إلى كروماتوجرافيا العمود بالتجزئة ويتم فيها التحليل على عمود معبأ بمادة معينة.

- كروماتوجرافيا الطبقة الرقيقة: وفيه يتم التحليل الكروماتوجرافي بالامتصاص أو التوزيع على ألواح زجاجية تنثر عليها مادة مسامية يجرى عليها الفصل والتحليل.

- كروماتوجرافيا الغاز: ويتضمن هذا التحليل الكروماتوجرافي باستخدام غاز ناقل يقوم بحمل أبخرة المواد المحللة، فيتم اتصال أبخرة هذه المواد تبعًا لدرجات غليانها أي تظهر أولاء المواد ذات درجات الغليان المنخفضة، يتبعها المواد ذات درجات الغليان العالية وتخرج هذه الأبخرة لتنضم إلى الغاز الناقل ومن ثم يمكن فصل هذه المواد عن بعضها وتعينها، ويمكن أيضًا بطريقة كروماتوجرافيا الغاز إجراء التقدير الكمي لهذه المواد المنفصلة.

- طرق التحليل الطيفية:

- التحليل باستخدام البولارومیتر: يقاس مقدار الانحراف الناتج عند مرور الضوء المستقطب خلال المحلول.
- التحليل بقياس انكسار الضوء: يقاس معامل الانكسار الذي يقوم بتعيين التركيب الكيميائي للخليط.
- مطياف الكتلة: يمكن بهذه الطريقة قياس النسبة بين شحنة كتلة أيونات مختلفة ناتجة من تكسير جزيئات كبيرة ومنه يمكن إيجاد الوزن الجزيئي والتركيز.
- التوصيل الحراري: وفيه يقاس التوصيل الحراري ويستدل منه على تركيب المادة.
- طرق تحليل المواد المشعة: وفيه تشع المادة لتصبح ذات نشاط إشعاعي ثم تعد الأشعة أو الجسيمات المتدفقة منها لغرض تقديرها كميًا.

4- علم القياسات الأثرية Archéométrie وطرق الفحص المخبري :

يشير علم الآثار القياسي إلى جميع الأبحاث التي تهدف إلى تطبيق التقنيات العلمية في مجال علم الآثار، وتهدف هذه التطبيقات إلى توفير بيانات كمية وموضوعية لتحديد وفهم التقنيات القديمة وبيئة المواقع الأثرية.

في فرنسا على سبيل الذكر لا الحصر، تشارك الهندسة المعمارية والعلوم التقنية في أربع مراحل رئيسية: التنقيب والتاريخ وتحليل المواد ومعالجة البيانات، تعتمد هذه الأنواع المختلفة من الأبحاث، بالإضافة إلى تلك المتعلقة بالبيئة (الحيوانات والنباتات) والأنثروبولوجيا، وما إلى ذلك، على مساعدة علماء الآثار في فرق متعددة التخصصات، في تعاون علمي، يحدد فيه عالم الآثار ما يتعلق بالمقاييس الأثرية ووفقًا للإمكانات التقنية مع اتخاذ برنامج التدابير اللازمة ؛ بعد الانتهاء منها ، يتم استغلال النتائج بشكل مشترك من قبل علماء الآثار ومختلف التخصصات الأخرى، من أجل أخذ العينات المشتركة أو تفسير القياسات.[3]

علم الآثار القياسي[4] هو مجال علمي يقوم بتنفيذ الأساليب الفيزيائية أو الكيميائية للدراسات الأثرية، تتضمن هذه الأساليب دراسات في علم الرسوبيات، وعلم النبات، وعلم الآثار ، والأنثروبولوجيا، وتحليل المواد بغرض تفسير وتاريخ الأشياء والمواقع الأثرية.

أسس علم التقليد الفرنسي موريس بيكون الذي عمل على إقناع المجتمع العلمي بأن تخصص علم الآثار القياسي ليس علمًا مساعدًا في علم الآثار، وهو أيضًا أحد الأعضاء المؤسسين لمجموعة الطرق متعددة التخصصات التي تساهم في علم الآثار (GMPCA)[5] ، وهي الرابطة التي تربط بين الجهات الفاعلة متعددة الاختصاصات في علم الآثار.[6]

يرافق القياس الأثري عالم الآثار في كل مرحلة من مراحل البحث الأثري، من جمع البيانات الميدانية إلى التحليلات المختبرية والتفسيرات من الناحية العلمية، علم الآثار القياسي وعلم الآثار لها نفس الأهداف، فقط مقاييس العمل والأساليب تختلف، تتم العملية العلمية وفقًا لمقاييس التحليلات، في الواقع تبدأ الدراسة بالملاحظة العيانية، بالعين المجردة أو مع عدسة مكبرة تتراوح بين المتر إلى ملليمتر بعد ذلك، أو المجاهر الكلاسيكية، المسح الإلكتروني أو الإرسال الإلكتروني وغيرها.

يعتمد القياس الأثري على مرحلة المختبر التي تهدف إلى إنشاء "بطاقة هوية" البقايا الأثرية، حيث تكتسب بالتالي وضعًا جديدًا: حالة المستند الذي يمكن قراءته أثناء قراءة النص القديم، لا يمكن تحقيق نتائج مرضية إلا على أساس متعدد التخصصات، وفقًا لطبيعة مادة التصنيع وأيضًا الأسئلة التي يطرحها عالم الآثار، سيقوم القياس بتكييف طريقة التحليل من أجل الحصول على أقصى قدر من المعلومات التي ترغب في فهم المادة الأثرية، إنه يتعلق بإعداد برنامج تحقيق حقيقي.[87]

5 - مراحل تحليل العينات: تمر جميع العينات لمختلف المواد من أجل تحليلها بالمراحل التالية:

- تجميع العينة
- حفظ العينة
- التجهيز
- القياس
– التحقق
– التقرير.

الهوامش:

[1]- www. chem.libretexts.org, consulté le 18-5-2019

[2] -www. chem.libretexts.org, visité le 18-5-2020

[3] . https://www.universalis.fr/encyclopedie/archeologie-traitement-et-interpretation-l-archeometrie/#i_85356. Consulté le 25-6-2019

[4]- في أوروبا ، يقع المركز الأوروبي للآثار في ليج ، بلجيكا ، ويخضع مباشرة لجامعة ليج (أوليج).
http://labos.ulg.ac.be/cearcheo/

[5] - *Groupe des Méthodes Pluridisciplinaires Contribuant à l'Archéologie*

[6] - https://gmpca.fr/presentation-du-gmpca . Consulté le 7-6-2020

[7] - http://www.archeologiesenchantier.ens.fr/spip.php?article14