



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



قسم علم الآثار

السنة الجامعية: 2024/2025م

قسم علم الآثار

المستوى: الماستر 1 تخصص صيانة وترميم

عنوان المقياس: طرق التحليل العلمي للمواد الأثرية 2

أستاذ المقياس: د. قادة لبتير

الرقم 04

عنوان الدرس:

تصنيف أهم وسائل التحليل على المواد الأثرية

المحاضرة الرابعة - تصنيف وسائل التحليل

عناصر المحاضرة

تمهيد

1. الميكروسكوب المستقطب
2. الميكروسكوب الذري
3. التصوير والفحص المجهرى
4. البلازما المقارنة
5. حيود الأشعة السينية
6. التحليل باستخدام مطياف الأشعة تحت الحمراء
7. التحليل بالأمواج الصوتية

تمهيد: استرجاع المعلومات السابقة للوصول إلى إمكانية تصنيف وسائل التحليل من خلال معلمتين

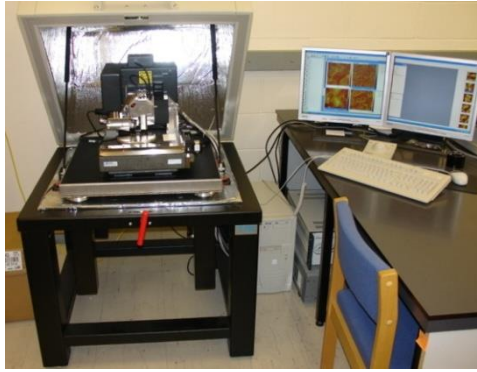
- إما حسب طريقة التحليل، والتي تكون :

بأخذ عينة من القطعة :وهي الوسائل التي تستلزم نزع جزء من المادة، وتستعمل عادة في دراسة طبقات التآكل السطحية، أين لا يؤثر نزع العينة على القطعة الأثرية.
أو بدون أخذ عينة :أي مباشرة على القطعة الأثرية، وبالتالي يمكن استعمالها في دراسة مجمل القطعة دون التأثير على خصوصياتها وكمالها.

- أو حسب نوع التحليل، والذي يكون :

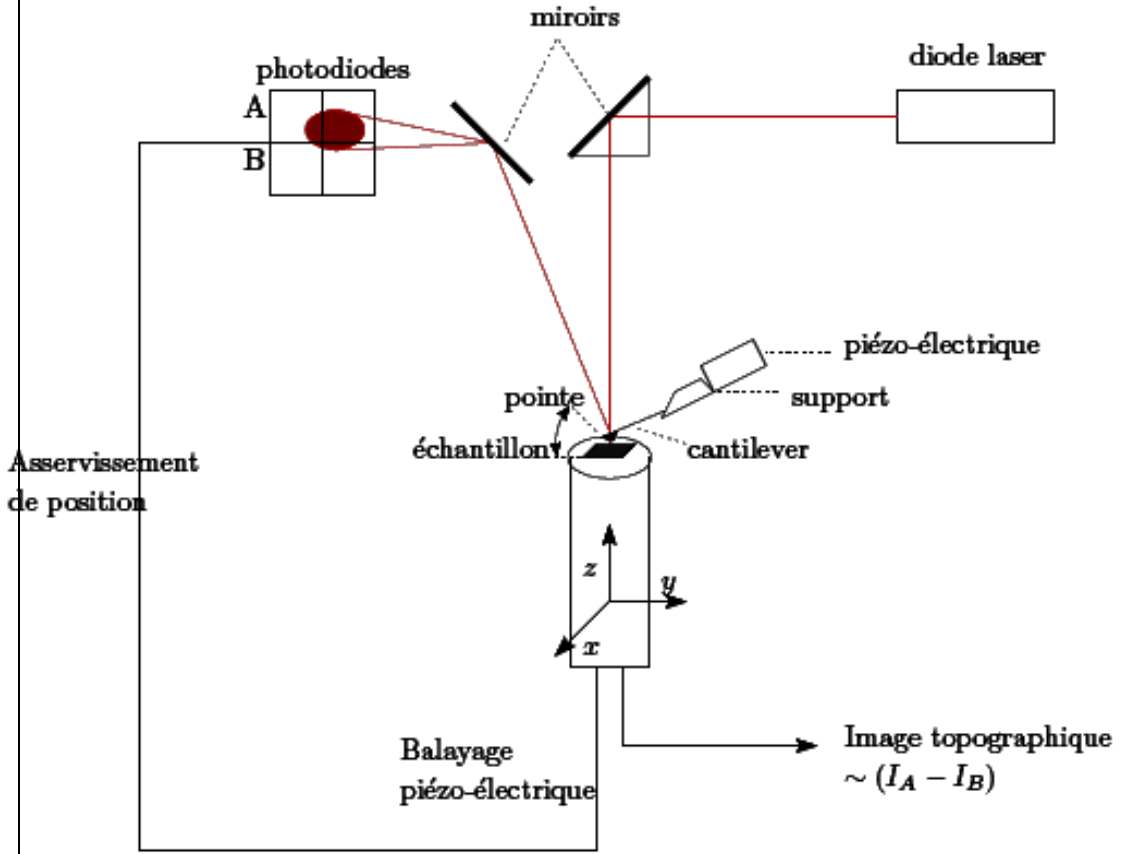
إما نوعي : أي يكشف عن نوع العناصر أو المركبات التي تحتويها العينة
أو كمي : وهو يكشف عن كمية العناصر والأصناف الكيميائية التي تحتويها العينة، وتعرف بالنسبة المئوية (%) أو بالجزء من المليون (ppm).¹

أو نوعي-كمي : أي يكشف عن نوع وكمية العناصر والأصناف الكيميائية التي تحتويها العينة.
يمكن الوصول إلى التحاليل السابقة عن طريق:



يتألف الجهاز من إبرة ذات أبعاد ميكروبية تقوم بالمرور على السطح المراد مسحه، تكون هذه الإبرة مثبتة إلى حامل أفقي بينما تكون هي نفسها عمودية على هذا الحامل وعلى السطح المراد مسحه، يتم إسقاط شعاع ليزري على الحامل والذي يرتفع وينخفض مع ارتفاع وانخفاض الإبرة وبالتالي مع تنوع تضاريس السطح من ارتفاع وانخفاض، ويتم التقاط منعكس الشعاع الليزر على الحامل على مستقبل وبالتالي يتم تحديد ورسم تضاريس السطح الممسوح تبعاً لحركة منعكس الشعاع الليزري.

يتكون ميكروسكوب القوة الذرية من ذراع (cantilever) في نهايته مجس (probe) مكون من رأس حاد يعرف بالـ (tip) يستخدم لمسح سطح العينة (كما هو مبين في الشكل). تكون الذراع مصنوعة من مادة السليكون أو نيتريد السيليكون بنصف قطر في حدود بضعة نانومترات. عندما يقترب رأس المجس من سطح العينة تتولد قوة بين رأس المجس وسطح العينة تؤدي هذه القوة إلى انحراف في الذراع بناءً على قوة هوك⁶. وقد تكون القوة المتبادلة قوة ميكانيكية أو قوة فاندرفال (Van der Waals)⁷ أو قوة شعيرية كهروستاتيكية أو قوة مغناطيسية أو قوة رابطة كيميائية أو قوة كزيمار⁸ أو غيرها من أنواع القوة وهذا حسب نوع السطح الذي يتم دراسته.



يمكن تشغيل ميكروسكوب القوة الذرية (AFM) بعدة أنماط تشغيل وهذا حسب الاستخدام المطلوب ونوع الفحص المراد. وبصفة عامة يمكن تقسيم أنماط التشغيل بنوعين هما:

- ❖ نمط التشغيل الاستاتيكي (الثابت) أو نمط الاتصال
- ❖ والنوع الثاني هو نمط التشغيل الديناميكي (المتحرك) أو نمط عدم الاتصال⁹.

3- التصوير والفحص المجهرى:

- التصوير والفحص المجهرى يتم باستخدام الإلكترونات بدلاً من الضوء أو ما يسمى (الميكروسكوب الإلكتروني الحاسم) كما هو مبين في الشكل، الهدف منه إعطاء صورة عميقة للشكل المورفولوجي للمادة الأثرية، وذلك بالاعتماد على استخدام الإلكترونات بدلاً من الضوء حيث أن سقوط أشعة إلكترونية تحت جهد كهربائي على أي مادة متبلورة على زاوية محددة يحدث انعكاساً وحيوياً لهذه الأشعة

الإلكترونية، يقوم المجهر الماسح الإلكتروني بمسح على الجسم المراد فحصه معطيا نبضات كهربية واسعة تتجمع لتكون صورة تنتقل على العدسات المبكرة في الجهاز ومنها إلى شاشة، يمكن أن يكبرها الجهاز من أكثر من 300.00 مرة.

- مكوناته:

- أسطوانة تحوي فتيلة التنغستن (tungstène) والتي هي مصدر الإلكترونات، والتنغستن هو عبارة عن عنصر كيميائي رمزه W، أما كلمة تنجستن تعني الحجر الثقيل اكتشفه العالم الكيميائي السويدي كارل فلهام 1871، ويستخدم التنغستن في صنع الأسلاك المتهوجة في المصابيح¹⁰.

- العدسات (عدسة التجميع- عدسة شئية، عدسة متوسطة عدسة نقل وعرض الصورة) كلها عدسات مغناطيسية تتغذى بتيار كهربائي.

- استعمالاته: فحص جميع أنواع المواد الأثرية عضوية كانت أو غير عضوية.

- يمكن من خلاله معرفة، التشققات، الأمراض الميكروبيولوجية، الترسبات البلورية العلمية

- مراقبة تغلغل مواد الترميم (الحقن، والتقوية)

- يفحص نواتج الصد أو السبائك بالنسبة للمعادن.

- مراقبة تغير الأصباغ وتفكك المواد الملونة من سطح الألياف.

- مراقبة مدى تدهور الألياف السيليلوزية في الخشب.

- مراقبة الملوثات الحيوية على سطح الآثار.

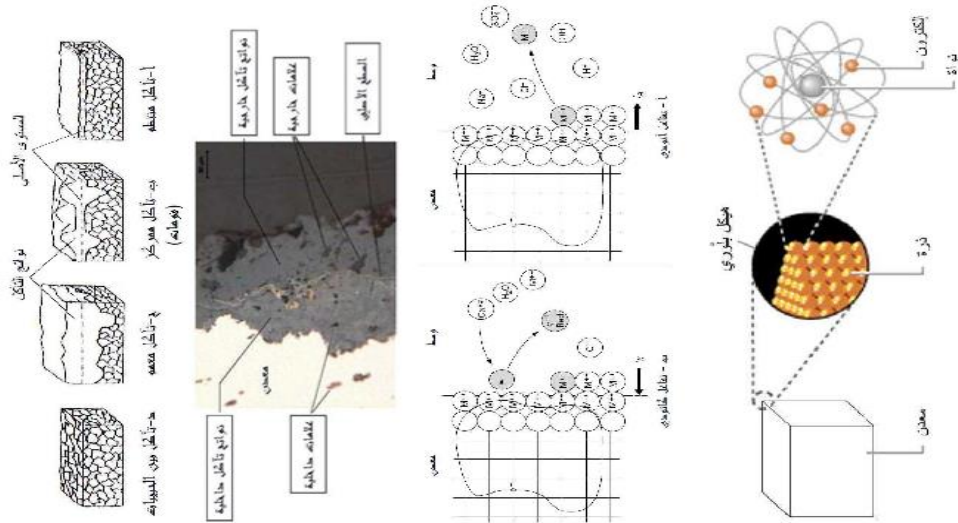
- مراقبة مراحل تنظيف الآثار المتقولة (قبل أثناء بعد).

- تكبير سطح العينات المراقبة وإعطاء صورة (3D) مجسمة.



4- البلازما المقارنة:

تستعمل هذه التقنية لفحص المعادن بالاعتماد على تشبع سطح الذرات والجزيئات المحايدة، وهي شكل المادة من خلال تقديرها بحركة الإلكترونات والأيونات الموجبة في الأعداد المتكافئة.

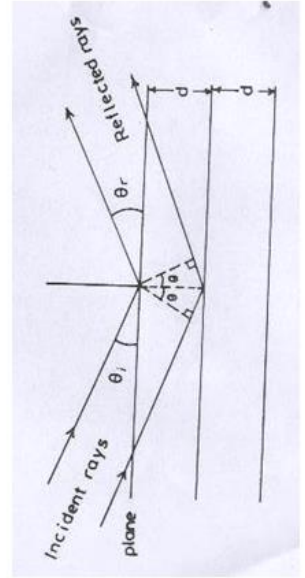
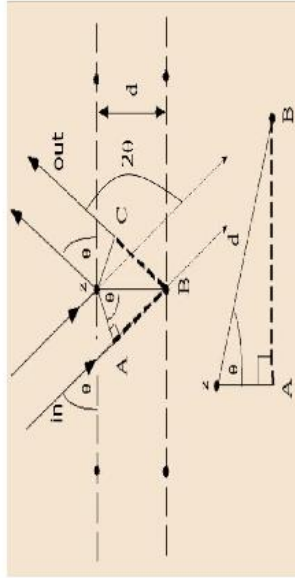


5- حيود الأشعة السينية: Diffraction des rayons X XRD

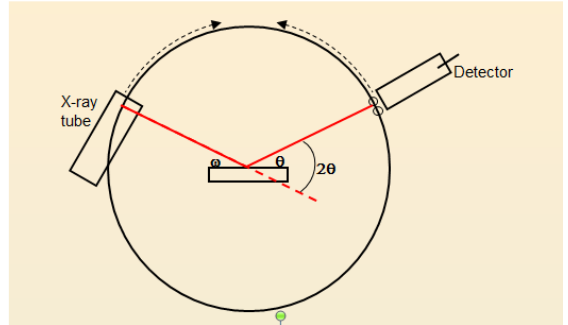
خاصة على الأحجار والمونات وطبقات التشييد والمواد الملونة تعتمد على الترتيب البلوري المنتظم للعينة، وعند تعرضها لحزمة أحادية الموجة من الأشعة تسبب ذرات المادة في حيودها طبقا لقانون براج

(لورنس براج Loi de Bragg عام 1912)

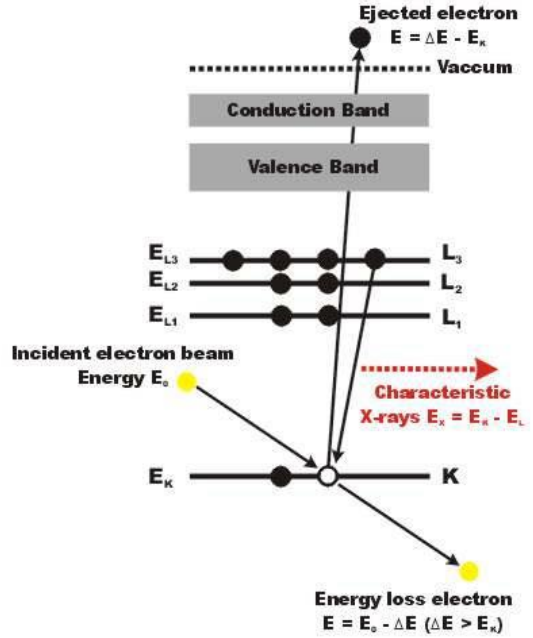
$$hd = 2d \sin(\theta)$$



مبدأ حيود الأشعة السينية في البلورات¹¹



مبدأ عمل جهاز قياس حيود الأشعة السينية الـ *Diffractomètre*¹²



ميكانيكية تولد أشعة أكس¹³

إن أسلوب قياس حيود الأشعة السينية (X-ray) هو أحد الأساليب الأكثر استعمالاً لدراسة الحالة البلورية للمواد الجامدة، إذ أن حيود هذه الأشعة عند مرورها عبر البلورة يقدم لنا مقياساً ممتازاً عن مدى اقتراب المادة من الحالة البلورية المثالية أو اقترابها من الحالة الزجاجية (الغير البلورية).

- استعمال التحليل بحيود الأشعة السينية XRD في الآثار:

التطبيقات الواجب معرفتها:

- سمك وكثافة الأثر.
- المسافة بين مصدر والأشعة والأثر.
- زمن التعريض للأشعة.
- الوقت اللازم للتحريض.
- طاقة الأشعة المستخدمة.

نتعرف من خلاله على:

- التعرف على أماكن وجود الشقوق بالآثار.
- الكشف عن طبقات الرسوم الأقدم.
- أنواع الروابط الكيميائية: - الذرية تجذب ذرات الفلز الإلكترونيات

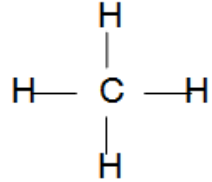
- الأيونية يفقد الفلز إلكترون للفلز

- التساهمية بين الإلكترونات للمواد الأثرية

6- التحليل باستخدام مطياف الأشعة تحت الحمراء :

وخاصة لمعرفة مكونات الصور الزينية باستخدام التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء وذلك بالاعتماد على خصائص الامتصاص للمواد المكونة للألوان حيث تظهر الصورة على هيئة قطاعات وثيقة، ويمكن أن تعرف حتى الوسائط الزيتية المستعملة في خلط المواد المكونة.

- شروط التحليل بالأشعة تحت الحمراء: أن تحوى العينة رابطة تساهمية مع تواجد قيمة عزم¹⁴ ثنائية القطب بمساهمة زوج أو أكثر من الإلكترونات بين الذرات.



والعزم هو جملة مؤلفة من شحنتين متساويتين ومتعاكستين + و - تفصل بينهما مسافة ضئيلة جداً، وحدة قياس العزم D: الحرف الأول من اسم العالم ديبي Debye ، أبسط أنواع ثنائي القطب هو المغناطيس المستقيم.

7- التحليل بالأمواج الصوتية¹⁵:

الموجات فوق الصوتية موجات صوت تنتشر في الأوساط المادية مثل:الهواء، الماء، المواد الصلبة، بشكل اهتزازات طولية بعيداً عن مصدر الصوت، مكونة موجات مثل أمواج البحر. ويكون لها تردد أعلى من 20,000 هيرتز وهي أعلى من الموجات الصوتية المسموعة (20 هيرتز - 20,000 هيرتز).

تقنية تصوير المواد بالموجات فوق الصوتية تعتمد على إسقاط حزمة صوتية والتقاط الانعكاس المرتد من المادة، مكوناً صورة تتدرج من الأسود إلى الأبيض نتيجة لاختلاف المقاومة الصوتية بين أنسجة المادة، بحيث تظهر الأنسجة ذات المقاومة العالية بيضاء والأنسجة عديمة المقاومة سوداء.

الهوامش:

¹ - BERTHOLON et al ; Op.Cit

² <https://www.hazemsakeek.net>.

³ - النانومتر هي وحدة لقياس الأطوال، تستعمل لقياس الأطوال القصيرة جداً ومقدارها 10⁻⁹ من المتر. أي 1 مليمتري يحتوى مليون نانو ، لها استخدامات كثيرة في الفيزياء والكيمياء، النانومتر هو جزء من مليار جزء من المتر ، تستخدم هذه الوحدة لقياس الأطوال الصغيرة جداً وهي غالباً ما تكون من أبعاد الذرة ، يرمز لها بـ nm أو nm.

يدل مصطلح نانو حالياً على الاختصاصات التقنية التي تعمل ضمن هذا المجال والتي تسعى تقانة النانو والتي غالباً ما تكون في كيمياء السطوح أو صناعة شبه الموصلات، تستخدم هذه الوحدة أيضاً لوصف أطوال الموجة في المجال المرئي الذي يتراوح بين 350 - 700 نانومتر، وأيضاً تستخدم هذه الوحدة في قياس الجزيئات والالكترونات في النواة والميكروبات الصغيرة جد

Svedberg, The; Nichols, J. Burton. "Determination of the size and distribution of size of particle by centrifugal methods". *Journal of the American Chemical Society* 45 (12): 1923. 2910–2917. doi:10.1021/ja01665a016

⁴⁻ كان كالفن فورست كوات (7 ديسمبر 1923 - 6 يوليو 2019) أحد مخترعي مجهر القوة الذرية. وكان أستاذا فخرياً في الفيزياء التطبيقية والهندسة الكهربائية في جامعة ستانفورد.

⁵⁻ كريستوف جيرير هو فيزيائي سويسري، ولد في 15 مايو 1942 في بازل في سويسرا

⁶⁻ في الميكانيك والفيزياء، قانون هوك للمرونة هو تقريباً يشير إلى أن الكمية التي يتغير بها الإجهاد مرتبطة خطياً بالقوة المسببة لهذا التغير. المواد التي ينطبق عليها قانون هوك تقريباً هي مواد ذات مرونة خطية. سعى قانون هوك على اسم الفيزيائي الإنجليزي روبرت هوك الذي عاش في القرن السابع عشر. لقد ذكر هذا القانون في 1676 كبديل لاتيني، نشره في 1678 كجملة تعني "لزيادة القوة يزيد الامتداد"

Boresi. A P, Schmidt. R.J. Sidebottom. O.M, Advanced mechanics of materials . 5 th. 1993. ISBN 978047. 1600091

⁷⁻ قوى فان دير فال بالإنجليزية (Van der Waals force): وهي قوى التأثيرات المتبادلة بين جزيئات المادة الواحدة المتعادلة كهربياً مع بعضها البعض، وتنتج من تجاذب أنوية الذرات في جزيء معين مع إلكترونات التكافؤ في جزيء مجاور، وتوجد عادة في جزيئات المركبات التساهمية غير القطبية. هو نوع من أنواع الترابط بين الجزيئات غير القطبية ويعرف أحياناً بقوى لندن وهو ينشأ من الحركة العشوائية للإلكترونات في الجزيء مما يؤدي إلى تكوين أقطاب كهربائية لحظية على الجزيء وخاصة في الجزيئات التي تمتلك عدداً كبيراً من الإلكترونات لأن ذلك يزيد فرصة الإستقطاب .

<https://vufind.techlib.cz/Record/001871342>. le 31/08/2019

⁸⁻ تأثير كازيمير بالإنجليزية (Casimir effect): وقوة كازيمير-بولد هي قوى فيزيائية ناتجة عن المجال الكمم "quantized field" اكتشفه الفيزيائي الهولندي هندريك كازيمير سنة 1948 مثال ذلك لوحان معدنيين غير مشحونين موضوعان في الفراغ وتفصلهما مسافة بضع ميكرومترات ولا يؤثر عليهما أي مجال كهرومغناطيسي خارجي.

Federico Capasso, et al.: Casimir forces and quantum electro dynamical torques: physics and nanomechanics. IEEE Journal of Selected Topics in QuantumElectronics, Vol.13, issue2, 2007, S.400.414, doi:10.1109/JSTQE.2007.893082.

⁹⁻ <https://www.hazemsakeek.net>

¹⁰ _Saunders Nigel , tungsten and the elements of grou 3 A7 (the periodic table), Chicago, 2004.

<https://www.amazon.com/Tungsten-Elements-Groups-Periodic-Table/dp/1403435189>

¹¹ - لى مجيد أحمد ، علوم الكيمياء - كيمياء النانو - جامعة كربلاء، 2016.

¹² لى مجيد أحمد ، علوم الكيمياء - كيمياء النانو - جامعة كربلاء، 2016.

¹³ - المرجع نفسه .

¹⁴ - العزم = الشحنة (الوحدات الإلكترونية x المسافة)

¹⁵- SIMON, François-Xavier. L'apport de l'outil géophysique pour la reconnaissance et la caractérisation des sites en archéologie préventive, méthodes et perspectives: exemples en Alsace. 2012. Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie-Paris VI (Le premier chapitre) .