

المجهر الإلكتروني الماسح

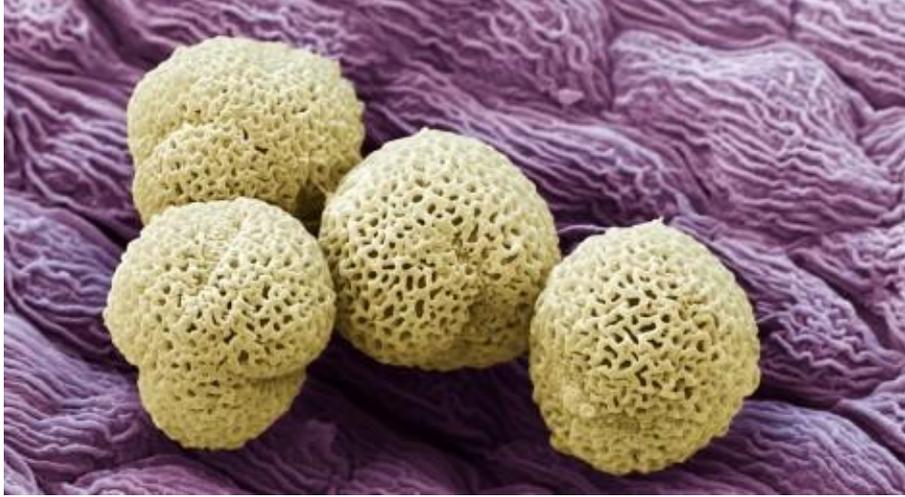
Scanning Electron Microscopy – SEM

م.د.اخلاص هميم شلال

E-mail: akhlas.h.s@ihcoedu.uobaghdad.edu.iq

كلية التربية للعلوم الصرفة \ابن الهيثم\قسم الفيزياء\بغداد \2019

تكنولوجيا النانو تتعامل كما يدل اسمها مع المواد بابعاد لا تتجاوز الـ 100 نانومتر.. و للدخول في هذا العالم المجهول لا بد من توفر ادوات قياس تمكننا من رؤية و قياس و معرفة المواد في هذه الاحجام و اثر ما نقوم به عليها .. و من هذه الوسائل المجهر الالكتروني الماسح (Scanning Electron Microscopy – SEM) الذي يتيح لنا رؤية الاجسام التي لا نراها باستخدام المجهر الضوئي بصور مذهلة ثلاثية الابعاد. كما في الشكل (1) الذي يمثل حبوب لقاح على بتلات زهرة نباتية)

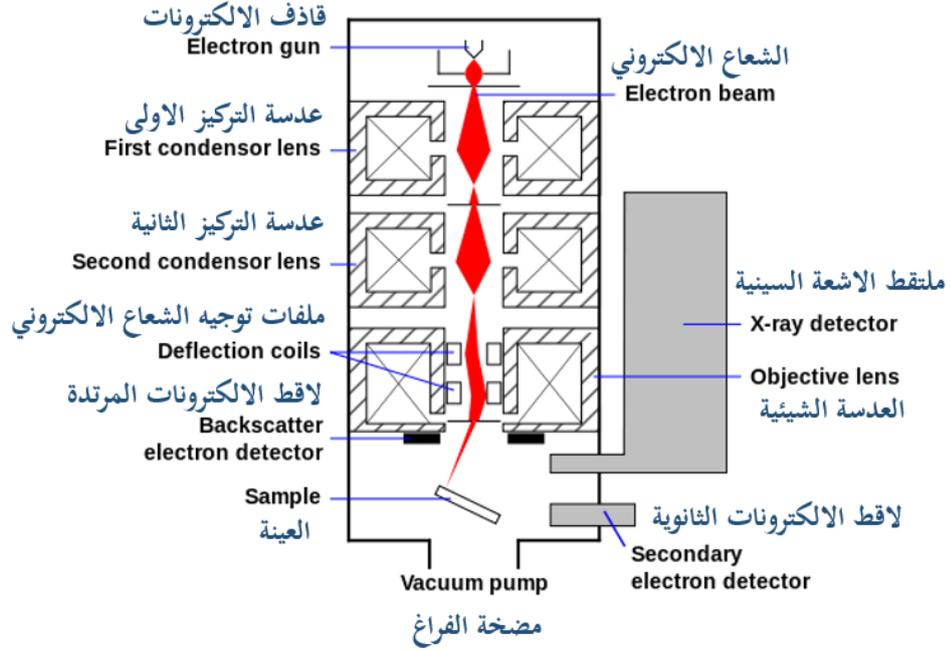


الشكل (1): صورة ثلاثية الابعاد للمجهر الالكتروني الماسح لحبوب لقاح على بتلات زهرة نباتية

تركيب المجهر الالكتروني الماسح:

قاذف الالكترونات يقوم باطلاق شعاع من الالكترونات الذي يتم تركيزه في نقطة لا يتجاوها قطرها بضعة نانومترات باستخدام عدسات التركيز الاولى و الثانية، و من ثم يتم مسح هذا الشعاع على العينة من اعلى لاسفل و من اليمين لليساار بخطوة ايضا لا تتجاوز بضعة نانومترات باستخدام ملفات التوجيه الموجودة بالعدسة الشبئية. الانبعاثات من كل مربع مسح يتم التقاطها بناءً على نوع المعلومات التي تهمننا.. هذه المكونات و العينة تكون في فراغ لمنع تصادم الشعاع بمكونات الهواء الجوي.

المجهر الالكتروني الماسح يتيح لنا القدرة لرؤية الاجسام بقوة تكبيرية تصل الى 500000 مرة لانه يستخدم الالكترونات لتكوين الصور بدل من الضوء المرئي .. مما يمكننا من رؤية المواد التي تتناهي ابعادها الى ما دون 20 نانومتر بوضوح. بينما أقوى المجاهر الضوئية (التي تستخدم العدسات و الضوء المرئي) لها قوة تكبيرية تصل الى 1500 مرة بحيث لا يمكننا من رؤية اي اجسام تقل عن 100 نانومتر بحد أقصى. والشكل () يمثل مكونات المجهر الالكتروني الماسح.



الشكل (2): مكونات المجهر الالكتروني الماسح

يقوم مبدأ المجهر الماسح الالكتروني على توجيه سيل من الالكترونات ينطلق من مدفع الالكترونات- فلنتخيله على انه قلم رصاص رأسه الذي يكتب من الكترونات تتركز في نقطة قطرها بضع نانومترات - على العينة المراد فحصها، بحيث يمر هذا الشعاع بمرحلتين من التركيز او التكتيف ليتم تجميعه في نقطة لا يتجاوز قطرها بضعة نانومترات باستخدام عدسات التركيز.. و من ثم يقوم بعملية مسح scan للعينة من أعلى لاسفل و من اليمين لليساار كما لو انك تكتب بهذا القلم على ورقة. يتم توجيه الشعاع على العينة باستخدام ملفات التوجيه التي تحرك الشعاع بخطوة لا تزيد ايضا عن بضعة نانومترات.. و عندما يقوم سيل الالكترونات المركّز بضرب العينة في كل نقطة نحصل على عدّة انبعاثات تعتمد على طبيعة المادة .. و من ثم نقوم بجمع هذه الانبعاثات و عدّها .. و بعدها نعطي لكل مربع تم مسحه درجة لون معين بين الابيض و الاسود .. بحيث تتناسب شدة البياض مع عدد الانبعاثات التي تم تسجيلها في كل مربع.. و هذه الانبعاثات تعطي معلومات مختلفة عن العينة و كل منها تفيد في نوع معين من الدراسات .. و هذه الانبعاثات الناتجة عن صدم العينة بالكترونات هي:

1. الالكترونات الثانوية Secondary Electrons: عندما يمر سيل الالكترونات الذي يقذفه المجهر خلال العينة .. تتحرر بعض الالكترونات من ذرات العينة نتيجة هذا التصادم و تنبعث من سطح العينة.. فيتم التقاطها و عدّها واحدا واحدا (تقريباً) .. لاحظ

ان المواد التي تحوي الكثير من الالكترونات كالذهب ستطلق الكثير من الالكترونات الثانوية (و ستبدووا اكثر بياضا) بينما المواد العازلة او قليلة الالكترونات الحرة ستطلق عددا اقل (و ستبدووا اكثر سوادا) .. و هذه هي اهم التكترونات لعمل هذا المجهر.

2- الالكترونات المرتدة Back-Scattered Electrons: الالكترونات التي يقذفها المجهر بطاقة عالية قد ترتد من سطح العينة .. و يتم التقاطها و عددا ايضا .. فالذرات الكبيرة ستؤدي الى ارتداد عدد اكبر من هذه الالكترونات .. بينما الذرات الصغيرة ستقوم بالعكس.. و كلما زاد حجم ذرات العينة (زاد عدد الكتروناتها و بروتوناتها) زاد عدد الالكترونات المرتدة و بالتالي ستبدووا اكثر بياضاً.

3- الاشعة السينية أو أشعة إكس x-rays: تعطي معلومات دقيقة عن نوع المواد في العينة.. أي انواع الذرات و العناصر بدقة و ليس شكل سطح العينة.

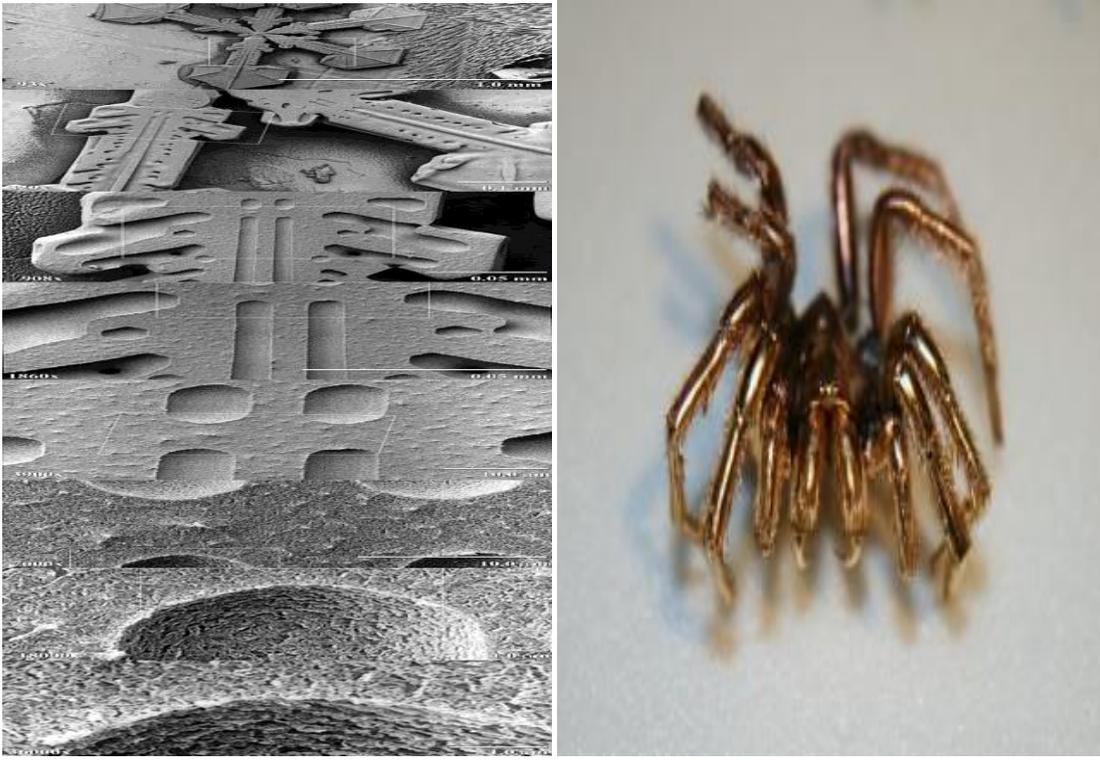
4- الضوء (الفوتونات) Luminescence : تنطلق الفوتونات من المواد نتيجة تهيج الالكترونات الى مدارات طاقة عليا نتيجة التصادم .. هذا الضوء يعطينا معلومات كثير مثل نوع المادة و مقدار قوى الشد و الضغط عليها مثلا.

5- تيارات العينة Sample Current: عند قذف سيل من الالكترونات داخل العينة تنشأ تيارات كهربائية داخل العينة نفسها.. كانها اصيبت بماس كهربائي .. و هذا التيار ضروري لعمل المجهر الماسح الالكتروني .. لانه اذا لم تكن المادة موصلة للتيار.. ستجمع الشحنات الكهربائية السالبة الساكنة على سطح العينة.. ولان الشحنات المتشابهة تتنافر .. فان هذه الشحنات على سطح العينة ستقوم بنفر شعاع الالكترونات الساقط عليها الذي نستخدمه للتصوير .. و ستقوم بتشويش الصورة.

6- الالكترونات المنبعثة Transmitted Electrons: الالكترونات المنبعثة تكون ذات اهمية في العينات البالغة الصغر ذات النخن القليل .. و تستخدم في نوع اخر من التصوير – و هو اذق و اقوى نوع توصل اليه العلم البشري- الذي يعرف بمجهر الالكترونات العابرة TransmissionElectron Microscopy – TEM.

مجهر المسح الالكتروني مثل رجل معصوب العينين يتحسس باصبعه ورقة (عينة) مقسمة الى مربعات صغيرة جداً .. في كل مربع عدد من النقوش الخشنة .. فيعد هذه النقوش في كل مربع .. و في مخيلته يعطي مثلا المربع الذي فيه عشر نقوش لونا ابيض ناصع .. و يعطي المربع الذي يخلو من النقوش لون أسود قاتم .. ويعطي ما بينهما لون رمادي متدرج حسب عدد النقوش. و في النهاية عندما يرتب هذه الالوان بجانب بعضها كترتيب المربعات التي تم مسحها سيحصل على صورة بالأبيض و الأسود.

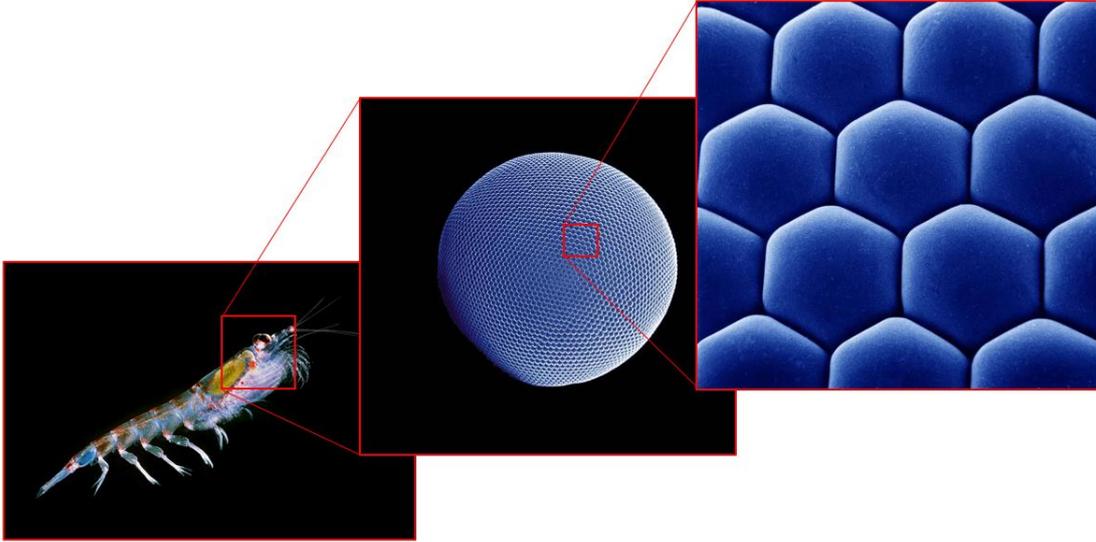
الشكل (3) يوضح صوراً تمثل وتوضح الدقة العالية للمجهر الإلكتروني الماسح .



الشكل (3) : يمثل صور توضح الدقة العالية للمجهر الإلكتروني الماسح

ومن هنا تتبع دقته العالية فهو يعتمد على الاكترونات في تكوين الصورة و ليس الضوء المرئية .. شعاع الاكترونات قد يتركز في نقطة لا تتجاوز 4 نانومترات و يسمح العينة بخطوة لا تتجاوز ال 10 نانومترات (يقسم العينة الى مربعات حجم كل واحد منها 10نانو ضرب 10 نانو).. بينما المجاهر الضوئية تعتمد على الضوء المرئي .. و الضوء المرئي عبارة عن موجات اطوالها من 400 الى 700 نانومتر.

و من هنا أيضاً تتبع أحد مقيدات استخدام هذا النوع من المجاهر .. و هو أن العينة يجب ان تكون موصلة للاكترونات (التيار الكهربائي) لكي نتمكن من تسليط الشعاع الإلكتروني عليها و تحفيز الاكترونات الثانوية على الانبعاث. و بالتالي فإن المواد العضوية كانسجة الكائنات الحية و المواد العازلة مثل العوازل التي تستخدم في الدوائر الكهربائية لا يمكن تصويرها بوضوح في الوضع الطبيعي.. و لذا لا بد من تحضيرات معينة نجريها على العينة قبل التصوير.. و بالفعل فإننا نقوم بطلاء الكائنات الحية بمواد شديدة التوصيل للتيار الكهربائي مثل الذهب ... مثل هذا العنكبوت على يسار الشاشة. و هذا الطلاء يقوم بوظيفة أخرى و هي جعل الانسجة الحية ذات صلابة و تماسك .. لانها ستنبعثر (تتمزق) في غرفة فحص العينة ذات المفرغة في الهواء لو لم تكن صلبة. و في الأسفل نرى مثال على التصوير عالي الدقة لعدسات عيون أحد الكائنات الحية المائية.. طبعاً الصورة في الاصل بيضاء و سوداء و تم تعديلها لتبدو ملونة كما نرى في الشكل (4).



الشكل (4): صورة للمجهر الإلكتروني الماسح بيضاء و سوداء و تم تعديلها لتبدو ملونة

المصادر:

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Scanning_electron_microscope
2. <http://www.popularmechanics.com/technology/gadgets/4218957>
3. <http://mse.iastate.edu/microscopy/college.html>
4. http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/SEM.html