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

قسم علم الآثار

قسم علم الآثار السّنة الجامعية: 2022/2021م

المستوى: الماستر 1 تخصص صيانة وترميم

عنوان المقياس:طرق التحليل العلمي للمواد الأثرية2

أستاذ المقياس: د. قادة لبتر

الرقم 04

تصنيف وسائل التحليل على المواد الأثرية

المحاضرة الرابعة - تصنيف وسائل التحليل

عناصر المحاضرة

تمهيد

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

تمهيد: (الهدف من الدرس) 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 :

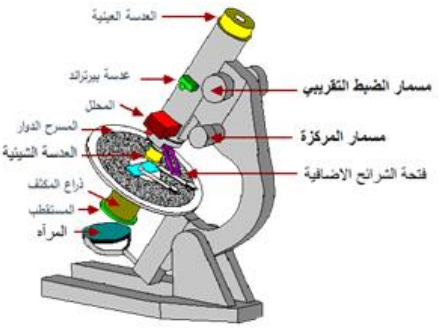
إما نوعي : أي يكشف عن نوع العناصر أو المركبات التي تحتويها العينة

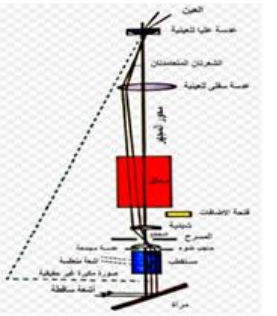
أو كمي : وهو يكشف عن كمية العناصر والأصناف الكيميائية التي تحتويها العينة، وتعرف بالنسبة المئوية (%)أو بالجزء من المليون (ppm).[1]

أو نوعي-كمي : أي يكشف عن نوع وكمية العناصر والأصناف الكيميائية التي تحتويها العينة.

يمكن الوصول إلى التحاليل السابقة عن طريق:

1- **الميكروسكوب المستقطب (البتروغرافي)** التعرف على المعادن من خلال الصفات البصرية.





- استعمالات الميكروسكوب المستقطب:

- التعرف على التاريخ التشوهي الذي مرت به مواد البناء وخاصة الصخور.
- دراسة عمليات التجوية على المعادن.
- التعرف على طبيعة المكونات النسبية للمادة المعدنية والتفاعلات بينها.

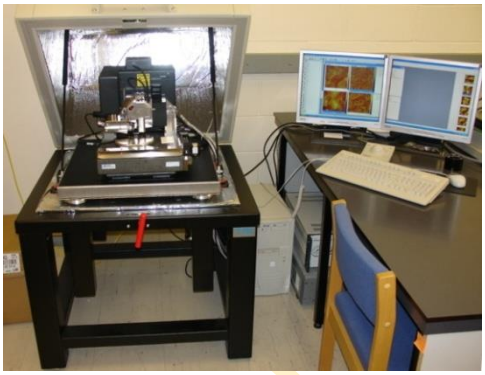
2- الميكروسكوب الذري: أو ميكروسكوب الدفع الذري (صورة طبوغرافية ثلاثية الأبعاد)[2] ، التعرف على ما تعرضت له مواد البناء الأثرية من عمليات تلف أدت إلى تغيرات فيزيائية وكيميائية وميكانيكية في خواص العينة الأثرية، كذلك يمكن التعرف على الأملاح الموجودة بالعينة.

ميكروسكوب القوة الذرية أو ميكروسكوب القوة الماسحة Microscopie à balayage (SFM)

هو ميكروسكوب ذو قدرة تحليلية عالية وهو أحد أنواع ميكروسكوبات المجسات الماسحة ولكن هذا الميكروسكوب له قدرة تحليل تصل إلى أجزاء من النانومتر[3] ، اخترع ميكروسكوب القوة الذرية AFM العالمين Quate [4] **كان كالفن فورست كوات** وGerber[5] **كريستوف جيربر** في العام 1986. وتوفر أول جهاز للاستخدام في المختبرات العلمية في العام 1986. ويعتبر هذا الميكروسكوب الأكثر شهرة كأداة تكبير وقياس وتحريك على المستوى النانوي.

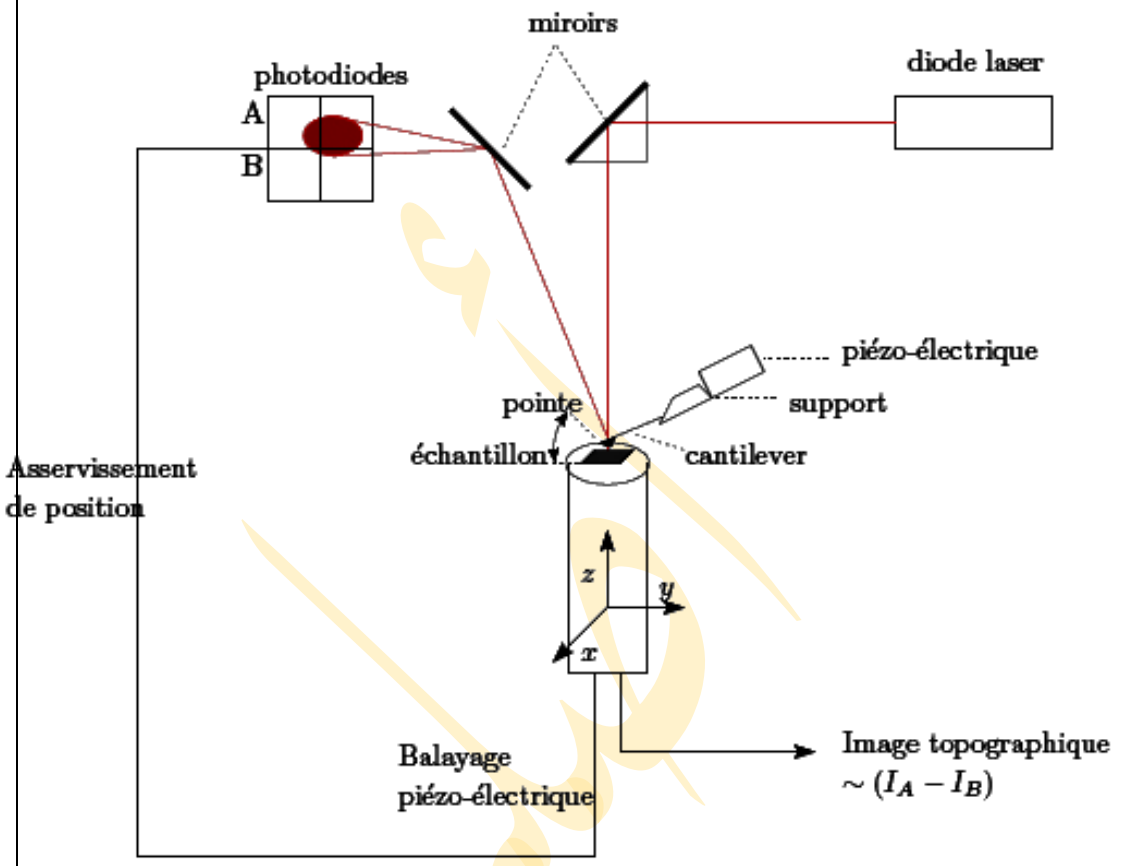
وحديثاً تمكن علماء فيزيائيون في جامعة اوساكا في اليابان من استخدام ميكروسكوب القوة الذرية AFMفي التعرف على هوية التركيب الكيميائي وتحديد نوع كل ذرة ومكان تواجدها على المخطط ثلاثي

الأبعاد لتضاريس سطح المادة على المستوى الذري، وقد اكتشف هؤلاء العلماء أن التفاعلات تشكل بصمة ذرية لتمييز الذرات باستخدام ميكروسكوب.AFM



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 تبعا لحركة منعكس الشعاع الليزري.

يتكون ميكروسكوب القوة الذرية من ذراع (cantilever) في نهايته مجس (probe) مكون من رأس حاد يعرف بال (tip) يستخدم لمسح سطح العينة (كما هو مبين في الشكل). تكون الذراع مصنوعة من مادة السليكون أو نيتريد السيليكون بنصف قطر في حدود بضع نانومترات. عندما يقترب رأس المجس من سطح العينة تتولد قوة بين رأس المجس وسطح العينة تؤدي هذه القوة إلى انحراف في الذراع بناء على قوة هوك[6]. وقد تكون القوة المتبادلة قوة ميكانيكية أو قوة فاندرفال (Van der Waals)[7] أو قوة شعرية كهروستاتيكية أو قوة مغناطيسية أو قوة رابطة كيميائية أو قوة كزيمار[8] 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 الاتصال[9].

3- التصويروالفحص المجهري:

- التصوير والفحص المجهري يتم باستخدام الإلكترونات بدلا 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 انعكاسًا وحيودًا 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 المتوهجة في المصابيح[10].

- العدسات (عدسة التجميع- عدسة شيئية، 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.

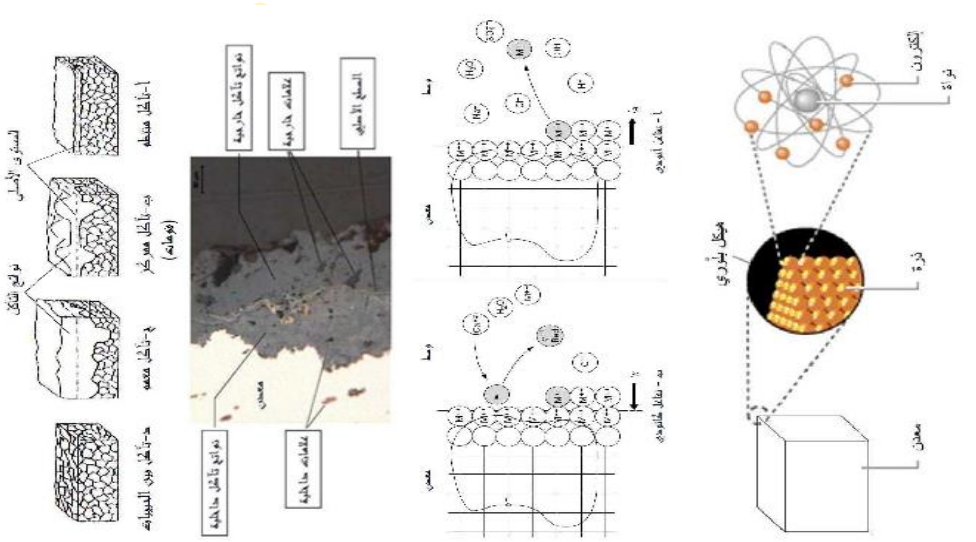
- مراقبة الملوثات الحيوية على سطح الآثار.

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

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

4- **البلازما المقارنة :**

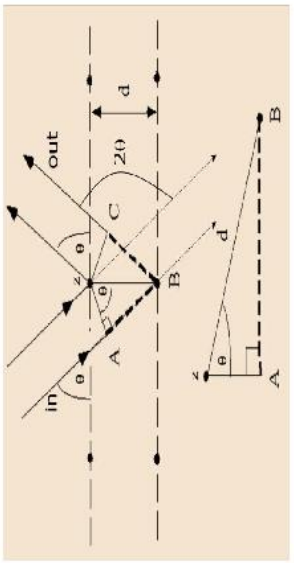
تستعمل هذه التقنية لفحص المعادن بالاعتماد على تشبع سطح الذرات والجزئيات المحايدة، وهي شكل المادة من خلال تقديرها بحركة الإلكترونات والأيونات الموجبة في الأعداد المتكافئة.

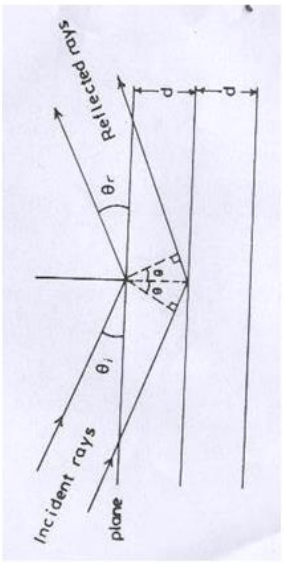


5- **حيود الأشعة السينية:** Diffraction des rayons X XRD

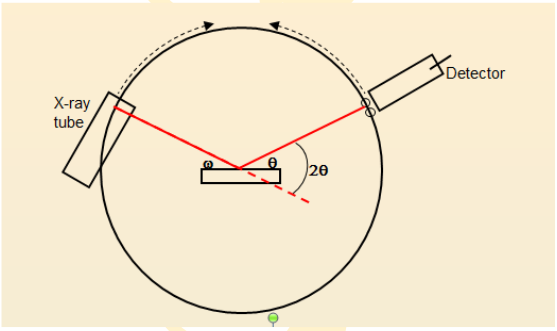
خاصة على الأحجار والمونات وطبقات التشييد والمواد الملونة تعتمد على الترتيب البلوري المنتظم للعينة، وعند تعرضها لحزمة أحادية الموجة من الأشعة تسبب ذرات المادة في حيودها طبقا لقانون براج (لورنس براج Loi de Bragg عام 1912)

hd =2d Sin (o)

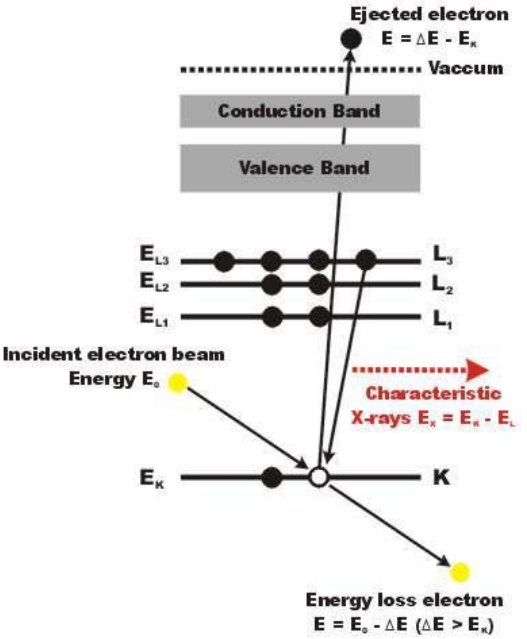




مبدأ حيود الأشعة السينية في البلورات[11]



مبدأ عمل جهاز قياس حيود الأشعة السينية ال *Diffractomètre*[12]



ميكانيكية تولد أشعة اكس[13]

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 للتحميض.
- طاقة الأشعة المستخدمة.

نتعرف من خلاله على:

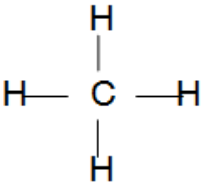
- التعرف على أماكن وجود الشقوق بالآثار.
- الكشف عن طبقات الرسوم الأقدم.
- أنواع الروابط الكيميائية: - الذرية تجذب ذرات الفلز الإلكترونات

- 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 هيأة قطاعات وثيقة، ويمكن أن تعرف حتى الوسائط الزيتية المستعملة في خلط المواد المُكونة.

- **شروط التحليل بالأشعة تحت الحمراء**: أن تحوى العينة رابطة تساهمية مع تواجد قيمة عزم[14] ثنائية القطب بمساهمة زوج أو أكثر من الإلكترونات بين الذرات.



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

7- **التحليل بالأمواج الصوتية**[15]:

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،000هيرتز).

تقنية تصوير المواد بالموجات فوق الصوتية تعتمد على إسقاط حزمة صوتية والتقاط الانعكاس المرتد من المادة، مكونًا 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 at ; Op.Cit

[2] https://www.hazemsakeek.net.

[3]- النانومتر هي وحدة لقياس الأطوال، تستعمل لقياس الأطوال القصيرة جداءومقدارها 10^{-9} من المتر .أي 1 مليمتر يحتوي 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 الذرّة ، يرمز لها بـ**نم أو nm.**

يدل مصطلح نانو حالياً على الاختصاصات التقنية التي تعمل ضمن هذا المجال والتي تسمى تقانة النانو والتي غالباً ما تكون في كيمياء السطوح أو صناعة شبه الموصلات، تستخدم هذه الوحدة أيضا لوصف أطوال الموجة في المجال المرئي الذي يتراوح بين 350 - 700 نانومتر، وأيضا 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 فخريا 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 تقريبًا يشير إلى أن الكمية التي يتغير بها الإجهاد مرتبطة خطيًا بالقوة المسببة لهذا التغير .المواد التي ينطبق عليها قانون هوك تقريبًا هي مواد ذات مرونة خطية.

سمى 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 جزئيات المركبات التساهمية غير القطبية. هو نوع من أنواع الترابط بين الجزيئات غير القطبية ويعرف أحيانا بقوى لندن وهو ينشأ من الحركة العشوائية للإلكترونات في الجزيء مما يؤدي إلى تكوين أقطاب كهربائية لحظية على الجزيء وخاصة في الجزيئات التي تمتلك عددا كبيرا 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 المكمم "quantized field"اكتشفه الفيزيائي الهولندي هندريك كازيمير سنة .1948 مثال ذلك لوحان معدنيان 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 grous 3 A7 (the periodic table), Chicago, 2004. https://www.amazon.com/Tungsten-Elements-Groups-Periodic-Table/dp/1403435189

[11] - لمى مجيد أحمد ،علوم الكيمياء - كيمياء النانو - جامعة كربلاء، 2016.

[12] لمى 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) .