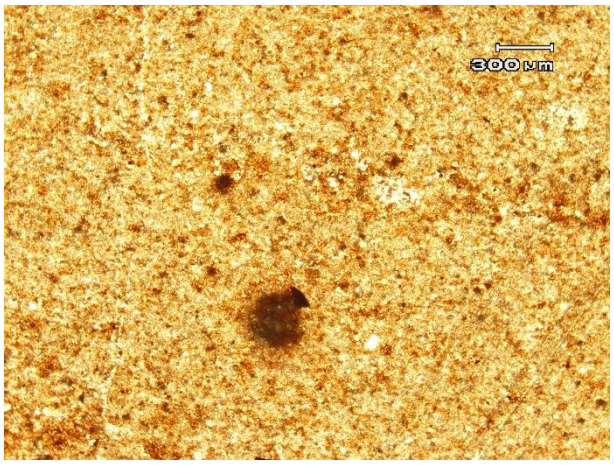
المكونات الفلزية الرئيسية للصخور الرسوبية

سوف نهتم في هذا الفصل، بدراسة زمر المكونات الفلزية الرئيسية للصخور الرسوبية، مستعرضين في دراستها الخصائص التي تهمنا في حقل الدراسة البترولوجية.

أولاً الكربونات: ضمن هذه الزمرة، نذكر الكالسيت، الأراغونيت، الدولوميت، السيدروز والكاربونات المعقدة.

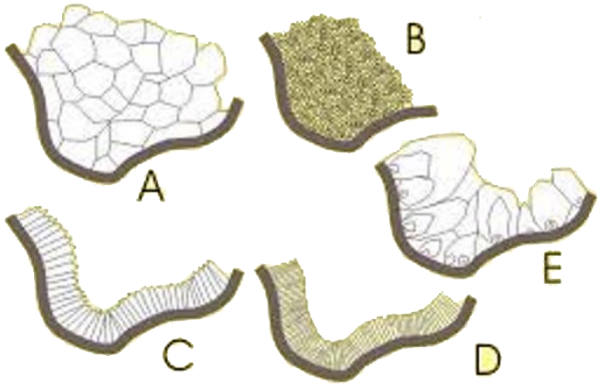
1- الكالسيت:

يتواجد الكالسيت في الصخور الرسوبية بأشكال مختلفة: أمية أو أرضية صخرية، ملاط، مكون لهياكل وقواقع بعض العضويات، أو بعض الحبات الكربوناتية اللاعضوية، ترسب بالفراغات المختلفة عضوية أو لا عضوية كما يمكن أن يكون تشكله حصل نتيجة استبدال بعض الفلزات كالأراغونيت، أو نتيجة أبجنة (تحول) فلزات أخرى كالفدسبات، الأمفيبول .... إلخ، أو نتيجة إعادة التبلور.



أمية ميكريتية بشكل كامل تقريباً مع ملاحظة بعض البقع أكاسيد الحديد البنية المحمرة

- **شكل بلورات الكالسيت**: يمكن للبلورات أن تكون معينية نظامية التبلور A، حبيبية B، موشورية متطاولة C، خيوطية أو ليفية D، أو كبلورات كبيرة ذات سطوح انفصام واضحة (الموازييك الكلسي) E (الشكل التالي).

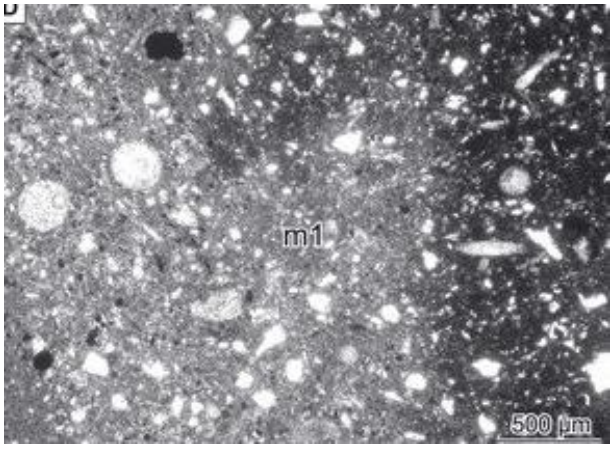


أشكال بلورات الكالسيت المجهرية

- **قياس البلورات الكالسيت:**
  - كالسيت خفي التبلور: ذو بلورات صغيرة جداً، لا تبدو إلا بالتكبيرات العالية جداً للمجاهر الاستقطابية، وبالمجهر الالكتروني.
  - كالسيت مجهري التبلور: وهو ذو بلورات تتوضح بشكل جيد بالدراسة المجهرية.
  - كالسيت مبلور: وهو يشمل البلورات التي تظهر بالعين المجردة أو بالمكبرة بالصخر مباشرة.

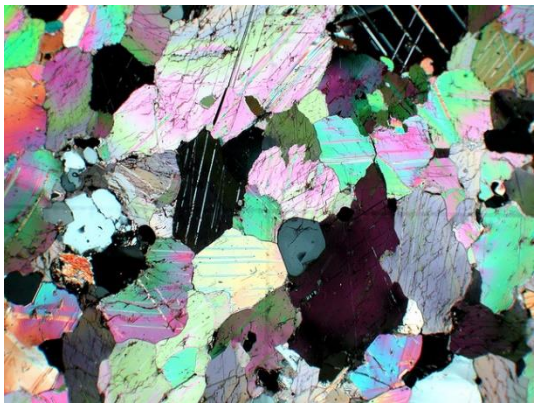
وقد وضع العالم فولك (1962–1965) تصنيف للكالسيت حسب قياس البلورات:

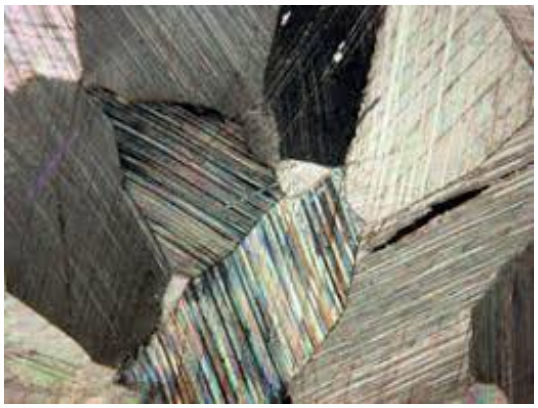
- زمرة الميكريت: وهو عبارة عن الكالسيت الناعم البلورات جداً والتي تكون قياساتها أقل من 4μ (بالنسبة لباحثين أخرين أقل من 10μ).



صورة مجهرية تبين الميكريت m1 بالضوء العادي (لاحظ قوة التكبير أسفل ويمين الصورة)

- زمرة السباريت: وهي تضم بلورات الكالسيت الشفافة التي تتجاوز قياساتها الـ 10μ، وهي غالباً بين $20-40\mu$ في الملاط السباريتي حسب العالم فولك. ويمكن تقسيم زمرة الكالسيت السباريتي صفوف مختلفة، سباريت ناعم سباريت متوسط البلورات.





صورة مجهرية تبين السباريت بالضوء المستقطب

- وقد أضيفت زمرة الميكروسباريت والتي تضم بلورات التي تتراوح قياساتها بين $4-20\mu$ ولدى بعض الباحثين بين $10-80\mu$.

– **طريقة نمو بلورات الكالسيت**: إن بنية البلورات، وطريقة نموها تتأثر بطبيعة الوسط الرسوبي المحيط، وبطبيعة بنية العناصر ..... إلخ.

- إن تكون الملاط في وسط بحري ضحل، تكون به حبات الرسوبات محاطة بالمياه المخضوضة والمشبعة بالكربونات بشكل متجانس، سيقود إلى تشكل الدروزيك كالسيت
- إن تشكل الملاط حول حبات رسوبات طاقية جزئياً، لزمن ما وضعها بتماس الهواء، وأدى إلى تأثير الجاذبية على طبقة المياه المشبعة بالكربونات والمحيطة بحباتها سيقود إلى تشكل ملاط متأثر بالجاذبية ومنتشراً على السطوح السفلية للحبات.

- إن طبيعة الأوساط الأخرى سيؤثر في تشكل أنواع مختلفة للملاط. فالوسط الهادئ الذي تترسب به بلورات ناعمة (ميكريت) حول حبات الصخر سيقود إلى تشكل ملاط ميكريتي أو ميكروسباريتي ناعم.
- إن تبلور الكالسيت حول عناصر من شوكيات الجلد، سواء كملاط أو نتيجة إعادة التبلور سيقود إلى تشكل كالسيت سباريتي له نفس الاستطالة الضوئية للعنصر العضوي.
- إن إملاء فراغات بعض قواقع صفيحيات الغلاصم أو فراغات وفجوات وشقوق، من مياه مشبعة بالكالسيت، وبشكل سريع، سيقود إلى تشكل بلورات سباريت من نوع الموزاييك، أو النوع الحبيبي التي تكبر حجومها باتجاه مركز الفراغ أو الفجوة (إملاء جيودي).

كالسيت سباريتي وميكروسباريتي مع كالسيت ميكريتي حول القوقعة في الصورة الوسط

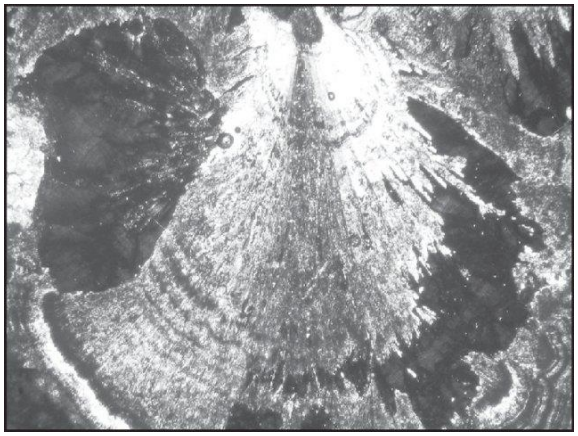
2- الأراغونيت:

- **تواجد الأراغونيت**: يتواجد الأراغونيت في الصخور الرسوبية وكمكون أصلي لهياكل بعض العضويات (معديات الأرجل وبعض المرجانيات وغيرها)، بالإضافة إلى تشكله في بعض الرسوبيات الأصلية. إلا أنه نظراً لقلة ثبات هذا الفلز، فإنه غالباً ما يعاني من الانحلال في هياكل العضويات أو يعاني من التحول أو الاستبدال بالكالسيت في الرسوبيات القديمة.

- **أشكال بلورات الأراغونيت**: يكون غالباً خيوطي أو ليفي متطاول.

بلورات الآراغونيت

- **تمييز بلورات الأراغونيت عن الكالسيت**: نظراً لصعوبة تمييز الأراغونيت عن الكالسيت في الدراسة المجهرية فإنه يعمد عادة إلى طريقة التلوين، وبشكل خاص، طريقة تلوين الأراغونيت بمحلول فيجل، حيث يتلون الأراغونيت بالأسود بينما يبقى الكالسيت عديم اللون. ويمكن فصل بلورات الأراغونيت عن بلورت الكالسيت بواسطة البروموفورم، نظراً لكون كثافة الأراغونيت 2.94 أعلى من كثافة الكالسيت 2.71.

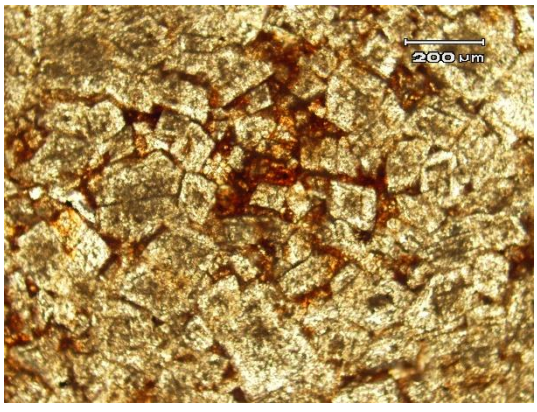


صورة مجهرية في ضوء مستقطب يظهر برعم أراغونيت (رمادي)، بعرض 1 مم،

يتم استبداله جزئيًا بأوبال (أسود)

3- الدولوميت:

- **تواجد الدولوميت:** يتشكل فلز الدولوميت نتيجة لاستبدال الكالسيت في الرسوبات والصخور الرسوبية، نتيجة حادثة الدلمتة. ويوجد فلز الدولوميت في الصخور الرسوبية بأشكال متنوعة فهو إما:
  - يشكل الصخر كاملاً ولا يلاحظ في البنية سوى بلوراته دون أي عناصر عضوية أو لا عضوية أخرى.
  - يتواجد في الصخور الكلسية بشكل بلورات تتوزع في هذه الصخور بنسب تختلف حسب نسب الدلمتة التي أصابتها.
  - يمكن أن تصيب الدلمتة العضويات أو المكونات اللاعضوية فيزيل ذلك بنيتها كلياً أو جزئياً، ضمن الرسوبات أو الصخور التي تحتوي عليها.
- **شكل بلورات الدولوميت**: تكون البلورات معينية نظامية التبلور غالباً، ويمكن أن تكون ذات بنية متوسطة التبلور أو رديئة التبلور أو بشكل بلورات كبيرة (موازييك دولوميتي) أحياناً.
- **قياس البلورات**: يمكن أن يكون حجم البلورات صغيرة جداً وحتى البلورات النامية الخشنة التبلور، ويمكن تصنيفها بحسب قياساتها إلى ثلاث زمر: الدولوميكريت، الدولوميكروسباريت والدولوسباريت. ويمكن تصنيف الدولوسباريت إلى دولوسباريت ناعم، متوسط، خشن البلورات.



بلورات الدولوميت المجهرية معينية نظامية التبلور والمنطقة (دولوسباريت) مع حبات رملية (اليسار)

دولوسباريت كبير التبلور عموماً (اليمين) ودولوسباريت مع بقايا عضوية متنوعة (اليسار)

- **طور تشكل بلورات الدولوميت، أو طور الدلتة**: إن حادثة الدلتة يمكن أن تطرأ على الرسوبات في أطوار مختلفة:
  - خلال الترسيب بشكل معاصر له.
  - تترسب كدولوميت
  - أو بشكل لاحق خلال الدياجينيز.
  - أحياناً بطور لاحق متأخر بعد الدياجينيز (دولوميت ايبيجينتيكية).

إن بلورات الدولوميت الناتجة عن الدلتة المبكرة تكون غالباً ناعمة، ونتيجة لاستبدال الوحول الكلسية الناعمة بشكل مبكر، وهي تحتفظ بكافة معالم البنية الأصلية.

تنتج البنية البلورية الأخشن (دولوسباريت) غالباً عن دلتة دياجينتيكية أو ايبيجينيتيكية متأخرة.

بلورات الدولوميت الناتجة عن الدلمتة المبكرة الناعمة

البنية البلورية الأخشن لبلورات الدولوميت المنطقة (دولوسباريت)

- **بقايا أو أشباح العناصر والبنيات الأصلية ضمن الصخور الدولوميتية**: إن دراسة الصخور الدولوميتية تعتمد بشكل أساسي على دراسة البنية البلورية لها، نموذجها وقياس البلورات، وطبيعة علاقاتها ببعضها البعض وتحديد طبيعة بقايا أو أشباح العناصر والبنيات الأصلية. مثال ذلك، تحديد وجود بقايا لحبات بيوضية أو بيوكلاستية في الدولوميا، أو بقية أو أثر لبنية صفائحية من أصل عضوي أو لا عضوي ... الخ. فكل هذه البقايا تساعد في تحديد طبيعة الرسوبات الكلسية الأصلية قبل الدلمتة، وبالتالي تحدد طبيعة البيئات الترسيبية التي تشكلت ضمنها.
- **تمييز الكالسيت عن الدولوميت**: يلجأ إلى طريقة التلوين لتمييز هذه الفلزات:
  - **تلوين الكالسيت بالاليزارين سولفونات**: في الصفائح المجهرية يتلون الكالسيت بالأحمر ويبقى الدولوميت غير ملونة.

- **تلوين الدولوميت بأزرق تريبان، أو بأصفر التيتان**: الملون الأول يلون الدولوميت بالأزرق، ويعطيها الثاني اللون الأحمر القاني.
- **تلوين الدولوميت الحديدية بفري سيانور البوتاسيوم**: تتلون به الدولوميت الحديدة باللون البنفسجي أو الأزرق البنفسجي.

4- **السيدروز** (السيدريت): وهو كربونات الحديد $FeCO_3$ وتتواجد في الصخور الرسوبية الغنية بالحديد المرجعة وذات pH عالية، وفي الصخور الكلسية الحديدية، أو كملاط، كما تظهر بشكل عقد من حجوم مختلفة. بلورات السيدروز معينية الوجوه، أو متطاولة، شبيهة بالكالسيت ولكنها تتميز ببروز أكبر بكثير في الدراسة المجهرية. ويظهر غالباً أكسيد الحديد في سطوح انفصامها وعلى أطرافها.

بلورات السيدروز (السيدريت)

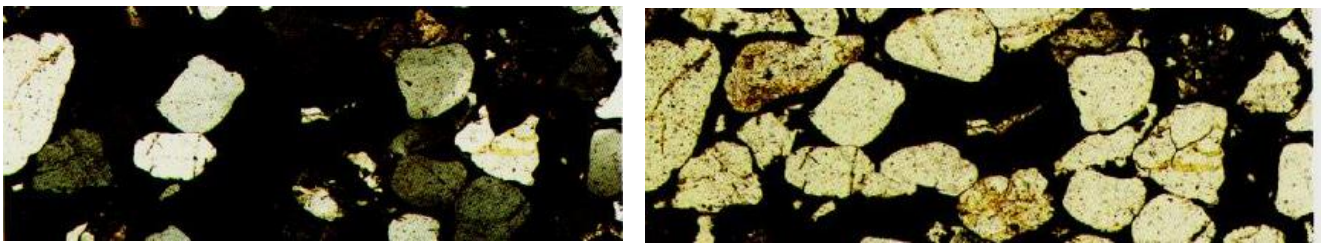
اللون البني الغامق داخل الحبيبات يدل على السيدروز

5- **الكربونات المعقدة**: إن إحلال الكاتيونات في ($Mn^{++}, Fe^{++}, Mg^{++}, Ca^{++}$) الكربونات يقود إلى تشكل زمر معقدة، مثل الكالسيت المغنيزي (الجيوبيرتيت)، أو الماغنيزيت (الكالسيت الحديدي). والانكريت وهو الأكثر انتشاراً وهو ذو لون بني بسبب شاردة الحديدي (Fe^{++}) إلى أكسيد الحديد Fe_2O_3 في الشبكة البلورية.

ثانياً السيليس: ضمن هذه الزمرة، نذكر الكوارتز، الكالسيدوان والأوبال.

1- الكوارتز: يوجد الكوارتز في الصخور الرسوبية بحالة:

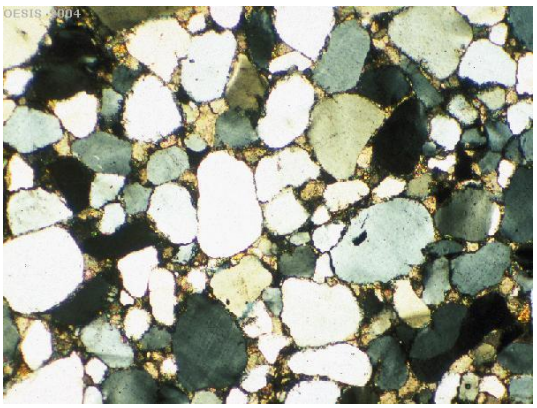
- **حطامية**.
- **بشكل ذاتي**.
- حيث المنشأ (النيوجينيز).
- بشكل حبات وحيدة البلورة، أو متعددة البلورات.
- بلورات نموذجية كاملة التبلور.
- بشكل تغذية حول حبات أخرى.



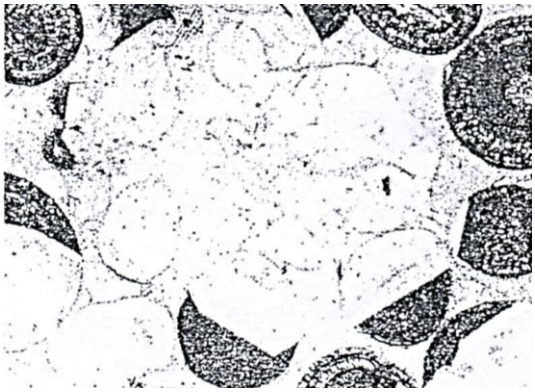
بلورات الكوارتز تحت المجهر (بالضوء العادي PPL على اليمين وبالضوء المستقطب XPL على اليسار)

- **بنية الكوارتز في المقاطع المجهرية**: يظهر الكوارتز بأشكال متعددة في المقاطع المجهرية:
  - بلورات غير واضحة التبلور أو سيئة التبلور، متأتية من صخور بلورية أو استحالية.
  - بلورات جيدة التبلور، ذات أطراف مستديرة، متأتية من صخرو حبيبية مجهرية وميكروليتية (ميكرو غرانيت، ديوريت ..... الخ).
  - كوارتز متعدد البلورات ذي حبات غير موجهة في ارتباطها أو انتظامها تأتي من منشأ متنوع (أورتوكوارتزيت .... الخ).
  - كوارتز متعدد البلورات، ذي بلورات موجهة، متأتية من الميتاكوارتزيت ومن الكوارتز ذو المنشأ العرقي، ومن كوارتز بعض الصخور الاستحالية.

- كوارتز ذو نمو ثانوي محيطي، وهذا النمو يقود إلى تشكل إطار من الكوارتز الثانوي حول الحبة أو البلورة الحطامية (الكوارتز الأولي) له نفس الاستطالة الضوئية للكوارتز الأولي.
- كوارتز جديد أو حديث الشكل، وهو كوارتز يتشكل خلال التطور الرسوبي، حيث يلاحظ مقاطع موشورية أو سداسية، وضمنها العديد من المحتبسات من الصخر الأصلي المحتوى عليها.
- كوارتز استبدالي: وهو يتشكل باستبدال بقايا عضوية (مستحاثات مسيلسة) أو غير عضوية.



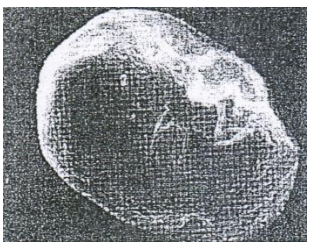
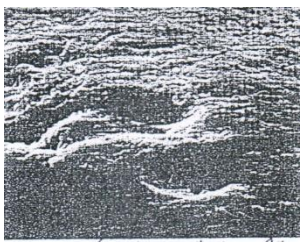
بلورات الكوارتز تحت المجهر



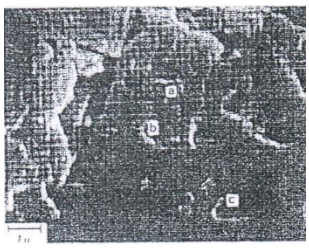
كوارتز ذاتي أو حديث النشأة في كلس بيوضي (لاحظ المحتبسات الكربوناتية ضمن الكوارتز)

حبات حطامية من كوارتز أولي Q1 محاطة بكوارتز ثانوي Q2 ذاتي النشأة

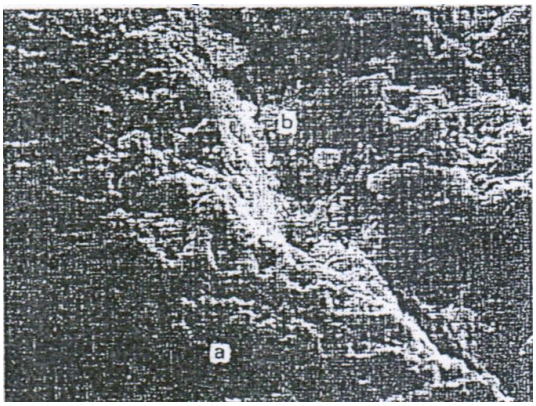
- **بنية سطوح حبات الكوارتز في المجهر الالكتروني ودورها في الدراسات الترسيبية**: إن استخدام المجهر الالكتروني SEM (Scanning Electron Microscope) ساعد في تحديد خصائص الكوارتز في مختلف البيئات، كوارتز ذو تطور قاري عانى من النقل الريحي، أو من النقل المائي، أو المتطور ضمن التربة أو المترسب في بيئة قارية أو بيئة بحرية. ومن المعلوم أن كل من هذه الأوساط يترك بصماته وانطباعاته على سطوح حبات الكوارتز
  - فالنقل الريحي يقود إلى تشكل آثار بشكل حرف V نتيجة للصدمات.
  - يقود التثبيت في التربة إلى تشكل تجاويف انحلالية في سطوح الحبات.
  - يؤدي نقل الحبات في الجداول والدلتات الفوق مشبعة بالسيليس إلى تشكل سيليس نيوجينيز يغذي سطوح الحبات.
  - إن الحبات التي تترسب في الوسط البحري تحت المشبع بالسيليس تعاني من حوادث انحلال تقود إلى تشكل تجاويف انحلالية ذات أشكال مميزة في سطحها.

منظر عام لحبة كوارتز (اليمين) – آثار الصدمات على سطح حبة الكوارتز (اليسار)



آثار الانحلال وشكل حرف V على سطح حبة الكوارتز نتيجة توضعها النهائي في وسط بحري (تحت مشبع بالسيليس)



a: سيليس النيوجينيز، b: آثار انحلال التطور البيدلوجي

2- الكالسيدوان (السيليس الليفي):

عبارة عن نوع من الكوارتز، ذو تبلور غير كامل إلى حد ما وحيث تكون البلورات المجهرية ليفية عموماً، ومرتبطة ببعضها البعض بسيليس غير منتظم. ونقص النظامية هذا يعود إلى وجود الشوائب وعدم تجانس التبلور يقود بالتالي إلى انتشار النور (لون بني بالمجهر).

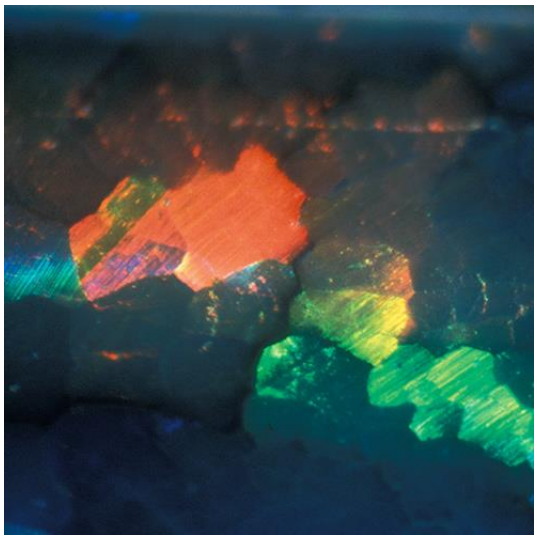
ويطلق عادة اسم الكوارتزين على الكالسيدوان ذو الألياف التي لها استطالة إيجابية. ويطلق اسم الكالسيدونيت في حال كون استطالتها سالبة. ويظهر الكالسيدونيت أحياناً التفافاً غريباً للمحور الضوئي حول محور الاستطالة.

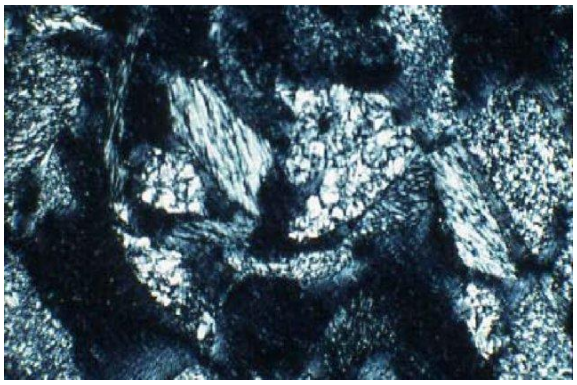
أما اللوتيسيت فهو يشكل تجمعات بمناطق شعاعية من الألياف ذات الاستطالة الموجبة وذات تعتيم مائل وهو غالباً يظهر في حوادث السيلسة بالأوساط الجصية.

3- **الأوبال**: يرمز بهذا الاسم عادة إلى السيليس الذي يكون تبلوره غالباً غير كامل إلى حد كبير. والذي هو أقرب للكريستوباليت منه إلى الكالسيدوان. وهو غني عموماً بالماء وبكاتيونات غريبة.

يظهر الأوبال كجسم غير متبلور، غير ملون أو أصفر أو شاموا، رمادي وذو انعكاس أبيض مزرق بالضوء المنتشر. ويصادف الأوبال:

- كتوضعات لينابيع حارة،
- كملاط لبعض صخور الحجر الرملي، والطف البركاني،
- كما يشكل هياكل بعض العضويات السيليسية (الشعاعيات، الاسفنجيات السيليسية والمشطورات السيليسية .... الخ).



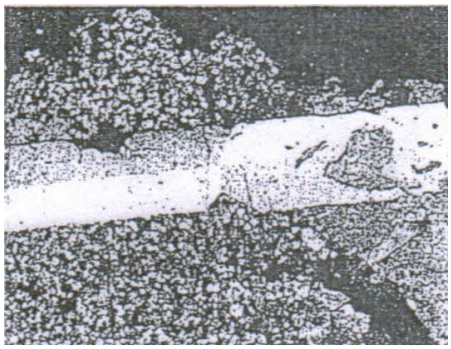


الأوبال تحت المجهر

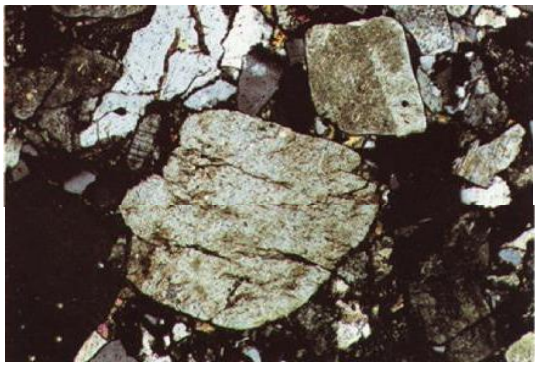
ثالثاً الفلدسبات: ضمن هذه الزمرة، نذكر الكالسيت، الأراغونيت، الدولوميت، السيدروز والكاربونات المعقدة.

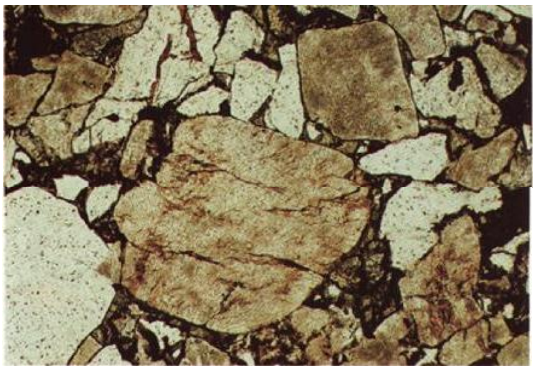
1- الفلدسبات في الصخور الرسوبية:

- بعض الفلدسبات يمكن أن تتشكل بالنيوجينيز، في الرسوبات الكلسية أو رسوبات أخرى: أورتوز، آلبيت، أنورتيت. ومن الصعب عموماً أن نميز في الصفائح المجهرية هذا النيوجينيز الرسوبي كلياً من ذلك الذي يحصل من فعالية هيدروترمالية.



آلبيت حديث النشأة





حبيبات من الأتوكلاز مع الكوراتز ويميز الفلدسبار بالمظهر الغائم بسبب تحوله بالضوء العادي أما الكوارتز فيبدو واضح وغير متأثر (ضوء عادي على اليمين وضوء مستقطب على اليسار)

- **الفلدسبات الحطامية المنشأ**: وهي صعبة التمييز في الرسوبات نظراً لكونها قد خرجت من اطارها المنشئ، ويمكن أن تكون خصائصها الضوئية قد زالت بالفساد، لذا فمن الضروري بهذه الحالة الاعتماد على طرائق التلوين لتمييز الفلدسبات.

2- **فساد الفلدسبات**: نذكر في هذا المجال عدة حوادث:

- **الكولنة**: (تشكل الكاولينيت) وهذا الفساد يظهر نفس الخصائص التي تحصل في الصخور الاندفاعية، أو الاستحالية، أو في الفلدسبات الحطامية في الصخور الرسوبية. وتحصل هذه الحادثة في وسط حمضي، خاصة على الفلدسبات القلوية (Alkaline Feldspar)، وهي تقود إلى تحرر السيليس وتشكل الكاولينت. والكاولينيت يشكل وريقات رقيقة، تعطي لمقطعه في المجهر مظهراً متداخلاً ابرياً إلى حد ما.

وريقات الكاولينيت

- **حادثة الدمرتة** – السرستة: وهذا النوع من الفساد هو الأكثر شيوعاً في الفلدسبات من نوع البلاجيوكلاز (فلدسبات صودية كلسية)، حيث تتحرر الكربونات $CaCO_3$ ويكون الوسط أساسياً. الكالسيوم يدخل في تركيب فلزات مثل الكالسيت، الايبيدوت، السربنيتن .... الخ.

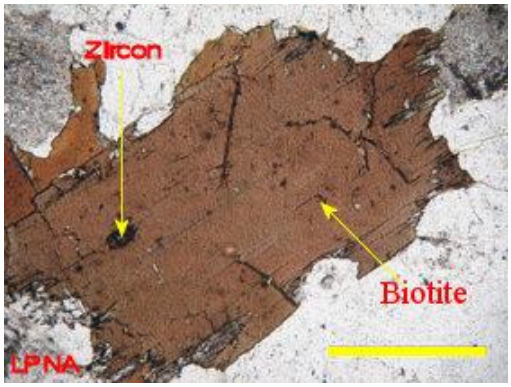
الداموريت: يظهر كبلورات لها مظهر وريقي ناعم، ذات بروز واضح بالمجهر، موجهة غالباً وفق الانفصامات. ويرمز عادة باسم الداموريت إلى وريقات الميكا الناعمة التي تنتج من تفكك السيليكات وخاصة الفلدسبات

السيريسيت: بلورات ابرية طويلة ومتماوجة التي توجد في بعض الشيست الاستحالي.

رابعاً الفلزات الفيلليتية (الوريقية البنية):

1- الميكا والكلوريت:

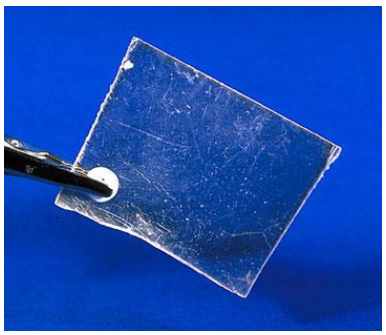
- البيوتيت أو الميكا السوداء: تفسد غالباً إلى فيرميكوليت وكلوريت مع تحرر الحديد. اللون يتحول من البني إلى الأخضر. والفيروميكوليت هي فلزات فيليتية وبشكل خاص بيوتيت فاسدة حيث تتباعد وريقاتها.



البيوتيت تحت المجهر

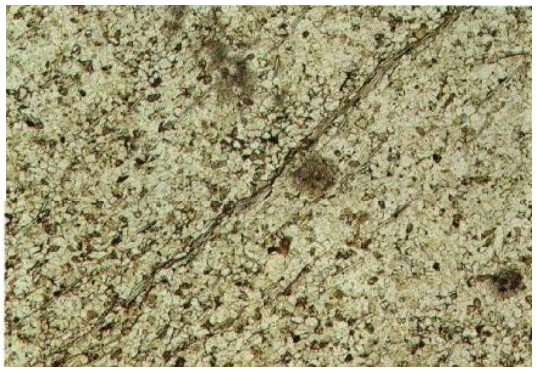
وريقات البيوتيت الأسود

- الموسكوفيت أو الميكا البيضاء: وهي ثابتة في الصخور الرسوبية، إلا بتخرب شكل الوريقات وتجعدها.



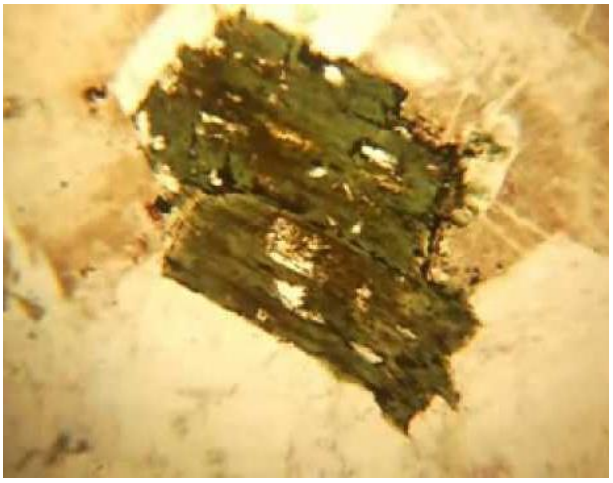
وريقة مسكوفيت

البيوتيت، المسكوفيت والكوارتز تحت المجهر (بالضوء المستقطب على اليمين وبالضوء العادي على اليسار)



حجر رملي مجهري يظهر الاصطفاف المتوازي لرقائق المسكوفيت (الضوء العادي)

- الكلوريت: ويظهر في الصخور الرسوبية غالباً بشكلين:
  - كنيوجينيز: ويمكن أن يشكل الملاط لبعض الصخور.
  - حطامي: وفي هذه الحالة فإنه يتأتى سواء من الصخور الاستحالية أو من نواتج الفساد لمعظم السيليكات الحديدية – المغنيزية (البيوتيت خاصة).

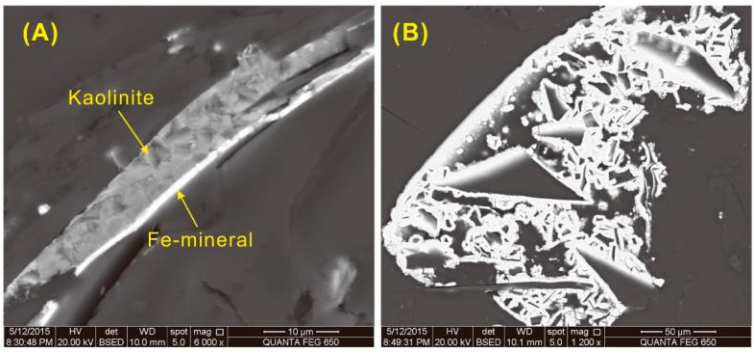


الكلوريت تحت المجهر

2- الفلزات الغضارية:

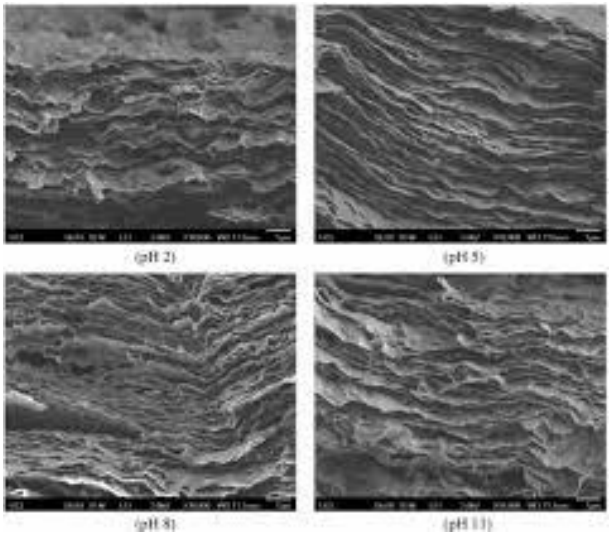
القسم الغضاري من صخر رسوبي، أو رسوبات ما، أو تربة هو الجزء الناعم والذي تكون عناصره ذات أبعاد أقل من 2μ. ويحتفظ باسم الفلزات الغضارية لقسم من هذا الجزء الناعم والذي هو عبارة عن السيليكات الفيليتية، والتي تكسب المواد خاصة اللدونة، والادمصاص والتقسي بالتسخين. والنعومة الكبيرة لهذه الفلزات، تتطلب دراستها بأجهزة الأشعة السينية XRD & XRF وجهاز التحليل التفاضلي الحراري DTA والمجهر الالكتروني الماسح SEM. ويمكن بشكل استثنائي دراسة الكبيرة القد منها أحياناً بالمجهر الاستقطابي. ومن بين هذه الفلزات الغضارية:

- **الكاولينيت**: وهو بشكل وريقات أو صفيحات ناعمة، غالباً تحت مجهرية التبلور، عديم اللون بالضوء العادي، ورمادي خفيف بالضوء الاستقطابي.



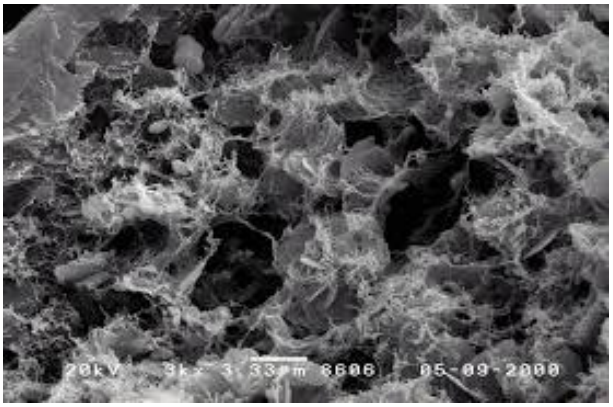
الكاولينيت بالمجهر الالكتروني

- **المونتموريللونيت**: (غضاريات مغنيزية) وهو عبارة عن فلز غضاري قابل للانتفاخ بالماء أو الانتباج بالماء يظهر كبلورات صفائحية ناعمة أو ريقات سداسية، خفية التبلور غالباً، عديم اللون أو أخضر، أصفر خفيف بالضوء العادي. وذو تعتيم مستقيم، واستطالة موجبة بالضوء الاستقطابي. و المونتموريللونيت يمكن أن تكون حطامية المنشأ متأتية من ترب أو رسوبات أقدم. ويمكن أن تكون مستحدثة (نيوجينيز) بوسط قلوي، اعتباراً من سيليكات أخرى، أو اعتباراً من الرماد البركاني. وفي الوسط البحري تكون هذه الفلزات غالباً مترافقة مع السحنات الكربوناتية أو السحنات السيليسية.



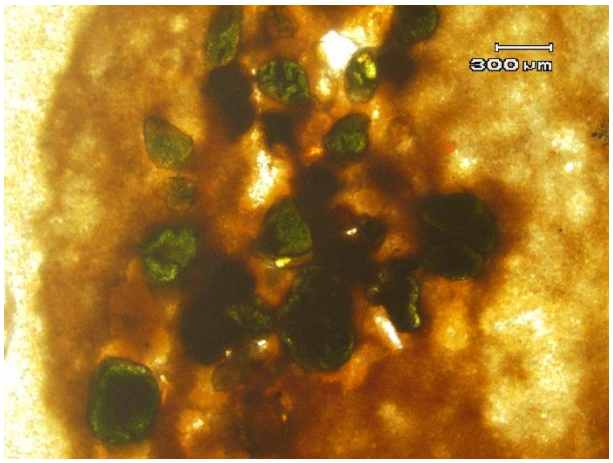
المونتموريللونيت بالمجهر الالكتروني

- **الايليت**: (غضاريات بوتاسية) وهذا الفلز الأكثر انتشاراً بين الفلزات الغضارية، في الرسوبات والترب. وهو مركب على نموذج الميكا البيضاء أو السيريسيت، ولكن بنيته أقل انتظاماً، وأقل بالبوتاسيوم. وهو شائع في العديد من الصخور الحطامية كـأمية أو كملاط.



الايليت بالمجهر الالكتروني

- **الغلوكونيت**: وهذا الفلز قريب من الايليت، ولكن مع نسبة أكبر بكثير من الحديد حلت محل الألمنيوم في الشبكة البلورية. ويظهر الغلوكونيت بالمجهر بالضوء العادي بلون أخضر وبشكل حبيبات، أو كتجمعات وبقع أو كسطوح مجهرية التبلور، يمكن لها أن تفسد إلى ليمونيت. وفي الضوء المستقطب يكون له بروز مرتفع ويبقى لونه الأخضر الغامق.



حبيبات الغلوكونيت تحت تحت المجهر

ويستخدم اسم الغلوكوني من قبل الجيولوجيين عادة للرمز إلى السيليكات المائية الخضراء، ذات الحديد الثنائي أو الثلاثي، والبوتاسيوم والمغنيزيوم، دون تدقيق مينرالوجي. والغلوكونيت هو فلز يوجد بشكل شبه مطلق في الرسوبات البحرية. ويمكن أن يظهر بالصفائح المجهرية بحالات متنوعة:

- ناتج نيوجينيز
- حبات ذات شكل مستدير، من منشأ حطامي.
- ناتج فساد للميكا السوداء.
- أبجنة (تحول) هياكل بعض العضويات (أشواك الاسفنجيات).
- املاء الفراغات (حجيرات المنخربات ....).
- طلاء حول بعض الفلزات الحطامية.
- بقع مبعثرة في الملاط نتيجة استبداله.

خامساً فوسفات الكالسيوم:

1- **الفوسفات المبلورة**: تنتمي الفوسفات المبلورة إلى عدة أنواع فلزية صعبة التعيين عموماً كونها نادراً ما تكون جيدة التبلور ونقية. صيغتها توافق صيغة الهيدروكسي فلوروكربونات آباتيت، مع استبدالات تقود غالباً تقود إلى تشكـــل صيغة من النموذج: $Ca_{10}\ (PO_4)_6$ - $n(CO_3,2F)_n\ F(OH)_2$ كما أنه يمكن أن يحصل استبدالات أخرى لـ PO_4- بـ OH أو Cl وللـ Ca بالـ U, K, Na, Sr. وهذه الفلزات الفوسفاتية المبلورة تقارب إلى حد كبير الآباتيت. الذي لا نجده عادة إلا في الصخور الاندفاعية المندسة، أو بحالة حطامية.

من فلزات الفوسفات المبلورة: الفرانكوليت أو نموذجه الليفي المسمى الستافاليت، وخصائصها مقاربة جداً للأباتيت. وفلز الداهاليت وهو فوسفات الكالسيوم المبلور بدور فلور، إضافة إلى فلز الكراندااليت وهو فوسفات مضاعفة ألومينية – كلسية – مائية – سداسية التبلور.

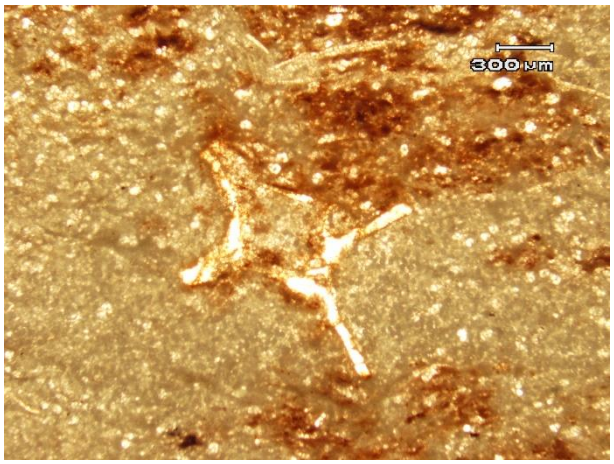
تظهر هذه الفوسفات المبلورة في:

- التخثرات الفوسفاتية الليفية البنية.
- املاء الفجوات.
- في بنية بعض الأجزاء الهيكلية للعضويات (ميناء الأسنان أو الحراشف).

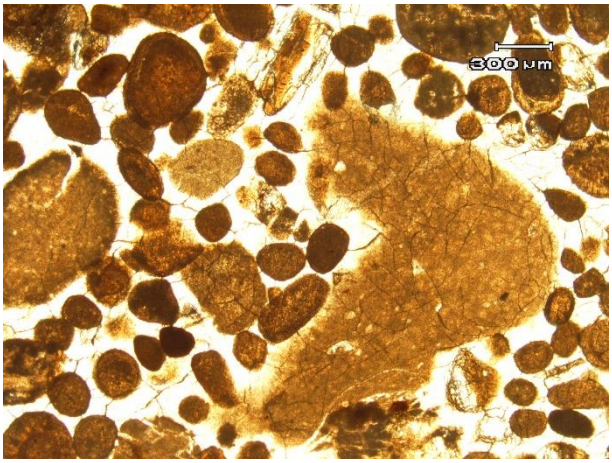
2- **الفوسفات غير المبلورة**: تكون عديمة اللون، أو غالباً راتنجية أو بنية، متساوية الخواص وذات تضاريس بارزة، ويطلق على هذه الفوسفات غالباً اسم الكولوفانيت، وهي تظهر بأشكال مختلفة:

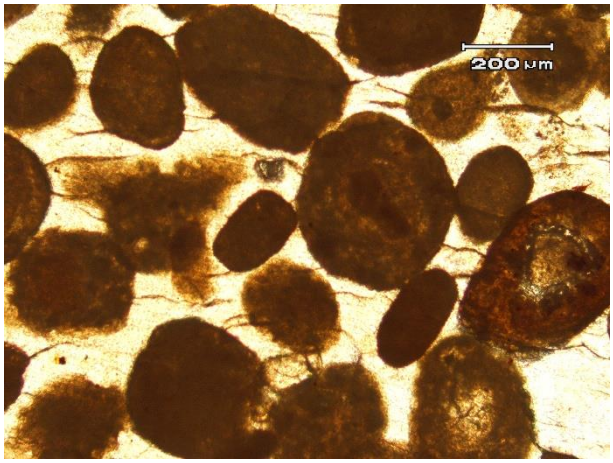
- تكوين بعض البقايا العضوية (درع Lingules ثلاثيات الفصوص والعظام).
- ملاط في بعض الصخور الرسوبية الفوسفاتية أو الكلسية الفوسفاتية أو الرملية.
- ناتج أبجنة للعضويات (تحولت أي تفسفتت).
- في خامات الحديد البيوضية.
- في الصخور الغلوكونيتية، والكلسية الفوسفاتية – الغلوكونيتية.

- في بنية الصخور أو القشرة الصخرية المكونة للسطوح المتصلبة (Hard Ground)، وهذه الفوسفات هي غالباً ناتج لأبجنة (تحول) كربونات الكالسيوم.



فقرة عظمية بالضوء العادي



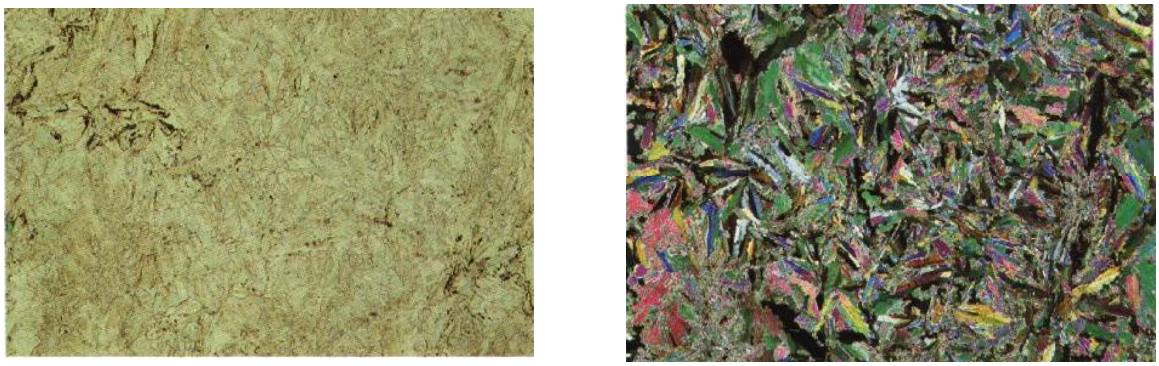


عقد وبيلليت فوسفاتية وبيوض ممركزة مفسفته بالضوء العادي

سادساً السولفات (الكبريتات):

1- **الانهدريت**: وهي عبارة عن كبريتات الكالسيوم اللامائية. وهي تصادف عموماً في الأعماق بالآبار، نظراً لأنها قرب السطح تتميه وتتحول إلى الجص. والانهدريت يكون شديد الانتشار عموماً، سواء كصخر متجانس ضمن المتبخرات القديمة وحيث يمكن أن تترافق مع الجص وبصورة أقل من ملح الطعام. ويمكن للانهدريت أن يشكل عقداً. مورفولوجية بلورات الانهدريت، تكون عبارة عن عصيات ذات مقطع مربع أو تشبه شكل نصل السكين، وأحياناً بشكل شبه عقدي ناعم أو متطاول.

الانهدريت بالمجهر الالكتروني

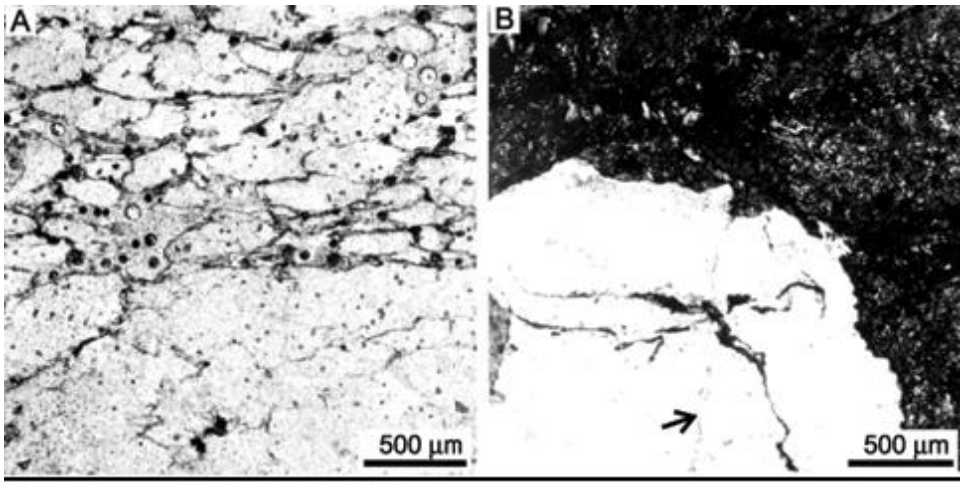


صور مجهرية للإنهدريت (يمين ضوء مستقطب، يسار ضوء عادي)

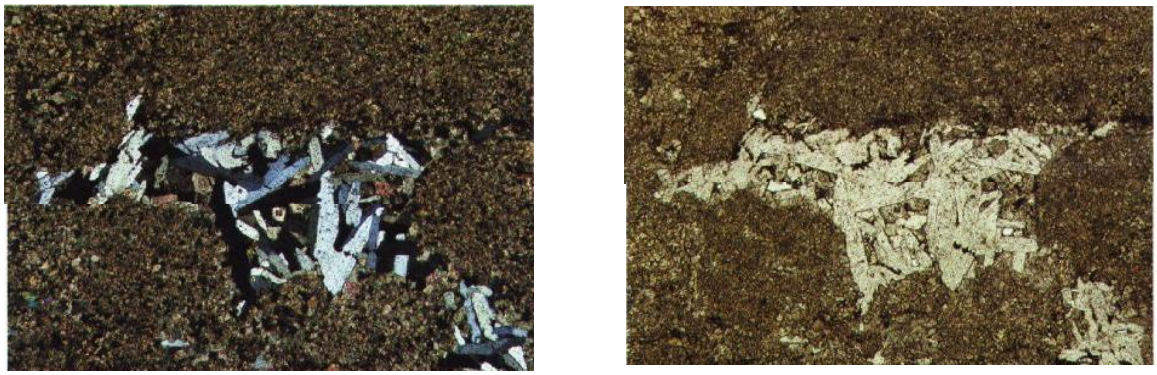
2- **الجص**: وهو عبارة عن كبريتات الكالسيوم المائية. وهو فلز شديد القابلية للانحلال، لذا يحصل له أبجنة (تحول) في أغلب الحالات بالكالسيت أو الدولوميت أو السيليس (أي يحل محله). وشكل البلورات الجصية تختلف حسب شروط التشكل:

- أكسدة الكباريت بوجود كربونات الكالسيوم يؤدي إلى نشوء بلورات جيدة التشكل، وذات سطوح مستوية وذات انفصامات.
- البلورات المكونة بالتبخر من تركيز المحاليل الملحية، وبوسط مرجع غالباً، تكون ذات شكل هندسي وذات سطوح منحنية.
- في العروق الناعمة القاطعة للطبقات يكون الجص غالباً ليفي البنية وينتج عن ترسب البلورات ذات الشكل الابري.

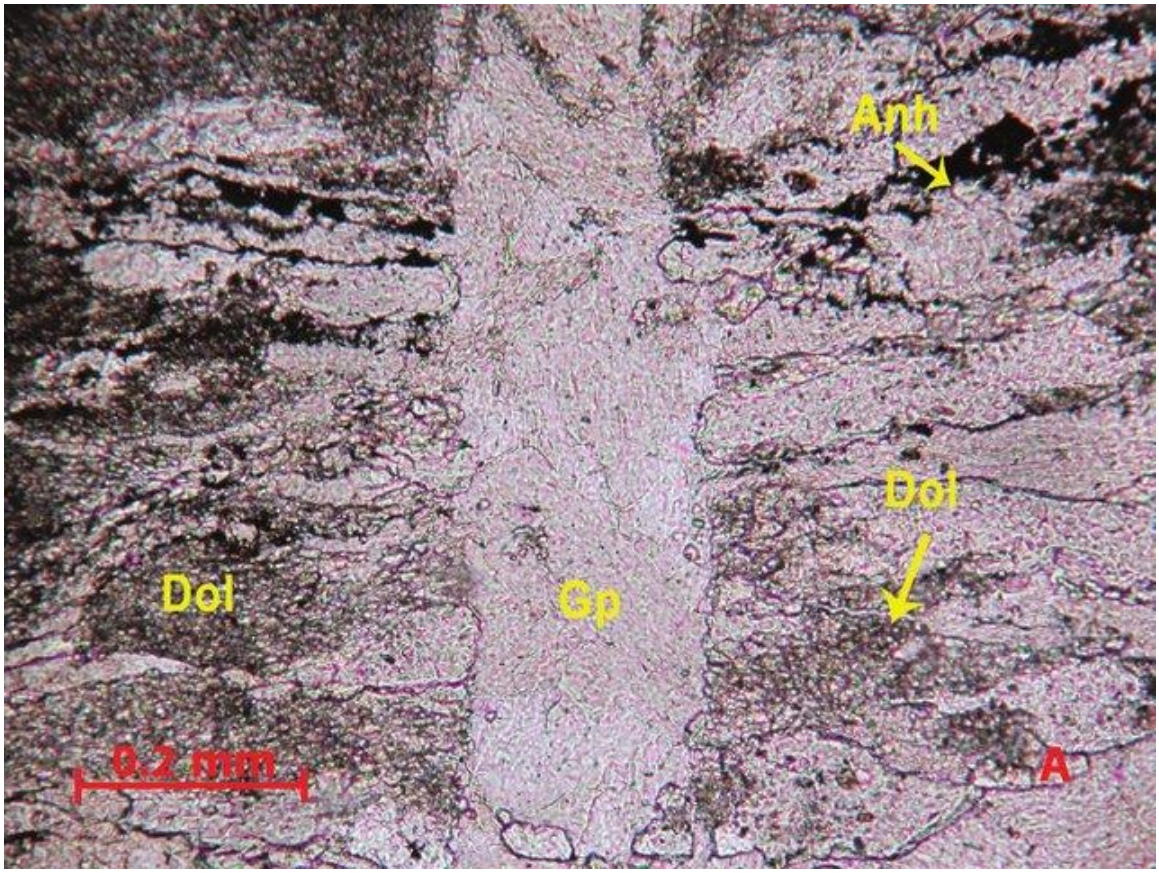
يشكل الجص أحيانا صخور صلبة متماسكة يطلق عليها اسم الالباتر إذا كانت شفافة. تؤدي عملية ارجاع الجص بواسطة الباكتريات الكبريتاتية إلى تشطل الكبريت الحر (مثل الكبريت الحير في مغارة الشيحري في المنطقة التدمرية، جبل المزار" حيث خضعت الصخور الجصية التريباسية في نواة جبل المزار لهذه العلمية وتشكل الكبريت الحر"). إن خاصة اللدونة للصخور الجصية (القمم الملحية)، تؤدي إلى دور أساسي للجص في حوادث التكتونيك الملحي، والتكتونيك بشكل عام.



بلورات الجص تحت المجهر



صورة مجهرية بلورات من الجص تملأ فجوة في صخر من الدولوميت (يسار ضوء مستقطب، يمين ضوء عادي)



صورة مجهرية توضح عرق من الجص مع بلورات من الانهدريت والدولوميت

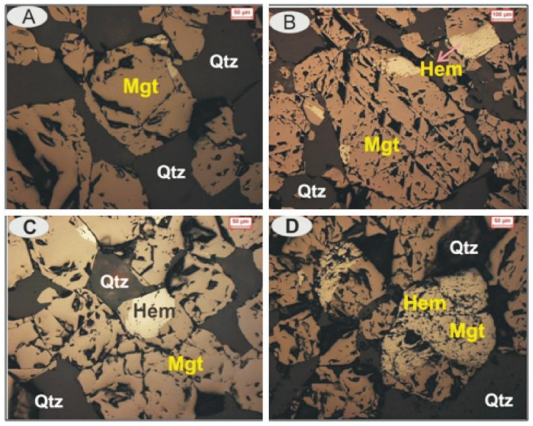
3- **الباريتين** (الباريت): وهو عبارة عن كبريتات الباريوم $BaSO_4$ وهي قريبة بخصائصها البلورية من الانهدريت، كثافتها مرتفعة 4.4 ويمكن تمييزها بقرينتها، أو بالتحليل الكيميائي البسيط. وتظهر الباريتين في بعض الصخور الكربوناتية بشكل عقد تُميز مباشرة بثقلها (الحوار والكلس الحواري الايوسيني الأوسط في مناطق عديدة من سورية منها المنطقة التدمرية). ويمكن لبعض الاشنيات السمراء أن يكون لها دور في تثبيت كميات كبيرة من الباريوم في هيكلها وبالتالي يكون لها دور في تشكل الباريتين ذي المنشأ الرسوبية.

4- **السيليسين**: وهو كبريتات السترونسيوم $SrSO_4$ وهي ذات كثافة مرتفعة (4) تشابه في خصائصها البلورية فلز الباريتين، وتميز بالاستناد إلى قرينتها أو بالتحليل الكيميائي.

سابعاً الأكاسيد – الهيدروكسيدات وكباريت الحديد: إن دراسة هذه الفلزات التي يكون العديد منها غير قابل لمرور النور تتطلب المساعدة بالمجهر الانعكاسي.

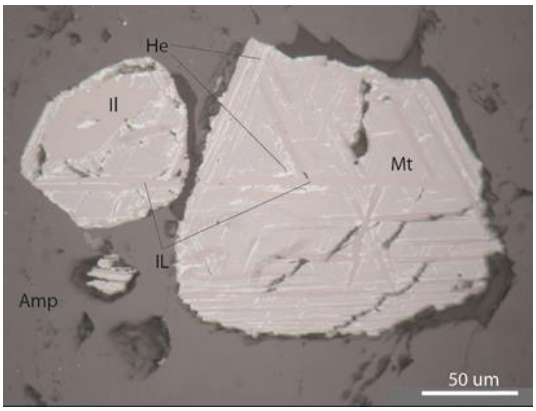
1- الأكاسيد:

- **الماغنتيت**: $Fe_2O_3, FeO\ (Fe_3O_4)$ أكسيد الحديد المغناطيسي وهو أسود إلى رمادي حديدي بالضوء المنتشر وأحمر بالضوء العادي في المحضرات الرقيقة جداً. ويوجد في بعض خامات الحديد بحالة نتاج أبجنة رسوبية وكذلك في الصخور الحطامية بحالة مدعوكة.



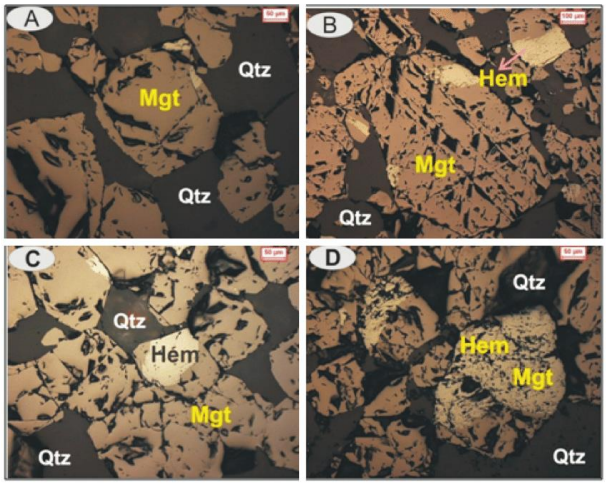
الماغنتيت Mgt بالضوء المستقطب (الضوء المنتشر)

- **الايلمينت**: FeO, TiO_2 أكسيد الحديد التيتاني، ذو انعكاسات معدنية بيضاء رمادية ويصادف في الصخور الرسوبية غالباً بحالة مدعوكة.

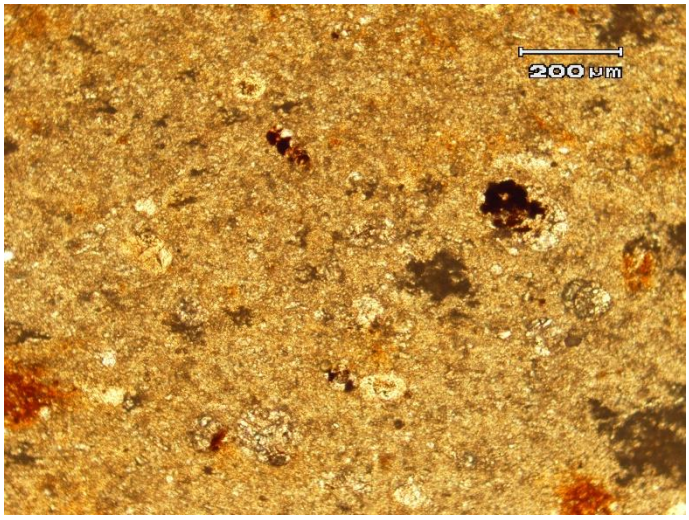


الايلمينت IL تحت المجهر

- **الهيماتيت الأحمر – الأوليجست**: Fe_2O_3 وهو المكون الرئيسي في العديد من خامات الحديد، حيث يتشكل بالأبجنة، كما أنه كبير الانتشار بشكل بقع ونقط ناعمة أحياناً في الصخور الرسوبية، ملونا إياها باللون الأحمر حتى لوكان ذو نسبة ضعيفة 1–2٪. ويتشكل هذا الفلز بأوساط بيدولوجية غنية بالحديد كاللاتيرت مثلاً، وحتى بوجود الماء. وهو يظهر عموماً بلون أحمر قان دموي بالضوء العادي بالمجهر، وبنفس اللون بالضوء المنتشر.

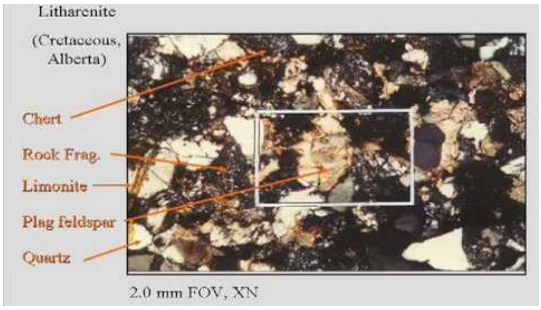


الهيماتيت Hem بالضوء المستقطب (الضوء المنتشر)



بقع من الهيماتيت بالضوء العادي (اللون الأحمر)

2- الهيدروكسيدات: (غوتيت – ليمونيت): الليمونيت هو جسم غير محدد بدقة، مكون من مزيج من هيدروكسيدات الحديد (الغوتيت) والليبيردوكروسيت، وأكاسيد أخرى. في الضوء المنتشر يكون الليمونيت أصفر إلى برتقالي، بينما الغوتيت بني أكثر. وفي الضوء العادي يظهر الغوتيت بلون بني محمر. وهذه الهيدروكسيدات هي عناصر شائعة في خامات الحديد، وفي الصخور الناجمة عن الفساد.



الليمونيت تحت المجهر

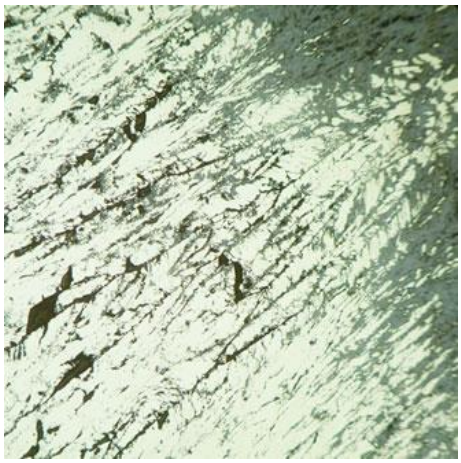
3- الكباريت:

- **البيريت** FeS_2: يتشكل غالباً ضمن وسط خفيف الحموضة، أو محايد، ولكنه مرجع خاصة. ويتشكل:
  - في الغالب نتيجة الأبجنة، للكربونات أو العضويات المختلفة كالشعاعيات.
  - يكون في بعض الصخور الكلسية ذات الحبات الناعمة (المارلية والكلسية المكريتية)، حبيبات وتجمعات صغيرة ذات مظهر عنقودي، منتشراً في الفجوات أو على سطح هياكل العضويات، وأحياناً في أمية الصخر.
  - يعتبر غالباً من منشأ بيولوجي، كما يعرف في الأوساط البركانية الرسوبية، وحيث يكون منشأه أحياناً هيدروتورمالي. ويترافق بهذه الحالة مع كباريت أخرى ككباريت الرصاص والزنك والنحاس.

- في المجهر تميز بلورات البيريت بمقاطعها التي تظهر غالباً مربعة كامدة لا تسمح للنور باجتيازها نظرا لكونها مكعبة التبلور. بينما تبدو صفراء ذات انعكاسات معدنية ذهبية غالباً بالضوء المنعكس.

بلورات البيريت الصفراء بالضوء المنعكس

- **الماركسيت**: وهو أيضاً كبريت الحديد FeS_2 ولكنه معيني التبلور وهو أصفر اللون: ذو بينة ليفية أو موشوري ويكون غالباً بشكل عقد/ كما يملأ المستحاثات، ويكون حبيبات حمصية حديدية، ذات سطح مؤكسد (ماركسيت الحوار)، ويتشكل الماركسيت بوسط حمضي غالباً.



الماركاسيت تحت المجهر

- **الميلنكوفيت** FeS_2, nH_2O: أسود اللون (وسط أساسي).

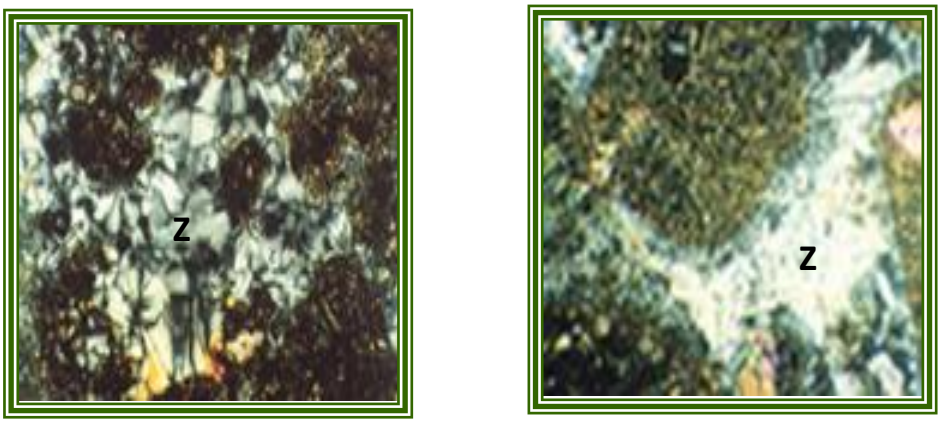
ثامناً الجبيسيت والدياسبور: وهذه الفلزات صعبة التحديد بالصفائح المجهرية. وتتطلب المساعدة بالأشعة السينية لكشفها، وهي تنتج عموماً من فساد السيليكات الألومينية.

1- **الجبيسيت**: بني فاتح اللون، كتجمعات بلورات الكالسيدوان، ولكنه ذو بروز أكبر وثنائية انكساره أعلى.

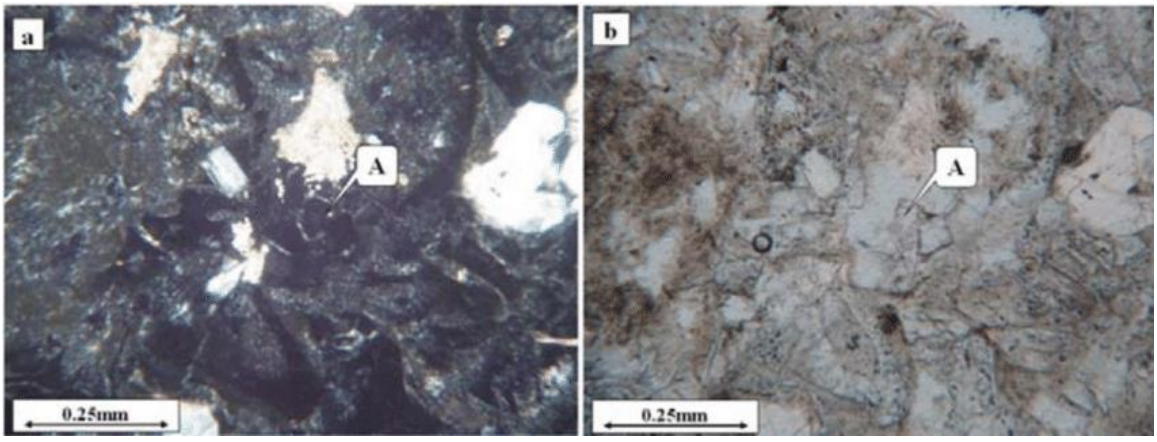
2- **الدياسبور والبوهميت**: تتكون من الفساد البيولوجي وتبدو بالمجهر عديمة اللون إلى زرقاء فاتحة.

الدياسبور باللون الأزرق تحت المجهر

تاسعاً الزيوليت: وهي عبارة عن سيلكو–ألومينات قلوية وقلوية ترابية مائية تملك البنية البلورية للفلدسبات. والماء ليس ماء تركيبياً، لذا يمكن طرده بالحرارة، دون تخرب الشبكة البلورية. ويميز عادة ثلاث زمر في الزيوليت: الزيوليت الليفي، الزيوليت الصفائحي والزيوليت الايزومتري. وتوجد فلزات الزيوليت في الأوساط القارية والأوساط البحرية. ونجد مثلاً زيوليت متشكل في وسط بركاني – رسوبي اعتباراً من الزجاج البركاني، كما يظهر أيضاً في وسط دولوميتي. وفي كلا الحالتين، يمكن للزيوليت أن يشكل طبقات ذات تركيز مرتفع. وفي الضوء العادي بالمجهر، تظهر الزيوليت عديمة اللون مع انفصامات واضحة جيدة. ويوجد الزيوليت في سورية في ثلاثة مواقع جنوب شرق دمشق (جبل السيس، مكيحلات وأم أذن).



صور مجهرية لبعض أنواع الزيوليت الطبيعي السوري



الزيوليت A تحت المجهر

عاشراً الفلزات الثقيلة:

1- **تحديدها**: يتم بالدراسة المجهرية الاستقطابية ويمكن في دراستها أن يعتمد على مورفولوجيتها، وعلى التلوين أحياناً (تلوين التورمالين).

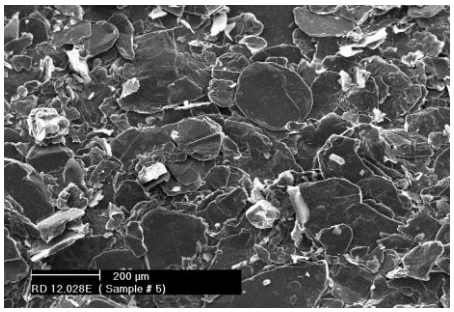
2- **توزعها وتركيزها**: يجب أن تتم دراسة عدة أنواع منها متواجدة في الصخور الرسوبية وليس نوعاً واحداً، مع تحديد نسبها التقريبية، ويعتمد على هذه النتائج التي تمثل بخطوط بيانية أو بدراسة إحصائية.

3- **فوائد دراسة الفلزات الثقيلة**: الفلزات الثقيلة في الصخور الرسوبية، تأتي من صخور نارية واستحالية.

- **تحديد أصل المواد الحطامية، من الكتل أو السلاسل المحيطة المختلفة، نظراً لكون صخورها متنوعة وبالتالي فتجمعات** الفلزات الثقيلة يمكن أن تختلف لدى قدومها من كتلة أو أخرى.
- **معلومات عن النقل، اتجاه التيارات، وحيث يمكن أن يلاحظ كيف تتوزع هذه الفلزات نسبها، غزارتها، زوال وجودها التدريجي باتجاه ما .... الخ.**

احدى عشر الغرافيت:

فحم صافي، سداسي التبلور. وفي الضوء المنتشر يمكن مع تدوير صحن المجهر أن نرى بنقطة ثابتة منه انعكاسات لماعة واسوداد وهذا اللون الأسود الرمادي قليلاً يميزه عن الماغنتيت. ويظهر الغرافيت في بعض الصخور الشيستية.



الغرافيت بالمجهر الالكتروني