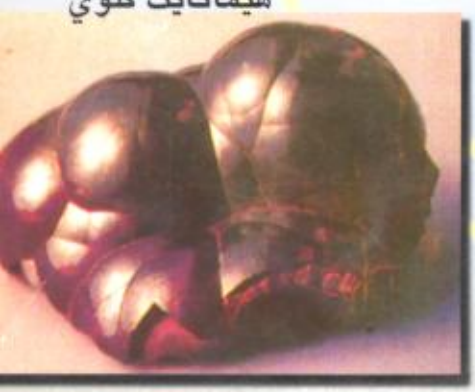
علم المعادن

(الكتاب الثاني)

هيماتايت كلوي

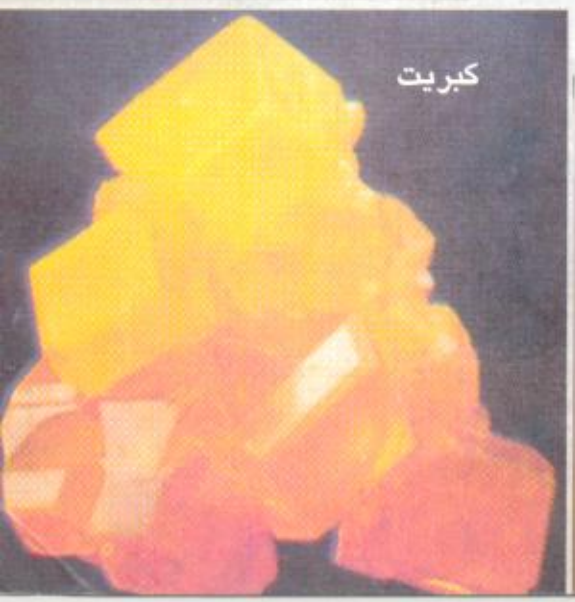


بروفيسور

إبراهيم مضوي بابكر

B. Sc. Hons. (Manchester), I. T. C. Dip. (Holland)
M.Sc., D.I.C. Geophysics (London) Ph. D. (Cardiff)

أستاذ الجيولوجيا
مدرسة علوم الأرض التطبيقية
كلية العلوم والتقانة
جامعة النيلين



علم المعادن

(الكتاب الثانى)

بروفيسور إبراهيم مضوي بابكر

أستاذ الجيولوجيا

مدرسة علوم الأرض التطبيقية

كلية العلوم والتقانة

جامعة النيلين

1425 هـ / 2004م

بسم الله الرحمن الرحيم

(وَإِن مِّن شَيْءٍ إِلاَّ عِندَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنَزِّلُهُ إِلاَّ بِقَدَرٍ مَّعْلُومٍ)

صدق الله العظيم

سورة الحجر الآية (21)

شكر وتقدير

إن تأليف هذا الكتاب وإخراجه قد أخذ وقتاً طويلاً وجهداً عظيماً تحمله معى زملائى بمدرسة علوم الأرض التطبيقية ومديرها الدكتور عبد الله الحاج إبراهيم ولو لا خوف الإطالة لذكرت أسمائهم ولكن من بينهم الأستاذ خالد عبد الرحمن السيد والأنسة تهانى أحمد الحسن ولهما القدح المعلى واليد الطولى فلهم منى جميعاً كل الشكر والتقدير، والشكر موصول إلى كل من ساهم بأى قدر فى هذا الجهد ولا أنسى أولئك الذين شجعونى ورفعوا من درجة حماسى للبذل وعند الشدة ومنهم ابني وزميلي الدكتور (بمشيئة الله) سامي عمر حاج الخضر، وأخص بالشكر زميلى وصديقى الدكتور سعد الدين حمد والذى له فضل تدريس هذا العلم لأجيال عديدة من طلابه بقسم الجيولوجيا جامعة الخرطوم والذى راجع مسودة الكتابين الأول والثانى وكتب يثنى على محتوياتهما موصياً بطباعتهما وطالباً منى المزيد من التدوين والتأليف. الشكر أوفره لإدراة جامعة النيلين بكل وحداتها ومستويات إداراتها لما قدموه من عون ومساعدة وأخص بالذكر بروفسور عبد العزيز عبد الرحيم وكيل الجامعة.

وفقنا الله لمرضاته والعمل الصالح.

بروفيسور إبراهيم مضوي بابكر
بري 5 شوال عام 1425هـ
الموافق 17 نوفمبر 2004م

مقدمة الكتاب الأول

الحمد لله الخالق المدبر فاطر السموات والأرض والصلاة والسلام على رسول الله المصطفى محمد معلم البشرية وهاديها إلى صراط الله المستقيم.

يُعيب عليّ بعض زملائي وناشئة الجيولوجيين أنني أحدثهم كثيراً وبإعجاب عن العمل الجيولوجي والرضى والإستمتاع الذي أجده في أدائه رغم المشقة المعروفة عنه. وأصدقكم القول أن من نعم الله عليّ وهي كثيرة أن اختار لي مهنة الجيولوجيا لكسب معاشي بغير ما تدبير مني. أحمده وأطيعه في أمره "وأما بنعمة ربك فحدث" صدق الله العظيم.

العمل الجيولوجي هو في مقدمة الأعمال المعاشية في عمارة الأرض وله الريادة في تطور الحضارة الإنسانية لا ينافسه في ذلك إلا الزراعة وما يتعلق بها من أعمال. فتقدم الأمم وتحضرها يقاس بمدى استغلالها للموارد الطبيعية وعلى رأسها الثروات المعدنية. سنة الله في الأرض يبينها استقراء تاريخ البشرية منذ العصر "الحجري" ، "فالبرونزي" مروراً بالثورة الصناعية (الحديد والفحم ثم البترول) إلى الأمس القريب حين توفرت كميات هائلة من الطاقة بانفلاق الذرة (اليورانيوم) إلى يومنا هذا ونرى فيه المنتجات المعدنية في كل مناحي الحياة.

أما العلم نفسه وتسميته الحديثة علوم الأرض فهو الرائد والجامع لأغلب العلوم التطبيقية. فالذي يطلبه لا بد له أن يتسلح بمعرفة مقدرة للعلوم الأخرى مثل الكيمياء والأحياء والفيزياء والرياضيات. والذي يريد أن يمارس العمل الجيولوجي باقتدار عليه مواكبة الحديث في سبل وطرق البحث العلمي خصوصاً ما يتعلق بتقنية وجمع المعلومات ومعالجة البيانات وعلوم الحاسوب الأخرى. وأهم من ذلك كله أنه العلم الذي يقود من يطلبه إلى تلبية التوجيه الرباني أن "سيروا في الأرض ....." وقد ورد هذا التوجيه حوالي 18 مرة في كتاب الله الكريم. وهو توجيه يسوقك إلى التأمل في آيات الله المعجزة من نشأة الكون وخلقه وإلى التدبر في ظواهره ومحدثاته وتطوره.

وكيف أن المولى جلت قدرته قد سيره بالميزان القسط وقدر معلوم كان ذلك في مثقال ذرة أو في الآفاق العريضة.

منذ أيام طلب هذا العلم قبل ما يقارب نصف قرن من الزمان وخلال ممارسته في مجالاته المختلفة وإلى يومنا هذا وأنا أقوم بتدريس مناهجه المتعددة تأكد لي واستقر في قناعتي أن ركيزة علوم الأرض هو علم المعادن ذلك لأنه وباختصار غير مخل "المعادن هي الوحدة الأساسية للصخور بأنواعها والتي بدورها تمثل الاهتمام الأول لعالم الأرض أينما اتجه تخصصه" فالمعادن هي المكون الأساسي للأرض بكافة نطاقاتها وعليه فإن معرفتها ودراستها متطلب حتمي في دراسة علوم الأرض وهي كفرض عين لأداء العمل الجيولوجي بكل فروعه. وبهذا الفهم – حين سنحت الفرصة – بدأت بتأليف هذا الكتاب في علم المعادن رغم ما كنت أعلم من صعاب في جمع مواده وبياناته ورسوماته (خصوصاً باللغة العربية). وبالرغم مما كنت أتوقع من مشقة في تجهيزه ومن ثم طباعته لما يحتويه من تعابير تكنولوجية غريبة وأشكال معقدة تتطلب الدقة والمراجعة الحريصة لإخراجه بالشكل المرضي.

لا غرابة إذاً أن تأليف هذا الكتاب أخذ وقتاً طويلاً وجهداً عظيماً تحمله معي زملائي بمدرسة علوم الأرض ومن بينهم كان للأستاذ خالد عبد الرحمن السيد القدح المعلى واليد الطولى فله مني كل الشكر والتقدير. والشكر موصول إلى كل من ساهم بأي قدر في هذا الجهد ولا أنسى أولئك الذين شجعوني ورفعوا من درجة حماسي للبذل عند الشدة. وأخص بالشكر زميلي الدكتور سعد الدين حمد والذي له فضل تدريس هذا العلم لأجيال عديدة من طلابه بقسم الجيولوجيا بجامعة الخرطوم الذي راجع مسودة الكتابين الأول والثاني وكتب يثني على محتوياتها موصياً بطباعتهما وطالباً مني المزيد من التدوين والتأليف.

هذا الكتاب في علم المعادن هو باكورة الإنتاج وسيلحق به قريباً إن شاء الله تكملته في الكتاب الثاني ويلحق بهما بعون الله كتاب ثالث يتناول سبل فرز المعادن وطرق تحليلها ودراستها. وبحمد الله إضافة لتجربتي الطويلة في العمل الجيولوجي

بكل فروعه وعلى مستوياته المختلفة فقد تجمعت لدي معلومات وتقارير وبيانات وخرائط. ومع عملي في تدريس مناهج علوم الأرض فلقد جمعت هذه المواد ورتبتها في مذكرات ومسودات تصلح أساساً لكتب آمل إن توفرت الإمكانات واجد الوقت ويعينني المولى أن أخرجها تباعاً.

أمثلة مسودات الكتب شبه الجاهزة العناوين الآتية:

- كيمياء المعادن.
- مختصر جيولوجية السودان.
- الثروات المعدنية في السودان.
- تكتونية الدروع.

في الختام نتضرع إلى المولى الجليل أن يجعل أعمالنا كلها خالصة لوجهه، طالبين أن تلقى عنده كريم القبول وحسن الثواب. آملين أن ينتفع بهذا الكتاب من ينظر فيه وأن يكون عوناً لطلاب هذا العلم في مسعاهم لدرجة تؤهلهم للعمل الصالح والرزق الحلال.

وفقنا الله جميعاً لمرضاته - نعم المولى ونعم النصير

بروفيسور إبراهيم مضوي بابكر

بري أول رمضان عام 1423هـ

الموافق 6 نوفمبر 2002م

مقدمة الكتاب الثانى

لقد اثبتنا في مقدمة الكتاب الاول ونؤكد مره اخري هنا أن "علم المعادن" (لكون المعادن هي المكون الاساسي للصخور بانواعها ومن ثم الارض بكل طاقاتها) هو الركيزه الاساسيه والمتطلب الاول لدراسة علوم الارض بكل فروعها وتخصصاتها.

علم المعادن هو بمثابة الابجدية للغه ومكانة اللغه لدراسة الجيولوجيا ومن رأي المتواضع أن من لايستوعبه ليس بمعتبر في اي من تخصصات علوم الارض لا اكاديمياً ولا علمياً. هنالك اكثر من 20000 ماده متبلوره ولكن حسب التعريف الدقيق الذي اوردناه في الكتاب الاول

" المعدن هو ماده صلبه متجانسه غير عضويه تتكون طبيعياً ولها تركيب كميائي محدد ويمكن التعبير عنه وتتميز ذرات العناصر المكونه له بهيكل بنائي في شكل بلوري مميز"، علي ذلك فان عدد المعادن المعروفه التي توفي هذا التعريف حقه حوالي 4000 الف معدن. هذا عدد مهول من المعادن ولكن هنالك منها عدد محصور يتواجد في القشرة الارضية قارية كانت ام بحرية وهذه هي ما تركز عليها كل كتب علم المعادن. يضاف الي ذلك المعادن التي تكونّ الخامات المعدنية والمعادن الصناعية وبالطبع الاحجار الكريمة. ويجدر بنا أن نذكر أن المعادن الاقتصادية هي ركيزة التقدم الحضاري منذ بداية التاريخ الي يومنا هذا كما اسلفنا الشرح في مفاتح الكتاب الاول.

بعد مراجعه لطرق تصنيف المعادن المتعدده استقر الراي علي تقسيمها وتجميعها في ابواب علي اساس التركيب الكميائي ثم تفريع تلك الابواب الي مجموعات وطوائف واصناف حسب التركيب الكميائي والشكل البلوري والخواص الفيزيائية الاخري، وعليه يقع الكتاب في خمسه ابواب رئسيه تحتوي علي مجموعات المعادن الاتية:

(1) المعادن العنصريه.

(2) المعادن السلكاتيه وهي اهمها واكثرها انتشاراً.

(3) المعادن الكبرتيداتيه.

(4) المعادن الاوكسيديه.

(5) واخيراً المعادن الكربوناتيه مضاف اليها بعض المجموعات الاخري كالمعادن الفوسفاتية ومعادن التنجستن والهيلايد.

داخل كل باب يحتوي الكتاب علي دراسه اجماليه لخصائص المجموعه ككل ثم تقسيمها الي مجموعات اصغر او طوائف في اغلب الاحيان اعتماداً علي النظام والشكل البلوري وبعدها ياتي الوصف المعدني للمعادن المهمه في المجموعه يحتوي علي اهم الخصائص الفيزيائيه والكميائيه لكل معدن مع طريقه ومواضع تواجده ثم استخداماته.ولقد توخي المؤلف أن يورد امثلة المعادن من تلك المتواجده في مناطق السودان المختلفة استناداً علي خبره في العمل الجيولوجي امتدت الي ما يقارب نصف قرن. في نهاية الكتاب بذل المؤلف جهداً جهيداً في حصر المعادن في فهرست مبوب حسب الحروف الابجديه يمكن للدارس أن يرجع اليه بسرعه وينتقي منه اهم مكونات الوصف المعدني للمعدن المنشود مثل التركيب الكميائي والنظام البلوري والوزن النوعي والقساوه فان اكتفي فبها والا يمكنه الرجوع الي الصفحه المعينه في داخل الكتاب لدراسة الوصف المعدني متكاملاً. في الختام نحمد المولي الجليل حمداً كثيراًان مد في عمرنا واتم نعمته علينا بالعافيه ووفقنا علي حمل رسالة تدريس بعض ماتيسر لنا من علم ووفقنا جل قدرتة علي اتمام هذا الكتاب نرجو املين ان يلقي عنده كريم القبول وحسن الثواب، ونتضرع اليه شاكرين ان يعيننا في مانتوي علي مواصلة البحث والتقصي وكتابة كتب اخري ذكرنا بعضاً منها في مقدمة الكتاب الاول. ونساله ان يتقبل عملنا هذا مرضاة لوجه الكريم.

نعم المولي ونعم النصير

بروفيسر ابراهيم مضوي بابكر

بري 15/ شوال 1425 هـ

الموافق 27/نوفمبر 2004 م

محتويات الكتاب

	الصفحة
شكر وتقدير	(i)
مقدمة الكتاب الأول	(iii)
مقدمة الكتاب الثانى	(vi)
الباب الأول	
المعادن العنصرية	1
أ) المعادن الفلزية	1
مجموعة الذهب	1
(الذهب، الفضة، البلاتين، الحديد)	1-8
ب) المعادن شبه الفلزية	8
مجموعة الزرنيخ	8
(الزرينخ،الأنتومتى، البزموسى)	8-9
ج) المعادن اللافليزية	9
الكبريت	9
مجموعة الكاربون	12
(الماس، الجرافايت)	12-15

الباب الثانى

المعادن السليكاتية

17 المعادن السليكاتية

17 الأشكال البنائية للسليكات وتصنيفها

22 تبلور الصهير ومتسلسلات بوين

25 (1) المعادن السيليكاتية المنفردة

25 الاوليفين

27 مجموعة سليكات الألمنيوم

28-34 (سليمانايت، كاينايت، أندولوسايت، سترولايت، توباز)

35 مجموعة الجارنيت

36-38 (بايروب، الماندين،سباساريت، جراسيولايت،أندرادايت، يوفاروفايت)

39 (2) المعادن السيليكاتية السلسلية المنفردة

39 مجموعة الباروكسين

40-47 (هابرسين، أنسيتايت، ديوبسايد، سبوديومين، أجيرين، أوجايت، ولاستونايت، رودونايت)

48-51 بريل – تورمالين – كوردرايت

52 مجموعة الأبيدوت

53-56 (زيوسايت، أبيدوت، زيركون، سفين)

3/ المعادن السيليكاتية السلسلية المزدوجة	57
معادن الأمفيبول	57
(انتوفيلايت، تريمولايت،هورنبلند)	59-63
4/ مجموعة المعادن السليكاتية الصفائحية	64
مجموعة المايكا	64
(سكوفايت، بيوتايت)	66-70
المعادن الطينية	71
(كاولين)	72
مجموعة الكلورايت	73
(كلورايت، ابوفيلايت، بريهنايت، برايسوكولا)	73-75
السربنتين	76
التالك	78
5/ المعادن السيليكاتية الهيكيلية	80
مجموعة الفلسبار	80-84
مجموعة البليجوكليز	85
الفلسبار القلوى	87
(اورثوكليز، مايكروكلين، ساندين)	88-91
طائفة الفلسباثويد	92
(ليوسايت، نيفين، كانكرينايت، سودلايت)	92-94
طائفة الزيولايت	95-96
مجموعة الكوارتز	97
(كورتز، تريديمايت،كريستوبالايت ، اوبال)	99-103

الباب الثالث

معادن الكبريتيدات 105

(ارجينتايت، شالكوسايت، جالينا، سفالبرايت، شالكوبارايت،
بيوتايت،نيكولايت، بنتلايدايت، كوفيلايت، سينبار، ريلجار، اوربيمنت، 107-123
ستبنايت، بيريرايت، ماركزايت، ارسينوبارايت، موليدينايت)

الأملاح الكبريتية 124

(بيرارجيرايت، بروسايت، اينارجايت، تتراهيدرايت، بورنايت) 125-127

المعادن الكبريتاتية 128

(بايريت، سيبستايت، أنجليسايت، انهايدرايت، الجبص) 129-134

الباب الرابع

المعادن الأوكسيدية 135

كوبرايت زنكايت، بيركليز 137-140

مجموعة الإسبانتيل 141

(سبايتيل، ماجينيتايت، كرومايت، فرانكلينايت) 143-149

مجموعة الهيماتايت 149

(كروندوم،هيماتايت، الإلمانايت) 149-154

مجموعة الروتايل 155

(روتايل، بيرولوسايت، كاسترايت، بورانايت) 156-161

الأكاسيد المائية 162
(بيروسايت، مايجنتيت، جيوثايت، دياسبور، جبسايت، بوهمايت) 162-166

الباب الخامس

المعادن الكربونايتية 167
كالسايت، ماغنيزايت، سيدرايت، سمثسونايت، رودوكروزايت 169-174
مجموعة الأراجونايت 175
(أرجونايت، ويزرايت، سترونشيانايت، سيروسايت، أنكرايت) 176-179
مجموعة الدولومايت 180
كربونات تحتوى على الهايدروكسيد 181-182
معادن التمجستين 183
ولفرمايت، إيلايت 183-184
مجموعة الهيلايد 185
هيلايت، سلفايت، فلورايت، كرابولايت 185-189
المعادن الفوسفاتية 190
مونوزايت، أباتايت، توربوناىت 190-192
المراجع العربية 193-196
English Bibliography 197-201
فهرس المعادن 203-212

الباب الأول

المعادن العنصرية
Native Minerals

توجد بعض المعادن طبيعياً في حالتها العنصرية بمعنى أن تكوينها الكيمياتي من عنصر واحد. وبتلك الصفة كانت أول ما استرعي انتباه الإنسان الأول بغية استغلالها خصوصاً النفيسة منها كالذهب والفضة. يمكن تصنيف المعادن العنصرية إلى:

- **معادن فلزية:** وتشمل الذهب والفضة والنحاس والبلاتين والقصدير والرصاص والباليديوم والاريديوم والتاتاليوم.
- **معادن شبه فلزية:** كالزرنيخ والانتمون والبزموث.
- **معادن لافلزية:** كالكربون (بشكليه الماس والجرافايت) والكبريت والسيليكون والتيلوريوم.

سوف ندرس أمثلة من أهم المعادن العنصرية واضعين كل مجموعة متقاربة في فصل واحد.

(أ) المعـــادن الفلـــزية

مجموعـــة الذهـــب
GOLD GROUP

تضم هذه المجموعة عدد من المعادن العنصرية أهمها الذهب (Au) والفضة (Ag) والنحاس (Cu) والرصاص (Pb). وما يجمعها أن لها صفات فيزيائية وبلورية جد متشابهة فجميعها تتبلور في النظام المكعب (ممركز الوجه) وتتميز بأنها لينة بعض الشيء وقابلة للطرق والسحب رغم أن ثقلها النوعي عال. ولها وصل جيد للحرارة والكهرباء وغالباً لونها فاتح غير معتم كما يتبين من الجدول:

	الذهب	الفضة	النحاس	الرصاص
النظام البلوري	المكعب	المكعب	المكعب	المكعب
البعد المحوري(A°)	4.07	4.86	3.62	4.95
محتوى الخلية	4	4	4	4
القساوة	3-2.5	3-2.5	3-2.5	1.5
الثقل النوعي	19.3	10.5	8.94	11.37
اللون	أصفر	أبيض	وردي فاتح	أبيض إلى رمادي

الـــذهـــب

Gold 4[Au]

التركيب الكيميائي: بجانب العنصر الأساسي (Au) يحتوي المعدن على كميات متفاوتة من العناصر الأخرى أهمها الفضة Ag (التي ربما تصل إلى 40 %) والحديد والنحاس والبزموث ونتيجة لذلك يتفاوت وزنه النوعي الذي يتراوح بين15.6-19.3 ولا يذوب في الأحماض ولكنه يذوب في الماء الملكي (Acqua riga) وهو مخلوط حمضي و ينصهر الذهب في درجة حرارة ° 1063.

النظام البلوري: يتبلور الذهب العنصري في النظام المكعب كامل التماثل ولكن الشكل الغالب هو ثماني الأوجه وتتواجد البلورات في هيئات مختلفة منها المفلطح والشجيرات المتشابكة والقشور والصفائح أو في حبيبات أو كتل.

الصفات الفيزيائية: كما مبين في الجدول فإن الذهب ذوصلادة 2.5-3و ثقل نوعي عالي من 15.6– 19.3 إعتماداً على ما يحتويه من شوائب وهو كفلز قابل للطرق والسحب ولونه الأصفر الذهبي مميز له خصوصاً انه لا يتآكل ولا يصدأ فيتغير لون سطحه كما النحاس مثلاً.

التواجد: أغلب الذهب المنتج يتواجد في شكله العنصري ولكن قليلاً ما نجده متحداً مع عناصر أخرى فيما يسمى التيلورايد Tellyrides وكثيراً ما يتحد مع العناصر الكبريتيدات كالبايرايت Pyrite.

من حيث طبيعة التواجد والمنشأ والتجمع يمكن حصر طرق تواجد الذهب اقتصادياً في حالتين:

أولاً: في الصخور النارية الناتجة عن تبلور الصهير في طوره المائي الحراري (Hydrothermal veins) حيث يكون في عروق أغلبها من المرو ولذلك تدعى (Auriferous quartz veins) فهي حاملة للذهب إما كعنصر منفرد أو متحداً مع الكبريتات كما سبق أن بينا. وفي هذه الحالة يكون الذهب ذا أصل أولي primary وفي موضعه.

ومن هذا أيضاً الذهب المصاحب للمعادن المتبلورة من أصل ناري حمضي فهو يتبلور مع معادن مثل البايرايت والجالينا والتتراهيدرايت والهورنبلند وغيرها من مكونات الصخور النارية الحمضية ، كما أنه يوجد بنسبة قليلة من الذهب مصاحباً مستودعات المعادن الفلزية كالنحاس والرصاص والقصدير وفي هذه الحالة يستخلص كمحصول إضافي عند تعدين تلك المعادن.ويعتبر السودان وخصوصاً الجزء الشمالي منه أرض الذهب المتواجد بطريقته الأولية هذه، فعبر الحقب التاريخية منذ عهد الفراعنة السودانيين الأوائل كان السودان مهد هذا المعدن النفيس وشواهد ذلك كثيرة في الصحراء النوبية وجبال البحر الأحمر فهناك توجد المئات من مواقع عروق المرو الحاملة للذهب واستغل منه ما كان ظاهراً للعيان على مر الدهور(ولازال وفيراً)رغم صعوبة ظروف الصحراء وبتقنية بدائية ولكنها مجتهدة. وكلمة النوبة أصلاً تعني الذهب. ومن تلك المناطق جبيت المعادن ، ابيركاتيب ، سيروكويت ووادي نجيم ، والدويشاب، ووادي اويو كأمثلة فقط. بل يكاد المرء يجزم أنه أينما ذهبت في فيافي جبال البحر الأحمر والصحراء النوبية قابلتك مخلفات وأدوات أعمال تعدين الذهب التي خلفها الفراعنة بجانب أكوام وتلال من نفايات التعدين مما اعتبروه نفايات ولكنه يحتوي قدراً لا بأس به من الذهب لم يقدروا على استخلاصه وتركوه إرثاً لنا لنستخرجه عندما تهيأت لنا التقنية اللازمة والآن مع تطور سبل الاستكشاف

والاستخراج والاستخلاص تم العثور على أضعاف ما كان معروفا من أماكن تواجد الذهب عبر المنطقة الغنية به إلي صحراء بيوضة غرباً(منطقة الرباطاب) وأماكن تعدين الذهب بكميات كبيرة من صخور تحتوي على ذهب غير مرئي بالعين المجردة كما في جبل هساي في وادي الارياب ·

ثانياً: الذهب المتواجد في الرواسب stream sediment gold ذلك أنه كأي صخر آخر تتحلل العروق الحاملة للذهب تحت عوامل التجوية وتتفتت ويتحرر الذهب وينقل بواسطة السيول والأمطار والأنهار ليترسب على الشواطئ وتعرجات الأنهار والفجوات التي في قاع النهر أو النتوءات التي تعترض المجاري فالذهب وزنه ثقيل · والذهب الذي يتواجد في هذه التجمعات هو ما يعرف برواسب تجمعات الذهب وهو في هذه الحالة يوجد في هيئة حبيبات مستديرة أغلبها في حجم حبة البن أو في أشكال مفلطحة أو كقشور رقيقة وقليلا ما يوجد في كتل أكبر حجما · ويستخلص الذهب من هذه الرواسب مما يعرف بعملية الغسيل بالماء (الدرفلة Panning) حيث يغسل التراب الحاوي للذهب في قدح مع تحريكه بطريقة حلزونية مرات متكررة لأجل أن يترسب الذهب في قاع القدح ويدلق ما يطفو من الأتربة والمعادن الخفيفة ·

هذا النوع من تجمعات الرواسب الذهبية يوجد في الكثير من مناطق السودان أشهرها منطقة بني شنقول حوالي الكرمك وقيسان وشمالا إلي منطقة الروصيرص (بلقوة). وكذلك يوجد في مناطق عديدة في الولايات الجنوبية (كبويتا) وجبال النوبة وشواهد تواجده أيضا في مناطق متفرقة في أواسط السودان (أمدرمان) وشمال الرباطاب لقد عرف السودانيون ذهب الرواسب هذا ومارسوا استخلاصه بمعرفة ودراية منذ قديم الزمان ·

الفـــضـــة

Silver 4 [Ag]

التركيب الكيميائي: كما سبق أن ذكرنا هناك احلال للفضة في الذهب العنصري والعكس صحيح. كما أن عناصر الزئبق Mercury (Hg) والانتموني يحلان في الفضة العنصرية.

النظام البلوري: تتبلور الفضة في النظام المكعب غير أنه يندر أن نجد بلورات كاملة الشكل إذ أن المعدن يوجد عادة في كتل غير منتظمة وفي صفائح أو قشور أو في هيئة أسلاك .

الصفات الفيزيائية: كما في الجدول فالفضة ذات وزن نوعي عالي 10.5 والصلادة تساوي 3-2.5 ولونها أبيض فضي وكذلك مخدشها وربما يتغير اللون إلي بني أو الأسود الرصاصي نتيجة للصدأ . والفضة قابلة للطرق والسحب وذات مكسر مسنن .

التواجد: توجد الفضة العنصرية في العروق المائية الحرارية وغالبا ما توجد مع الكبريتيدات ومعادن الفضة الأخرى أو في عروق تحويها مع الكوبالت (Co) والنيكل (Ni) أو مصاحبة لمعادن خام اليورانيوم (يورانيتايت (UO_2)) كما توجد الفضة بكميات قليلة في نطاق الأكسدة Oxidized Zone ومصاحبة مستودعات المعادن الأخرى.

معدن الفضة العنصرية

صورة رقم(1-1)

النـــحـــاس

Copper4 [Cu]

التركيب الكيميائي: يحتوي النحاس العنصري على قليل من الفضة والبزموس والزرنيخ والانتموني .

النظام البلوري: يتبلور في النظام المكعبي ولكنه يوجد في هيئات شجرية أو متفرعة أو في كتل غير منتظمة أو في هيئة صفائح أو قشور أو أسلاك .

الصفات الفيزيائية: الوزن النوعي للنحاس العنصري 8.9 وصلادته 2.5-3 وهو قابل للطرق والسحب ومكسره مسنن ولونه أصفر نحاسي على السطح الحديد ولكنه يميل إلي الأسود عندما يصدأ وينصهر النحاس عند درجة حرارة 1084 °C وهو كما معروف موصل جيد للكهرباء والحرارة .

التواجد: يتواجد النحاس العنصري في الصخور الخارجة وخصوصا الحمم البركانية كما يوجد عندما تتفاعل المحاليل الحاملة للنحاس والمنبعثة من الصهير مع المعادن الحديدية ويتواجد مصاحبا لمستودعات المعادن النحاسية .

الاستعمال: لما يتميز به النحاس من صفات فيزيائية مذكورة آنفا وخصوصا قابليته للطرق والسحب وبالتالي امكانية تشكيله مع مقاومته للتآكل فلقد كان من أول المعادن الفلزية التي استعملها الإنسان وسمي العصر البرونزي على خليط اساسه النحاس . ويستعمل النحاس بكميات كبيرة في الصناعات المتنوعةأهمها في صناعة الأسلاك والصفائح النحاسية وفي الأجهزة الكهربائية والذخائر الحربية. غير أن أغلب النحاس المنتج ليس أصله النحاس العنصري .

معدن النحاس العنصرى الشجرى

صورة رقم (1-1)

البلاتين
Platinum 4 [Pt]

التركيب الكيميائي: يوجد البلاتين في معظم الحالات في الهيئة العنصرية ونادرا ما يكون معدنا مع عنصر آخر · ولكنه غالبا ما يحتوي على الحديد وربما تصل نسبته إلي 20% والبلاديوم (Pd) والاريزديوم (Ir) والروديوم (Ru) والاوزميوم (Os) والنحاس وفي بعض الأحيان الذهب ·

النظام البلوري: يتبلور البلاتين في النظام المكعبي (سداسي الثماني أوجه) ولكن البلورات المكعبة نادرة الوجود وغالبا ما يوجد في هيئة قشور أو حبيبات أو كتل غير منتظمة ·

الصفات الفيزيائية: البلاتين ذو وزن نوعي عالي يبلغ 21.4 وعندما يكون نقيا وصلادته حوالي 4-4.5 ولونه الأصلي فضي أو رصاصي وهو ذو بريق فلزي ناصع ولكن يصير معتما بعض الشئ عندما يحتوي على شوائب وهو قابل للطرق والسحب وربما يكون مغناطيسيا عندما يحوي قدرا عاليا من الحديد· والبلاتين لا يذوب إلا في الماء الملكي وهو غير قابل للانصهار إلا في درجات حرارة عالية جدا جدا ولذلك يستعمل في أواني في الأفران الحرارية platinium curricible·

التواجد: يوجد البلاتين أساساً في الصخور فوق القاعدية خصوصا صخور الدونايت (Dunite) المكونة من الأوليفين والسيربنتين ومع الكرومايت والماجنيتايت وخير مثال لهذه الصخور بالسودان جبال الإنقسنا · ولكن تواجد البلاتين كحبيبات اقتصادية غالبا ما يكون في الرسوبيات الثانوية الناتجة من هذه الصخور فوق القاعدية بعد تحللها وتفتيتها وتراكمها غير بعيد من الأصل والمنشأ ذلك أن البلاتين ذو وزن نوعي كبير كما ذكرنا على هذا فإن جبال الانقسنا وما حولها من أكثر المناطق المرشحة لاحتمالات تواجد البلاتين في السودان خصوصاً وهو معروف في منطقة مشابهة (يوبدو) في جنوب غرب إثيوبيا وأنتجت كميات منه من هناك·

الاستعمال: يستعمل البلاتين في العديد من الأجهزة الكيميائية والكهربائية والفيزيائية الدقيقة وفي صناعة المجوهرات والأسنان وأدوات الجراحة والطب والساعات غير المغناطيسية .

الحـــديـــد
Iron (Fe)

الحديد لا يتواجد في الأرض كمعدن عنصري وبهذه الصفة فهو جد نادر ولكن الحديد العنصري يكون نسبة عالية من الشهب والنيازك التي تسقط على الأرض من الأجرام الأخرى ومن الفضاء وغالبا ما يكون بصحبة النيكل (Ni) .

(ب) المعـــادن شبه الفـــلزية

مجمـــوعة الزرنيـــخ
ARSENIC GROUP

وهي معادن عنصرية شبه فلزية تشمل بجانب الزرنيخ (As) كل من عنصري الانتموني Antimony (Sb) والبزموس Bithmuth (Bi) وهذه المجموعة تتبلور في النظام الثلاثي في الشكل المعيني الأوجه ولذلك نجد أن هنالك تشابه كبير في صفاتها الفيزيائية اللهم إلا الوزن النوعي والذي يتحدد في الأساس على الوزن الذري للعنصر كل على حده:

	الزرنيخ (As)	الانتمونى(Sb)	البزموس (Bi)
النسبة المحورية a:c	2.8053	2.6174	2.6089
محتوى الوحدة:	6	6	6
الانفصام	ممتاز (0001)	ممتاز (0001)	ممتاز (0001)
الوزن النوعي	5.7	6.7	9.7
القساوة	3.5	3.5-3	2.5-2
اللون	أبيض خارسيني إلى رمادي	أبيض خارسيني إلى محمر	أبيض فضي
البريق	فلزي تقريباً	فلزي	فلزي

التواجد:

المعادن العنصرية لهذه المجموعة غالبا ما تتواجد في الترسبات الحرارية المائية Hydrothermal Deposits مصاحبة للمعادن الأخرى كمعادن الفضة والنحاس والنيكل والخراصين. ويتواجد الزرنيخ برفقة معادن مثل البرايت والسينيبار والجالينا . ويصاحب الأنتموني معادن البيرايت والسينيبار والجالينا والكوارتز. يتواجد البزموث مع معادن الكوبولت والخارصين والنيكل ويتواجد في عروق البجمانايت وتنتج هذه المعادن كمحصول إضافي لعمليات تعدين مستودعات المعادن الفلزية المختلفة وخصوصاً الحاملة للرصاص والنحاس والفضة كما ينتج وتستخلص عند معالجة وتفتيت تلك المعادن .

(ج) المعادن اللافلزية

أهم المعادن في هذه المجموعة هي معادن الكبريت ومعادن الكربون (الألماس والجرافيت) وهي معادن ذات قيمة عالية في التجارة والصناعة.

الكـــبريت
Sulphur 128 [S]

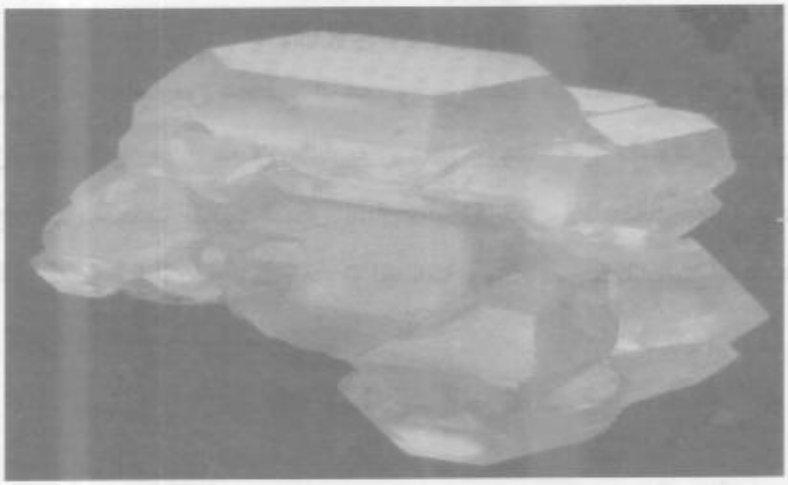
التبلور: أغلب معدن الكبريت العنصري يتبلور في النظام المعيني القائم وبلورات الكبريت هي خير مثال لذلك النظام ذي الهرم المنعكس وتوجد عادة في هيئة كتلية أو مجموعات كلوية أو في شكل ترابي. بجانب هذا النوع الغالب من معدن الكبريت SULPHUR α هناك تواجد طبيعي للكبريت في SULPHUR γ و SULPHUR β يتبلوران في النظام ذي الميل الواحد .

الصفات الفيزيائية: لا إنفصام في بلورات الكبريت كما أنها ضعيفة القساوة 1.5-2.5 ووزنه النوعي 2.07 وله لون أصفر مميز يميل أحيانا إلي الأصفر البني في حين أن مخدشه أبيض . تلك صفات مميزة يتعرف بها عل الكبريت بجانب روائح أبخرته النفاذة كما البيض الفاسد والكبريت ينصهر في درجة حرارة $^{\circ}$ 113 ويحترق عند

درجة حرارة 270° مظهرا لهبا أزرق ينبعث منه أبخرة ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) والكبريت لا يذوب في الماء ولا يتحلل بواسطة الأحماض.

التواجد: يتواجد الكبريت العنصري في أماكن البراكين الحديثة حيث يترسب المعدن مع الغازات المتسامية الصاعدة من أفواه البراكين ويوجد الكبريت أيضا في الصخور الرسوبية حديثة التكوين (المنتمية إلى العصر الثلاثي) وفي الصخور الجيرية وطبقات الجبس.

الاستعمال: يستخرج الكبريت بطريقة مباشرة من الرواسب الحاوية له حيث يدفع بماء فوق الساخن بواسطة الهواء المضغوط إلي طبقات الكبريت فينصهر ويجمع في أحواض على السطح ليبرد ويتجمد ويستعمل الكبريت في إنتاج حامض الكبريتيك وفي صناعة مسحوقات البارود والأسمدة الكيميائية والأغراض الطبية والعوازل الكهربائية وفي صناعات أخري عديدة مثل تبييض الأقمشة وصناعة الورق .



صورة (1-3) توضح بلورة الكبريت المعينى القائم

الجرافايت

صورة رقم (1-4)

مجموعة الكربون
CARBON GROUP

تتكون المجموعة أساسا من معدني الماس والجرافيت . وهما من بدائع خلق الله ذلك أن الاثنين يتكونان من معدن الكربون أي أنهما من المعادن متعددة الشكل Polymorphic وبالتحديد ثنائي الشكل Dimorphic غير أن هنالك تباين جد كبير في صفاتهما الفيزيائية والبلورية وطريقة تواجدهما ومنشأهما كما يتبين من هذا الجدول الذي يخدم كعرض لتلك الصفات .

صفات الماس والجرافيت

	الماس	الجرافيت
النظام البلوري	المكعب	السداسي
محتوى الوحدة (Z)	8	4
هيئة التواجد البلوري	بلورات مفلطحة أو طويلة ذات أوجه (100) (110)و(111)	قشور أو حبيبات يندر وجود بلورات كاملة
الانفصام	جيد (111)	ممتاز وسهل(0001)
القساوة	10	2-1
المكسر	محاري	لا وجود له
التماسك	إن تم ينكسر إلي مسحوق	قابل للانثناء ولكنه غير مرن
الوزن النوعي	3.5	2.09 -2.23
اللون	لا لون له ومتغير بروعة	أسود
المخدش	أبيض	أسود
البريق	ماسي وله خاصية التضوء ويعرض ألوان زاهية ولذلك فهو حجر كريم	فلزي إلي باهت
الشفافية	شفاف	معتم

الماس
Diamond 8 [C]

يوجد الماس في الأصل في الصخور فوق القاعدية وهي الصخور الغنية بمعدن الأوليفين ومشتقاته. ويتبلور الماس في صخور متداخلة في شكل القليون Pype وشبيهة بثمرة الجزر الهاتلة تسمى كمبرلايت Kimberlite نسبة إلي بلدة Kimberly في جنوب إفريقيا، وهذه الصخور فوق القاعدية تتكون أساسا من الأوليفين والبليجيوكليز جاءت مخترقة من أعماق سحيقة وتحت ضغط عالي مما تسبب معه انهيار يتبين من تساقط بعض جوانب السطح من فوهة التجويف التي نتجت من التداخل . فهناك دلائل أن الضغط العالي هو عامل مهم في منشأ الماس . خصوصا إذا فك عنه فجائياً.

بالطبع تتعرض هذه الصخور فوق القاعدية لعوامل الطبيعة من تآكل وتعرية وتفتت وترحيل ولذلك يتواجد الماس في رسوبيات الخيران والأنهار والوديان المنحدرة من جبال تلك الصخور وفي حصى ورمال على جوانب الجبال وعلى الشطآن ليس بعيدا من مصدره الأصلي ومن المعادن الدالة على وجود الماس معادن الجارنيت Garnet وخصوصا نوع البايروب Pyrope .

يستخلص الماس بطريقة امرار مسحوق الصخر أو الرسوبيات الحاملة له على مسطبة من البرنز سطحها مطلي بالشحم فيتعلق الماس على الشحم ولندرة الماس فإن تواجده مهما كان قليلا (الحد 0.035 كارات في الطن) يعتبر اقتصادياً.

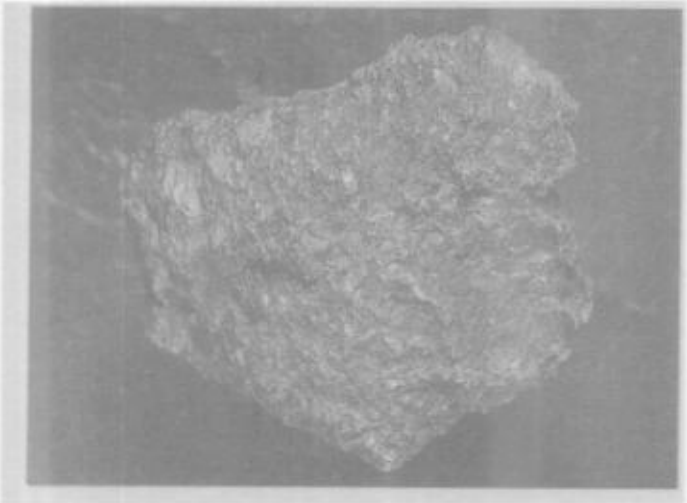
من أهم البلدان التي تنتج الماس تاريخيا الهند ولكن الآن فإن معظم الماس المنتج يأتي من القارة الإفريقية خصوصا من جنوب إفريقيا وانتاجها أغليه من ماس المجوهرات .وتنتج زائير الماس بكميات كبيرة غير أن أغليه من الماس الصناعي. ومن البلدان الأخرى التي تنتج الماس البرازيل وروسيا (جبال الاورال).

هناك دلائل تشير إلي إحتمال وجود الماس بالسودان في منطقة حفرة النحاس المجاورة لزائير وفي المناطق ذات الصخور فوق القاعدية كجبال الانقسنا.

الجرافيت
Graphite 4 [C]

يتواجد الجرافيت أساسا في الصخور الاستحالية وربما يكون أغلب الصخر ويسمى الجرافيت شيست graphite schist وهذه الصخور تحولت نتيجة التحول الإقليمي أو التحول الحراري. وفي كلا الحالتين فإن درجة الاستحالة منخفضة غالبا ما يكون أصل الجرافيت قبل التحول من تبلور المواد العضوية في الرسوبيات ثم بعد ذلك تتجمع في الصخور الاستحالية. وقليلا ما يوجد الجرافيت من منشأ أولي في العروق المائية الحرارية التي تغزو الشقوق والتصدعات Shear Zones وكثيرا ما زاد تجمع الجرافيت من تداخل صخور نارية على صخور استحالية تحوي الجرافيت بنسبة ضئيلة.

وفي كثير من مناطق السودان التي تغطيها الصخور الأساسية Basement complex نجد الجرافيت شيست ولكن وجود الجرافيت في مستودعات اقتصادية لازال ينتظر البحث والتنقيب. يستخدم الجرافيت في صناعة البوتقات الحرارية التي يصهر فيها الحديد الصلب والنحاس والبرونز وغيرها من المواد الفولاذية ويستخدم كذلك في طلاء الأفران لحفظ الحرارة. وكما هو معروف يستخدم الجرافيت في صناعة أقلام الرصاص (رغم التسمية) وفي صناعة البوهيات والأقطاب الكهربائية وغير ذلك من الصناعات الخفيفة.



معدن البلاتين

صورة رقم (1-4)

بلورات الماس بألوان وأشكال مختلفة

صورة رقم (1-5)

الباب الثاني

المعادن السيليكاتية

الأشكال البنائية للسيليكات وتصنيفها
Silicate Structures and Classification

في السيليكات نجد أن الوحدة البنائية الأولية هي شكل هندسي ذو أربعة أوجه مكون من أيون السيليكون محاط في أربعة أركان تمثل مواقع أيون الأكسجين. على ذلك يكون أيون السيليكون في مركز الشكل ذى الأربعة أوجه Tetrahedron.

ويبدو أن الارتباط Bond بين السيليكون والأكسجين قوي جداً وأن الشكل ذا الأربعة أوجه Tetrahedron هو الوحدة البنائية التي تشكل طوائف السيليكات المختلفة وهي أساس ارتباط هذه الوحدات البنائية الأساسية مع بعضها. وعلى هذا الاساس صنفت طائفة السيليكات Silicate Class إلى طويفات Sub classes ذلك أننا نجد ذلك الشكل رباعي الأوجه إما أن يكون منفرداً في الطويفة الأولى أو بمشاركة واحد أو اثنين أو ثلاثة من أيونات الأكسجين في رباعي الأوجه مع رباعي أوجه آخر أو اثنين أو ثلاثة منهم. وعلى هذا الأساس صنفت السيليكات إلى ستة طوائف:

1/ طويفة السيليكات المنفردة Independent Tetrahedron:

أو طويفة Orthosilicate or Nesosilicate وفي هذه الحالة الأولي فإن البناء الأساسي هو وحدات من SiO_4 تشكل رباعي الأوجه منفردة Independent Tetrahedron

2/ طويفة ثنائي رباعي الأوجه Double Tetrahedron:

أو طويفة Sorosilicate وتتكون البنية في هذه الطويفة من وحدة من اثنين من رباعي الأوجه مرتبطتين عن طريق المشاركة في أيون الأكسجين أي في ركن واحد من ال Tetrahedron و بذلك يصبح التركيب من $2x\ SiO_4 - O = Si_2O_7$ واحد اوكسجين مشترك والمعدن الممثل لذلك الهيميمورفايت $Zn_4Si_2O_7(OH)_2.H_2O$.

3/ الطويفة الحلقية Ring Structure:

أو طويفة السايكوسيليكات Cycosilicate وتتكون الوحدة البنائية في هذه الحالة من ثلاثة من التتراهيدرات أو أربعة أو ستة مرتبطة مع بعضها عن طريق المشاركة

في اثنين من أيونات الأكسجين أي في ركنين وعلى هذا الأساس تتكون حلقات من التتراهيدرون ثلاثية أو رباعية أو سداسية ولها التركيب القاعدي

$3xSi\ O_4 = Si_3O_{12} - 3O = Si_3O_9$

$4XSiO_4 = Si_4\ O_{16} - 4O = Si_4O_{12}$

$6XSi_3O_4 = Si_6O_{24} - 6O = Si_6O_{18}$

في ثلاثة حلقات $[Si_3O_9]^{-6}$ وفي أربعة $[Si_4O_{12}]^{-8}$ وفي ستة $[Si_6O_{18}]^{-12}$ ونأخذ البيريل كممثل للطويفة الحلقية ذات الست· البيريل $Be_3\ Al_2\ Si_6O_{18}$

4/ الطويفة السلسلية Chain Structure:

أو طويفة Inosilicate ، وتتكون الوحدة الأساسية في هذه الطويفة من سلسلة مستمرة من رباعي الأوجه تتراهيدرون وفي اتجاه واحد مربوطة عن طريق ركنين فيها لتمتد في اتجاه واحد عادة يكون الاتجاه البلوري ج (C) ويوجد نوعين من هذه السلاسل:

(أ) سلسلة منفردة Single Chain

حيث تكون النسبة Si : O = 1:3 $SiO_4 - O = SiO_3$ ويمثل معدن البايروكسين هذا النوع من الطويفة··انستاتايت Mg Si O_3 Enstatite ·في هذه الحالة السلسلة تكون مربوطة بواحد من أيونات الأكسجين·

(ب) سلسلة مزدوجة Double Chain:

وهي كالمنفردة في ارتباطها الأول ولكن بجانب ذلك تترابط مع سلسلة من التتراهيدرون المقلوب أو المعكوس Alternate Tetrahedron في اثنين من السلاسل المتوازية وتكون النسبة Si : O = 4 : 11 ·ويمثل هذا النوع من الطويفة معدن Anthophylite $Mg_7(Si_4O_{11})_2(OH)_2$ أو الهورنبلند

$NaCa_2\ (Mg,Fe,Al)_5\ (Si,Al)_8\ O_{22}(OH)_2$

5/الطويفة الصفائحية Sheet Structure:

أو طويفة الفيللوسيليكات Phyllosilicate إشتق الإسم من الكلمة اليونانية Phillon بمعنى صفحة أو ورقة Leaf وتتكون وحدة البناء الأساسية فيها من صفائح

من رباعي الأوجه المرتبطة ببعضها البعض عن طريق ثلاثة أركان وبذلك تمتد بصفة مستمرة في اتجاهين أو بعدين أو على مسطح لتأخذ شكل الصفائح أو الوريقات المتراصة بعضها فوق بعض. أي أن الشكل هنا ثنائي الأبعاد وليس كما في السابق أحادي البعد. وهذه الصفائح من التتراهيدرون تتشارك كل منها في ثلاثة أيونات أكسجين وذلك يعطي النسبة Si:O=2:5 وبذلك يكون التركيب $2(SiO_4)$- $[Si_2O_5]^{-2}$ $3O = Si_2O_8 - 3O = Si_2O_5$ وبما أن هذه الصفائح (كما في الشكل) تأخذ في المستوى أشكال سداسية فإن المعادن التي لها هذه البنية Phyllosilicate لها طابع السداسي وتتميز بانفصام تام كما في المعادن:

i. مسكوفايت Muscovite $K\,Al_2\,(Si_3Al)\,O_{10}\,(OH)_2$.

ii. فلوجوبايت Phologopite $K\,Mg_3\,(Si_3Al)\,O_{10}\,(OH)_2$.

iii. تلك Talc $Mg_3\,Si_4\,O_{10}\,(OH)_2$

6/ الطويفة الهيكلية Framework Structure:

طويفة التكتوسيليكات Tectosilicate، وتتكون الوحدة البنائية فيها من هيكل من رباعي الأوجه المرتبطة ببعضها من أركانها الأربعة ولذلك يبدو شكلها كشبكة ممتدة في الأبعاد الثلاثة Three Dimensional Network وعلى هذا الأساس فإن التركيب البنائي لها متعدد $[SiO_2]_n$ والنسبة Si:O = 1:2. وعليه تصنف المعادن في هذه الطويفة إلى مجموعات على حسب الخواص البلورية والبنائية وكذلك الكيميائية.

واهم هذه المجموعات Four Groups:

1- مجموعة السيليكا Silica Group Quartz $Si\,O_2$

2- مجموعة الفلسبار Feldspar Group .Orthoclase $K(AlSi_3)\,O_8$

3- مجموعة الفلسباثويد Feldspathoid Group .Nepheline $Na(AlSi)\,O_4$

4- مجموعة الزيولايت

Zeolite Group-Chabasite $Ca(Al_2 Si_4) O_{12} . 6 H_2 O$

وفي النهاية يجب أن نلاحظ أننا تدرجنا من الأبسط إلى المعقد من المفرد فالثنائي فالثلاثي الأبعاد فالشبكة المعقدة. وهذا التدرج له أهمية في نشأة المعادن وتبلورها من صهير المهل Magmatic Evolution كما سنبين لاحقاً عند دراسة متسلسلة Bowen المتصلة وغير المتصلة. كذلك نلاحظ أن هنالك علاقة بين البنية الأساسية والوزن النوعي للمعدن إذا ما أخذنا معادن السيليكات من عنصر واحد مثل الماغنيزيوم (Mg) في معادن سيليكات الماغنيزيوم

البنية	المعدن	الوزن النوعي
Nesosilicate المنفردة	Forsterite Mg_2SiO_4	3.22
SingleChain سلسلة منفردة	Enstatite $Mg SiO_3$	3.18
Double Change سلسلة مزدوجة	Anthophyllite $Mg_7(Si_4 O_{11})_2(OH)_2$	2.96
Phyllosilicate صفائحية	Talc$Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$	2.82

كلما كان التركيب معقداً كان الوزن النوعي أقل.

الأشكال البنائية للسيليكات

مجموعة السيليكات	المعدن	التركيب الكيميائي	الوضع الفراغي لرباعيات الأوجه ونسبة الأكسجين : السليكا
سيليكات رباعي الأوجه المفردة Nesosilicates	الأوليفين Olivine	$(MgFe)_2SiO_4$	٤ : ١
سيليكات رباعي الأوجه المزدوجة Sorosilicates	الإبيدوت Epidote	$Ca_2(Al,Fe)_3Si_3O_{12}(OH)$	٧ : ٢
سيليكات رباعي الأوجه الحلقية Cyclosilicates	البريل Beryl	$Be_3Al_2Si_6O_{18}$	٢ : ١ ٨ : ٦
سيليكات رباعي الأوجه السلسلة Inosilicates أ ـ سلسلة منفردة Single	البيروكسين Pyroxene	$(MgFe)SiO_3$	٣ : ١
ب ـ سلسلة مزدوجة Double	الهورنبلند Hornblende	Complex $CaNaMgFe(AlSi)_8O_{22}$ silicate	١١ : ٤
سيليكات رباعي الأوجه الصفائحية Phyllosilicates	المسكوفايت Muscovite (ميكا Mica)	$KAl_2Si_3O_{10}(OH)_2$	٥ : ٢
	البيوتايت Biotite (ميكا Mica)	$K(MgFe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$	
سيليكات رباعي الأوجه الشبكية Tectosilicates	الأورثوكليز Orthoclase (فلسبارات Feldspar)	$KAlSi_3O_8$	
	البلاجيوكليز Plagioclase (فلسبارات Feldspar)	$(CaNa)AlSi_2O_8$	٢ : ١

شكل رقم (2-1)

تبلور الصهير ومتسلسلات بوين
Bowens Reaction Series

المعروف أن الصهير يتكون أساساً من سليكات فى درجة حرارة 1100°C – 600 ° C أو أكثر، وهو يحتوى على بعض المياه وعندما يبرد ويتصلد مع تبلور المعادن تكون الصخور النارية بانواعها حسب ظروف الحرارة والضغط وما يحتويه الصهير من عناصر بدءاً بالصخور فوق القاعدية (peridotite) فالقاعدية (Basalt) الى الصخور الوسطية (Diorite-Andesite) الى الحامضية (Granite) ثم أخيراً البجماتيت · هذا تبسيط غير مخل لمسار تبلور الصهير وتكوين الصخور النارية التى هى أصل بقية أنواع الصخور ·

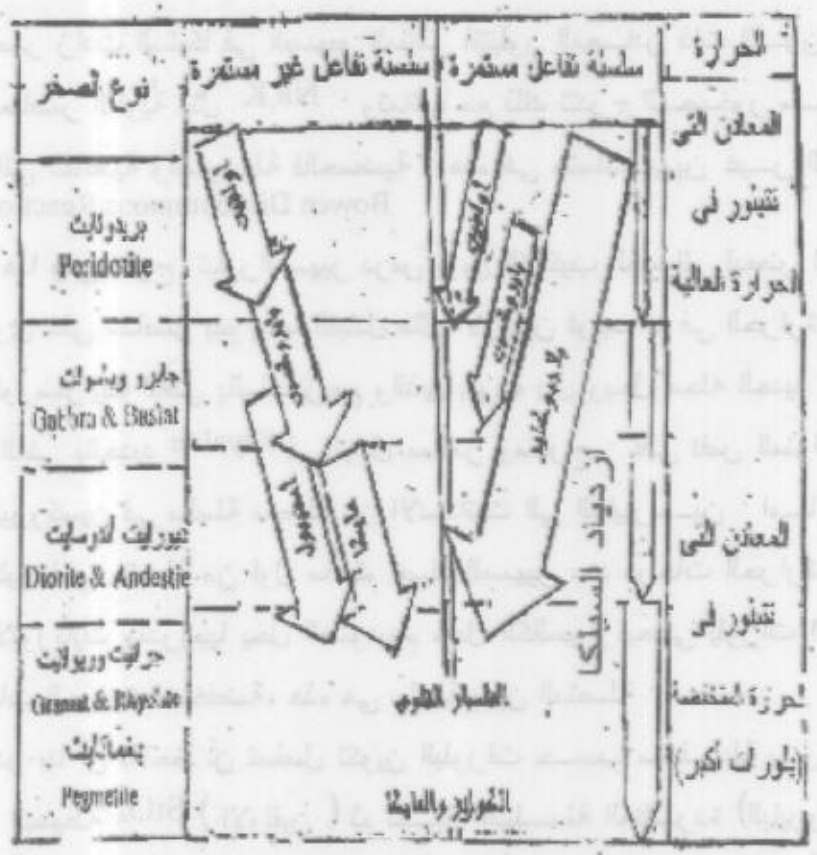
فى القرن السابق درس العالم بوين Bowen النظام الذى تتبعه تكوين بلورات المعادن من الصهير عندما يبرد تدريجياً · أخذ بوين مسحوق من الصخور المختلفة (Basalt مثلاً) ثم اذابها لمصهور (melt) فى وعاء كالقنابل · وعند درجات مختلفة من الحرارة يغمس الوعاء فى ماء بارد أو زيت ويأخذ بلورات المعادن التى تتكون عند تلك الحرارة · ويعيد التجربة مراراً عند درجات حرارة مختلفة ولمساحيق صخور عديدة · ضمن بوين تلك الدراسات فى كتاب أصبح فتحاً عظيماً فى دراسة تبلور الصهير وهو كتاب تجده فى مراجع الكتاب · خلاصة ما وصل اليه بوين هو أنه عند الحرارة العالية أول مايتبلور هو معدن الاوليفين ومعه بعض من البلاجيوكليز (Ca) واذا ما تراكم الاوليفين فى قاع الوعاء كون صخر peridotite ، وربما تفاعل مع بقية الصهير السائل ليكون بعدها معادن البيروكسين ثم بعد ذلك معادن الامفيبول فالمعادن الصفائحية ثنائية الابعاد كالمايكا· ثم بعد ذلك المعادن الغنية فى السيليكا ذات الابعاد الثلاثية والمنتمية الى الشكل الهيكلى كالكوارتز والفلسبار (أنظر الشكل)·

هذه هى متسلسلة بوين غير المتصلة وفيها يظهر أن المعادن الداكنة التى تحتوى على Mg, Fe والفقيرة فى السيليكا تتبلور أولاً عند درجات الحرارة العليا وكلما قلت

هذه العناصر زادت السليكا فى الصهير المتبقى فتتبلور المعادن ذات اللون الفاتح وتزداد العناصر القلوية مثل Na,K · وتماشياً مع ذلك تتدرج الصخور من فوق القاعدية الى القاعدية والمتوسطة فالحمضية · هذه هى متسلسة بوين غير المتصلة Bowen Discontinuous Reaction Series

بجانب هذا وفى تدرج تبلورالصهير درس بوين التركيب الكيميائى لبعض المعادن التى تحتوى على عناصر يتم بينها التبادل مثل الاوليفين فوجد أنه فى الحرارة العالية يتبلور الفورستراىت الغنى بالماجنيزيوم والذى بدوره يقل ويحل محله الحديد ليتبلور الاولفين الغنى بالحديد Fayalite فى تبادل مستمر ومتدرج · على نفس المنوال تتبلور معادن البيروكسين فى سلسلة متصلة من الانستاتيت الى الهايبرسين · اما سلسلة البلاجيوكليز فهى متصلة من اول ما يتم تصلد الصهير عند درجات الحرارة العالية ليعطى الانورثايت وتدريجياً يحل الصوديوم محل الكالسيوم ليعطى بلورات الالبايت عند درجات الحرارة المنخفضة، هذه هى سلسلة بوين المتصلة ·

هنا يجدر بنا أن نلاحظ أن تسلسل تكوين البلورات حسب متسلسلة بوين يبدأ بالاشكال البسيطة SiO_4 (الاولفين) ثم شكل السلسلة المنفردة (البايروكسين) فالمزدوجة (الامفيبول) ثم الشكل الصفائحى (المايكا) أوالبعد الثنائى ،وأخيراً الشكل الاكثر تعقيداً (الهيكلى) عندما تستقر درجة حرارة الصهير فى الحرارة الاعتيادية فتبلور معادن الكوارتز والفلسبار القلوى و ملاحظة اخري هو انه في المراحل الاخيرة من تصلد الصهير حين تنخفض الحرارة تزداد كمية المياه والابخرة الاخري ينتج من ذلك ازدياد حجم البلورات فنجد في البقماتيت الكوارتز والفلسبار القلوي في بلورات باحجام كبيرة والمايكا في صفائح كالكتب وكذلك معادن البقماتيت الأخرى كالتورمالين والتوباز·



متسلسلات بوين المستمرة وغير المستمرة والمعادن التي تتبلور على مراحل إنخفاض درجة حرارة التصوير وكيف أنها تتفاعل مع ما تبقى من صهير لتتبلور في معادن أخرى أو يتم إحلال عناصر محل أخرى في نفس مجموعة المعادن يوضح الشكل كذلك الصخور النارية التي تتكون.

شكل رقم (2-2)

(1)المعادن السيليكاتية المنفردة

أوليفين
Olivine 4[$(MgFe)_2SiO_4$]

الاسم: مشتق من اللون الأخضر الزيتوني Olive green المميز للمعدن ويطلق عليه بالعربية الزبرجد الزيتوني.

التركيب الكيميائي: الأوليفين يتكون من سليكات المغنيسيوم والحديد $(Mg,Fe)_2SiO_4$ وتوجد متسلسلة كاملة من التشابه الشكلي continuous complete series بين الاوليفين الذي به المغنيسيوم غالب وهو الفورستريت Forsterite Mg_2SiO_4 وبين الفيالايت Fayalite وبه الحديد غالب Fe_2SiO_4 وكما تعني المتسلسلة هنالك تدرج من الفورستريت إلى الفيالايت.

النظام البلوري: يتبلور الأوليفين في النظام المعيني القائم (نظام الهرم المنعكس) وتتكون البلورات عادة من منشورات أو مسطوحات وربما هرم منعكس ويوجد المعدن في شكل كتل حبيبية أو حبيبات منتشرة وسط معادن أخري. والبنية السليكاتية للأوليفين هي المنفردة أو نيزوسليكات.

اللون: يختلف اللون بنسبة Fe/Mg ولكنه عادة ما يكون أخضر زيتوني إلى أخضر رمادي أو أصفر وذو لمعان ، **البريق:** زجاجي وهو شفاف أو نصف شفاف. **القساوة أو الصلادة:** 6.5-7. **المكسر:** محاري. **الوزن النوعي:** 3.27-4.4 وترتفع بنسبة كمية الحديد فيه. **الانفصام:** سطوح الانفصام وسطية ولكن يتميز بانفصال Parting.

التواجد: الأوليفين من المعادن الشائعة خصوصاً في الصخور داكنة اللون أو الصخور القاعدية Basic rocks مثل البريدوتايت والجابرو والباسولت وهنالك صخور فوق القاعدية تسمى الدونايت Dunite تتكون في الغالب من الأوليفين.

التحول: الأوليفين من المعادن التي تتحول بسهولة بفعل عوامل التجوية H_2O ويتحول إلى معادن السربنتين Serpentine أو الماجنيزايت Magnesite أو التالك Talc أو أكاسيد الحديد.

$$2Mg_2SiO_4 + 2H_2O + CO_2 \longrightarrow H_4Mg_3Si_2O_9 + MgCO_3$$

فورستريت — سربنتين — ماجنيسايت

$$2H_4Mg_3Si_2O_9 + 3CO_2 \longrightarrow H_2Mg_3Si_4O_{12} + 3MgCO_3 + 3H_2O$$

سربنتين — تالك — ماجنيسايت

أمثلة هذه التحولات موجودة ومنتشرة في الصخور فوق القاعدية كجبال الانقسنا وقلع النحل وصول حامد بالسودان.

الأوليفين تحت المجهر:

يظهر الأوليفين في الشرائح تحت المجهر في أشكال مستديرة وربما متطاولة وبها الكثير من شقوق الانفصال ولا يظهر عليها الانفصام بشكل واضح. وتبلغ قرائن انكسار الضوء Refractive Indices حوالي 1.66 في الفورستريت ويزداد إلى 1.80في الأوليفين الحديدي. وهو في الضوء العادي لا لون له أو أخضر خفيف ، ولكنه تحت الضوء المستقطب Polarized Light يكتسب ألوان زاهية عند ألوان التداخل Interference colours وهي تقريباً في المرتبة الثانية. ويكون الانطفاء Extinction موازي لطول البلورة في أغلب الأحيان أو متوازي بالنسبة لأوجه الهرم.

مجموعة سيليكات الالمونيوم
ALUMINUM SILICATE GROUP

تحتوي هذه المجموعة على ثلاثة معادن رئيسية لها نفس التركيب الكيميائي Al_2SiO_5 وهي (1) سيليمينايت Selliminite (2) أندولوسايت Andalusite (3) والكاينايت Kayanite ويسمى لذلك ديستين Disthene وهذه المعادن الثلاث يقال عليها متعددة الصور أو الأشكال مع التركيب الكيميائي الواحد. ولكنها تختلف في البنية الذرية Polymorphous لكل واحد من المعادن الثلاث شكل أو صورة Polymorph للتركيب الكيميائي الواحد $Al_2 SiO_5$.

واختلاف الصور وهو إنعكاس للبنية الذرية التى ينتج من الظروف الطبيعية التي تكون تحتها صور المعدن وهي كلها توجد غالبا في الصخور المتحولة ذات الرتبة الوسطى أو العالية للصخور الغنية بمعدن الالمونيوم ، ويعتمد تكوين إي منها على درجة الحرارة أو الضغط الذي تكونت فيه.

وتنتمي مجموعة سيليكات الالمونيوم إلي زمرة السلسلة المنفردة إذ أنها تتكون SiO_4 مع الألمونيوم Al_2O_3.

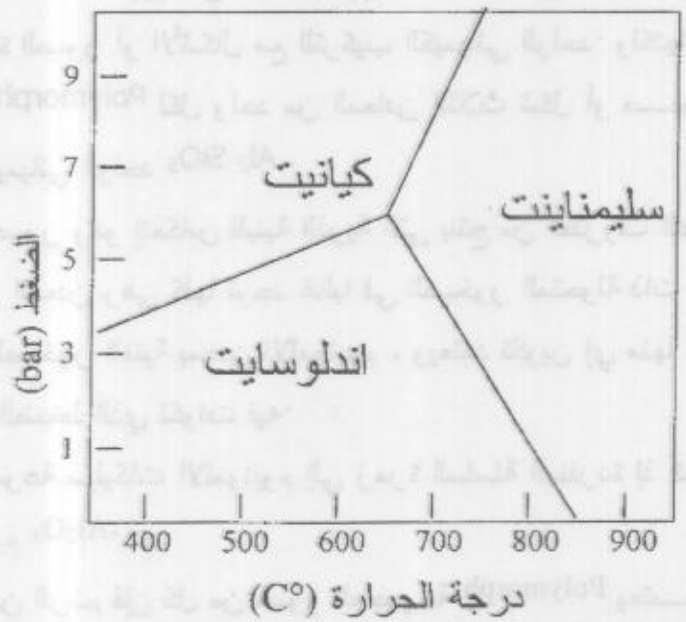
كما يظهر من الرسم فإن كل من صور المجموعة Polymorph يعتمد على درجة الحرارة وقوة الضغط.

(1) معدن الأندولوسايت Andalusite يتكون تحت الحرارة العالية ومع ضغط منخفض ولذلك يتواجد بالقرب من الصخور النارية.

(2) معدن السيليمانايت Sillimanite ويتكون في درجة حرارة عالية وقليلا من الضغط أو ضغط متوسط فهو يتواجد داخل منطقة التحول الحراري وفي التحول الإقليمي.

(3) معدن الكاينايتKyanite وهو الذي يتكون في حالة الضغط العالي ولذلك يتواجد في الصخور المتحولة إقليمياً ولا يوجد في منطقة التحول الحراري بالإلتصاق ولذلك

ربما يكون أحد هذه الأشكال غير مستقر في ظروف حرارية وضغطية ويتحول مع التغير في الحرارة والضغط إلي شكل أو صورة أخرى · ففي بعض الأحيان نجد أن الاندولوسايت يتحول إلي كيانايت تحت عامل التحول الاقليمي وبالعكس فإن الكاينايت يتحول إلي اندولوسايت تحت تأثير الحرارة عند التحول الحراري·



معادن سيليكات الالمنيوم تحت ظروف الضغط والحرارة المختلفة

الشكل رقم 3-2

سيليمانايت

Silliminite 4[$Al_2Si\ O_5$]

التركيب الكيميائي : $Al_2\ SiO_5$ ومع بعض الحديد الهيماتايت Fe_2O_3

النظام البلوري : المعيني القائم ويوجد في أشكال بلورات إبرية ، أو بلورات موشورية رفيعة طويلة أو ذات النسيج اللبادي ·

اللون : عديم اللون أو رمادي أو أصفر فاتح **اللمعان**: زجاجي **المخدش**: رمادي أوبني فاتح **القساوة** : 7 **الوزن النوعي**: 3.23– 3.25 · **الانفصام** :تام وتكون سطوح الانفصام على الوجه (010) ·

التواجد : ينشأ في الحرارة العالية ولذلك يتواجد في الصخور

(1) الإستحالية العميقة

(2) مناطق تماس الصخور مع الصخور الرسوبية الغنية بالألمونيوم·

الاستعمال :يستعمل في الصناعات الزجاجية والخزفية مع الاندولوسايت والكاينايت خصوصا تلك التي تتحمل درجات حرارة عالية من الحرارة وفى العزل من الحرارة مثل البلقات Plugs في العربات·

الصفات الضوئية :

اللون : عديم اللون· **النتوء** : متوسط إلي عالي · **قرنية الانكسار المزدوج**: متوسطة· **ألوان التداخل** Interference Colours: إلي بداية المرئية الثابتة·**الانطفاء** : مواز ·**علامة الاستطالة**: بطئ الطول موجب ·

الصفات المميزة : النتوء العالي ، قرينة الانكسار المزدوج المتوسطة الاستطالة الموجبة والشكل في بلورات موشورية اليافية طويلة ·

كاينايت

Kyanite 4[Al_2SiO_5]

التركيب الكيميائي: $Al_2O_3.SiO_2$ أو Al_2SiO_5 بالنسب الاتية Al_2O_3=36.1، SiO_2=63.9% ويحتوي على شوائب من عناصر Fe_2O_3 ، Cr_2O_3 وربما TiO_3 ،Cr O، Mg O ،Fe O .

النظام البلوري :ثلاثي الميل وعادة ما يكون في الشكل السطوح (مسطوح) وشكل بلورات نصلية Bladed أو عمودية Column طويلة وربما منحنية Bent **اللون**: عديم اللون ولكن غالبا أزرق وربما رمادي أو بيضاء أو خضراء· **البريق**: زجاجي أو

لؤلؤي ·**الانفصام** : جيد جدا (100) وجيد في اتجاه (010)·**القساوة** : تختلف حسب الاتجاه ولكن 6–7·**الوزن النوعي**:3.56–3.68.

التواجد : (1) استحالي اقليمي عميق ولذلك يوجد في الشبست والنابس والجرانيولايت Granulite مع الكورتز والموسكوفايت · ويعد من المعادن الجهدية التي تتكون تحت جهد عالي· في بعض الأحيان يوجد في مناطق الإستحالة التماسية·

الصفات الضوئية : شكل نصلي **اللون** عديم اللون تحت المجهروكما سبق· له الانفصام جيد جدا وجيد في اتجاهين ولذلك تشققات في الوجه (001) على زاوية 85°. **قرنية الانكسار** المزدوج متوسطة **وألوان التداخل**:إلي حد الأحمر من الرتبة الأولى ·**الانطفاء** : مائل في المقطع (001) بزاوية انطفاء 30° مع طول البلورة ومواز في المقاطع الأخرى وهذه من الصفات المميزة ·**علامة الاستطالة** : بطئ الطول موجب· **الصفات المميزة** : الانطفاء المائل والشكل النصلي ·

اندولوسايت
Andalusite 4[Al_2SiO_5]

الاسم : اشتق من بلاد الاندلس وهي ما تسمى الآن اسبانيا ·

التركيب الكيميائي: $Al_2O(SiO_4)$ وهو طريقة أخرى لكتابة التركيب الكيميائي هيماتايت·

النظام البلوري: المعيني المستقيم Orthorhombic وبلوراته منشورية وذات مقاطع شبه مربعة ويلاحظ على هذه المقاطع صليب من مواد شائبة محمية يكتنفها الفلز أثناء تشكله شوائب كربونية سوداء اللون مرتبة على هيئة صليب شيستولايت كما في الصورة رقم (2–1). **اللون**: رمادي أصفر أو بني أحمر أو أصفر قاتم المخدش مختلف·**البريق**: زجاجي·**الانفصام**: موشوري جيد (110) على اتجاهين بزاوية 90° تقريبا·**القساوة**: 7.5. **الوزن النوعي**: 3.1 – 3.2.

التواجد: (1) منشأ استحالي عامة وخصوصا في الصخور المتحولة بواسطة التحـــول الاقليمي وكذلك بدخول الصخور الاندفاعية كالجرانيت في التحول الالتماس.
(2) يتكون الاندولوسايت في التحول الحراري للصخور الطينية والاردوازية وربمـــا يوجد فى بعض البقماتايت والعروق ذات الحرارة العالية إذا كثر فيها الالمونيوم. يعـــد الاندولوسايت من المعادن اللاجهدية أي المعادن التي تكون غير مستقرة عند وجـــود جهد وتحتاج إلي ضغط خفيف لتكونها ويتحول إلي كاينايت مع الضغط أو الجهد.
الصفات الضوئية: تحت المجهر عديم اللون عادة وربما يكون ملون مع تغير لـــوني أحيانا (أحمر ،أو أخضر فاتح). **النتوء** :متوسط.**الانفـــصام** موشوري (110) جيد على اتجاهين على زاوية قائمة تقريبا.**قرينة الانكسار**: واطئة.**ألوان التداخل**: رصاصي إلي أبيض من المرتبة الأولى.**الانطفاء** : مواز. **علاقة الاستطالة** : سريع الطول سالب .
الصفات المميزة: الاستطالة السالبة وقرينة الانكسار المزدوج الواطئـــة تميـــزه عـــن السيليمانايت.

معدن استرولايت

صورة رقم (2-1)

شترولايت

Staurolite $4[Fe_2Al_9O_6(SiO_4)(O,OH)_2]$

التركيب الكيميائى: هنالك شبه بين تركيب الأسترولايت والكيانايت حيث يمكن التعبير عنه بإختصار ب $2(Al_2SiO_5)Fe(OH)_2$ مما يبين تلك الصلة ويظهر أن التركيب هو طبقات من الكاينايت مع طبقات من هيدروكسيد الحديد. فوق ذلك فإن بعضاً من المانجنيزيوم أو المانجنيز يحل محل الحديدوز وقليلاً من الألمونيوم محل الحديدك.

النظام البلورى: نظام الميل الواحد (شبيه المعينى القائم) والبلورات منشورية وفى الغالب تكون توأمية وبعضها فى شكل صليب وغالباً ما تكون فى إتجاه c وله إنفصال وأضح. **اللون:** بنى وغالباًمحمر وأخرى مسود. **المخدش:** رمادى. **الصلادة:** 7. **الوزن النوعى:**3.7-3.8.

الصفات المميزة: يتميز الأسترولايت ببلوراته الواضحة خصوصاً التوامية الصليبية.

التواجد: يتواجد فى الصخور الإستحالية التى نتجت من الإستحالة الإقليمية المتوسطة عندما تصيب الرسوبيات الطينية الحاملة لكل من الألمونيوم والحديد فنجده فى النايس والشيست ويصحبة معادن الجارنيت والكيانايت فى الاستحالة الوسطى.

الإستعمال: يستعمله النصارى حجراً للزينة يتفاعلون بشكل توأميته والإسم نفسه مشتق من كلمة إغريقية تعنى الصليب.

معدن الكاينايت

صورة رقم (2-2)

توبـــاز

Topaz 4[$Al_2SiO_4(OH,F)_2$]

التركيب الكيميائى: كما يظهر فإن تركيبه الكيميائى مشابه الآندولوسايت غيـــر أن ذرة من الهايدروكسيل والفلورين مجتمعتين تحل محل ذرة الأكسجين وهو يحتـــوى علـــى حوالى 56.6% أوكسيد السيليكا 33%و اكسيد الالمنيوم وفى حـــين الهيدروكـــسين والفلورين يكونان 10%.

النظام البلورى: يتبلور التوباز فى نظام المعينى القائم وتكون البلورات عادة فى شكل منشورى ذى أطراف هرمية وسطوح قاعدية وكثيراً ما تكون البلورات مخططة طولياً وكذلك يوجد المعدن فى هئية كتلية أو حبيبات خشنة. **الإنفصال:** جيد على الوجه (001) **الوزن النوعى:** 3.6 – 3.5. يزداد بزيادة الفلورين

اللون: فى الغالب لا لون له ولكنه ربما يأخذ لون بنى عسلى أو أزرق باهت وفى هذه الحالة يعد من الأحجار الكريمة وهو شفاف إلى نصف شفاف وذو بريق زجاجى. **الصلادة:** 8.

التواجد: يتواجد التوباز فى الصخور الجرنايتية وخصوصاً فى البجماتايت وفى عروق المرو ذات الحرارة العالية وهو يتكون فى أواخر مراحل تصلد الصهير الجرانيتى عندما تزداد كميات الأبخرة ومنها الفلورين. ويوجد كذلك فى فجوات صخور الجرانيت والريولايت و من المعادن المصاحبة له الكاسيترايت والفلورايت والأباتايت والتورمالين.

الإستعمال: كما ذكر النوع المتبلور حجر كريم.

صورة التوباز

صورة رقم (2-3)

مجموعة معادن الجارنيت
GARNET GROUP

المجموعة تشمل عدد من المعادن أشهرها ستة:

التسمية : من الكلمة اللاتينية granate أى حبيبة grane إشارة إلى الشكل الحبيبى.

التركيب الكيميائى: وهى سليكات ينطبق عليها التركيب $A_3B_2(SiO_4)$ حيث يمثل A أيونات ثنائية التكافئ مثل الماغنسيوم والحديد والمانجنيز $Mg^{+2}\ Mn^{+2}\ Fe^{+2}$ و B تمثل أيونات ثلاثية التكافئ مثل الألمونيوم والحديدك والتياتنيوم والكروم Al^{+3} $Fe^{+3}Ti^{+3}Cr^{+3}$.

النظام البلوري: تتبلور فصيلة الجارنيت كلها فى فصيلة المكعب – نظام سداسى ثمانى الأوجه Hexaoctahedral ونشكل بلورات جميلة ذات أشكال.

- ألاثنى عشر وجهاً Trapizohedron
- ألاربعة وعشرين وجهاً Rhombododectahedron
- ويمكن أن يجتمعان فى بلورة وأحدة (36)

الصلادة: 6.5-7.5. **الوزن النوعى**: 3.5-4.3 حسب التركيب الكيميائى.

اللون: متغير حسب التركيب الكيميائى ولكن تكثر الألوان الحمراء والبنية والأصفر والأخضر والأبيض والأسود. **المخدش**: أبيض. **البريق**: زجاجى أو راتنجى.

الشفافية: شفاف أو نصف شفاف و لا تذوب معادن الجارنيت فى الأحماض.

تحت المجهر: **الصفات البصرية**: جد مميزة لمعادن الجارنيت يظهر الجارنيت فى حبيبات مستديرة وربما أوجه محددة وفيها شقوق وهى جوانب الأنفصال.

النتوء: قرينة الإنكسار Refractive index للجيت عالية 1.74-1.94 لذلك تظهر البلورات أو الحبيبات عالية. وعند إدخال X-nicols ينطفئ الجارنيت حيث أنه Isotropic.

التواجد: يوجد عادة فى الصخور المتحولة ولكن بعضها(Spessartite)

فى الصخور النارية وكذلك فى عروق البجمتايت وبعض أنوع الجرانيت وبعض الصخور القاعدية Pyropeوتوجد معادن الجارنيت أيضاً فى رمال الشاطى والرمال السوداء (البحر الأحمر رشيد ودمياط) وسوف نقوم بتوسعة لهذا الباب لاحقاً.

الإستعمالات: تستعمل العينات الصافية وخصوصاً ذات الألوان الأخضر والأحمر الشفاف كمعادن كريمة – ويستعمل الجارنيت فى صناعة أحجار التبليط وورق الصنفرة وأحجار الطحن – ذلك لصلادته وقساوته العالية.

جدول لأهم انواع الجارنيت

الإسم	Name	التركيب الكيميائى	الوزنالنوعى	اللون
باريروب	Pyrope	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	3.58	أحمر فاتح
المندين	Almandine	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	4.33	أحمر رائق
سباسارتيت	Spassartite	$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$	4.19	بنى أو أحمر
جروسيولايت	Grossularite	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	3.59	أبيض أخضر
اندرادايت	Andraditre	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$	3.86	أصفر بنى
يوفاروفايت	Uvarovite	$Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$	3.80	أصفر زمردى

تواجد الجارنيت: تواجد أنواع الجارنيت المختلفة أساساً فى الصخور المتحولة رغم أن بعضاًمنها يتواجد فى الصخور النارية،يحكم تواجد النوع المعين من الجارنيت أولاً توفر العناصر التى تدخل فى تركيبة المعدن الكيميائية وكذلك ظروف تبلور الصخور وتحولها.

(1)**الماندايت:** هو منتشر فى صخور الشيست والنايس وقليلاً ما يتواجد فى الجرانيت والريولايت والبجماتايت.

(2) **سباسارتايت:** أكثر تواجده فى البجماتايت ربما بصحبة الالماندیت.كما يتواجد فى الصخور المتحولة الغنية بعنصر المنجنيز (Mn).

(3) **بايروب:** أقل أنواع الجارنيت تواجداً (عدا اليوروفايت) ذلك أنه يتواجد فى الصخور فوق القاعدية وصخور السيربنتونايت الناتجة عنها. ويتواجد أيضاً مصاحباً لصخور الكمبرلايت Kimberlite النادرة والحاملة للماس فهو بهذه الصفة أحد دلائل تواجد مستودعات الماس الثمين.

(4) **جراسيولايت:** هذا نوع الجارنيت المعهود فى الصخور الجيرية مع وجود الألمنيوم وهو يتواجد مع الكالسايت والولاستونايت والايدوكريز.

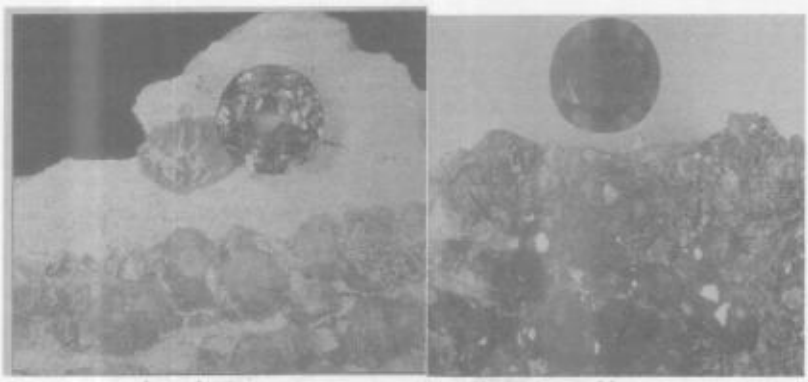
(5) **أندرادايت:** يتكون بالتغيير الإحلالى metasomatism للصخور الجيرية بواسطة المحاليل الحاملة للحديد

$$3CaCO_3 + 3SiO_2 + Fe_2O_3 \longrightarrow Ca_3Fe_2(SiO_4)_3 + 3\,CO_2$$

كالسايت سيليكا هيماتايت أندرادايت

وكذلك يتواجد فى خامات المعادن فى الصخور الجيرية.

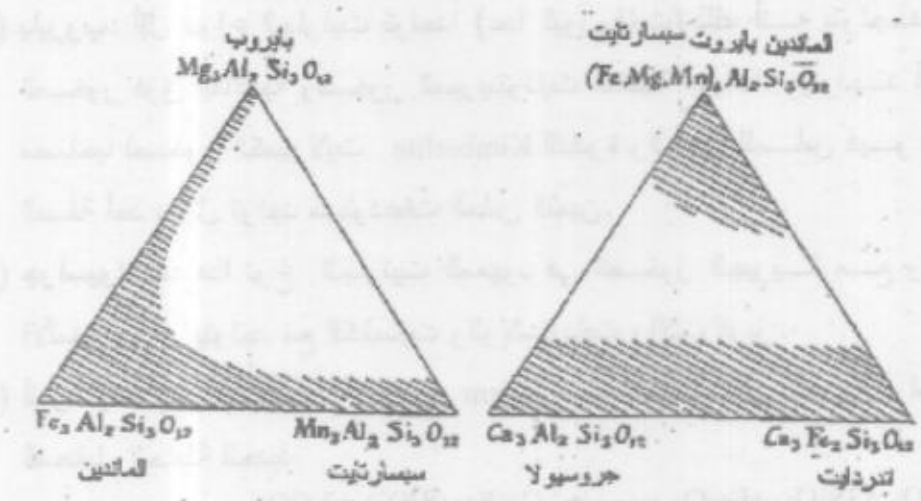
(6) **يوفاروفايت:** أقل أنواع الجارنيت تواجداً ومع خامات الكرومايت كما جبال الأنقسنا. عموماً بما ان معادن الجارنيت لها مقاومة للتفتت الميكانيكى والتحول الكيميائى فإنها تتواجد فى بعض الصخور الرسوبية وفى الرمال.



جرسيولايت اندرادايت

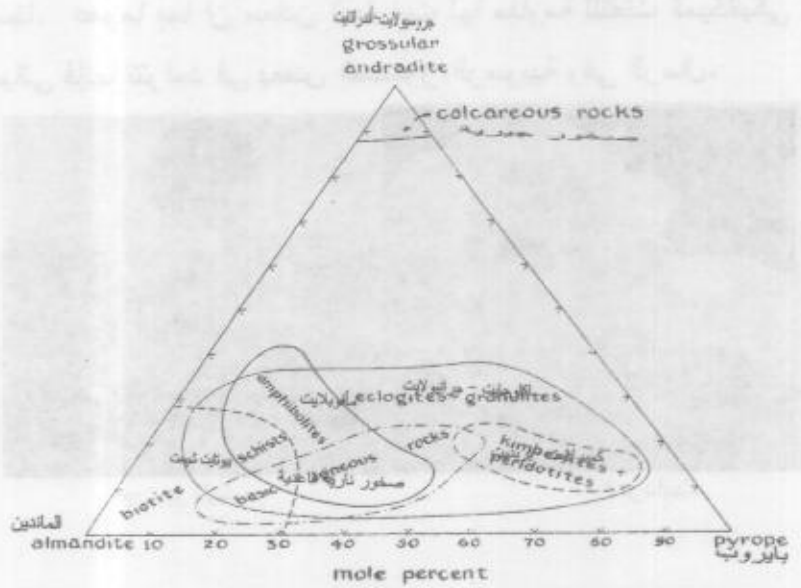
الجارنت

صورة رقم (2-4)



التركيب الكيميائي لمعادن الجارنيت ومجالات الإحلال بين فصائلها ومناطق إستقرارها مظللة.

شكل رقم (٦-٤أ)



أصناف معادن الجارنيت في الصخور المختلفة

شكل رقم (٦-٤ب)

(2) مجموعة المعادن السليكاتية السلسلية المنفردة

مجموعة البايروكسين
PYROXENE GROUP

تضم مجموعة البايروكسين العديد من المعادن التي لها البنية السلسلية المنفردة single chain (Isosilicate) حيث تكون النسبة Si : O = 1 : 3 ولها التركيب الكيميائي العام $XY(Si_2O_6)$ والكاتيونات X تكون كبيرة الحجم ضعيفة الشحنة وغالباً تكون إما صوديوم Na أو كالسيوم Ca و Y أصغر حجماً وترمز إلي الحديدوز Fe^{+2} أو الحديديك Fe^{+3}، الألمونيوم Al أو المنجنيز Mn وحتى الليثيوم والتيتانيوم(Li, Ti).

وتتبلور معادن البايروكسين في فصيلتي المعيني القائم ونظام الميل الواحد وعلى هذا الأساس قد قسمت إلى طائفتين Sub-groups:

أ. **الباروكسين المعيني القائم Orthorhombic Pyroxene**

$MgSiO_3$ Enstatite انستاتيت

$(Fe, Mg)\ SiO_3$ Hypersthene هيبرسين

هنالك متسلسلة متصلة بين الأثنين.

ب. **الباروكسين ذو الميل الواحد Monoclinic Pyroxene**

1. **الديوبسايد Diopside series**

$Ca, Mg\ Si_2O_6$ Diopside ديوبسايد

$Ca\ Fe\ Si_2O_6$ Hedenbergite هدنبيرجايت

2. **متسلسلة السبديومين Spodumene**

$Li\ Na\ Si_2O_6$ Spodumene سبديومين

$Na\ Al\ Si_2O_6$ Jadeite جيدايت

$Na\ Fe\ Si_2O_6$ Aegirine ايجيرين

3. **متسلسلة الأوجايت Augite series**

$XY\ Si_2O_6$ Augite أوجيت

ولذلك توجد متسلسلة كاملة من التشابه بين الديوبسايد ومعدن الهدنبيرجايت Hedenbergite Si_2O_6 (Ca Fe) وسوف نختصر الدراسة على الديوبسايد.

النظام البلورى: يتميز المعدن بشكله البلوري في النظام أحادي الميل ونظام المنشور والبلورات منشورية ذات ثمانية جوانب في المقطع المستعرض وكذلك يوجد في هيئة كتل حبيبية أو عمدانية short lathes أو صفائحية Platy ويكثر في البلورات التوأمة المركبة والمستوى التوأمي Twining Plane هو (100) وتفيد هذه الخصائص في تمييزه ضوئياً.

الصلادة أو القساوة: 5–6 ، **الوزن النوعي:** 3.2–3.3. **الانفصام:** منشوري غير كامل ويكثر الانفصام الموازي للمسطوح القاعدي(100) والموازي للمسطوح الأمامي (001) وهنالك نوع من هذا المعدن يسمى دياليج Diallage يكثر فيه الانفصام على المسطوح الأمامي (001). **اللون:** لون المعدن أبيض أو أخضر فاتح وتزداد قتامته بازدياد نسبة الحديد. **البريق:** ذو بريق زجاجي شفاف أو نصف شفاف.

الصفات المميزة: يتميز معدن الديوبسايد بشكله البلوري ولونه الفاتح وانفصامه المنشوري غير الكامل حيث تتقاطع مستويات الانفصام على زوايا مقدارها° 87 أو° 93

التواجد: يوجد في الصخور النارية كمعدن صهيرى magmatic ويوجد في الصخور فوق القاعدية Ultrabasic مثل البايروكسينايت والبريدوتايت والقاعدية Basic كالجابرو Gabbro . كذلك يوجد الديوبسايد في الصخور المتحولة نتيجة لتحول الصخور الجيرية باختلاطها بالسليكا وفي هذه الحالة تصاحبه بعض المعادن المميزة كالتريمولايت Tremolite والجارنيت Garnet والاسفين Sphene والفيزوفينايت Vesuvignite .

$$Ca\,Mg\,(CO_3)_2 + SiO_2 \longrightarrow Ca\,Mg\,Si_2O_6 + 2CO_2$$

Dolomite Quartz Diopside

التواجد: توجد هذه المعادن في صخور الباروكسينايت Pyroxenite والبيريدوتايت Peridotite من الصخور فوق القاعدية Ultrabasic rocks وفي صخور الجابرو Gabbro والنورايت Norite والبازلت وبعض أنواع النيازك وكذلك في بعض الصخور المتحولة.

المميزات الضوئية: لتشابهها مع بقية فصائل البايروكسين الأخرى خصوصاً معدن الأوجايت Augite فإننا نلجأ إلى المميزات الضوئية للتفريق بينهم. فمثلاً معدن الانستاتيت يتميز بتعتيم مستقيم straight extinction وبتعدد ألوان خفيف weak pleochroism .

التحول: معدن الانستاتايت أسرع في التحول عند التأثر بالمحاليل الحرمائية Hydrothermal solutions ويتحول إلى سيربنتين يسمى Bastite ، وتحول الهايبرسين خصوصاً نوع البرونزايت يترك بلورات من الحديد.

تحت المجهر:

في الشرائح تحت المجهر يظهر البايروكسين عموماً لا لون له أو بلون أخضر باهت في شكل بلورات وحبيبات ويظهر على القطاع شقوق الانفصام على تقاطع يكون بزاوية مقدارها حوالي 90° وتظهر البلورات غالباً في شكل منشور له 8 أضلاع أو مربعة ويبلغ قرائن انكسار الضوء Refractive Indices حوالي 1.68 إلى 1.75 . ويظهر كذلك تغير الألوان Pleochroism وعادة ما يكون التلون Birefringence تحت الضوء المستقطب ذا ألوان زاهية إلا فى بعض البايروكسين ذو الميل الواحد وغالباً ما تكون زاوية الإطفاء Extinction angle حوالي 40°–38° وترتفع إلى 48° في بعض البايروكسينات مثل الديوبسايد.

ديوبسايد

Diopside 4 [(Ca Mg) Si_2O_6]

التركيب الكيميائي: ($Ca\ Mg\ Si_2O_6$) والتحليل الكيميائي $Si\ O_2 = 55.6\%$ ، $Ca\ O = 25.9$ ، $MgO = 18.5\%$ وقد يحل الحديد محل المغنيسيوم بكل النسب

حيث: $X = Na \text{ or } Ca \quad Y = Mg, Fe^{+2}, Fe^{+3}, Al$

وبما أن مجموعة معادن الأمفيبول Amphibole لهـا البنيـة السلسلية كـذلك Isosilicate ولكنها مزدوجة فهنالك تشابه بينها ومجموعة البايروكسين هذه وسـوف ندرس ذلك التشابه لاحقاً وكيفية التمييز بين هاتين المجموعتين المهمتين.

انستاتايت – هايبرسين

Hypersthene 4 [(Mg, Fe) Si O_3] –Enstatite 4[Mg Si O_3]

التركيب الكيميائي: لا يوجد أي من الجنسين من البايروكسين المعيني نقياً في الطبيعة إذ أن هناك متسلسلة معادن متصلة بين الانستاتايت والذي يحتوي على بعض الحديـد وعندما يصل نسبة الحديد FeO إلى 5–13% يسمى المعدن هايبرسـين Hypersthene أما إذا كانت نسبة الحديد أزيد من 13% فإنه يسمى برونزايت Bronzite وقد يحتـوي كل من الجنسين على نسبة بسيطة من الألمونيوم.

النظام البلوري: تتبلورمعادن الانستاتايت والهايبرسين في النظام المعيني القائم (نظام الهرم المنعكس) ويوجد المعدنان في هيئة كتلية أو ابرية وقليلاً ما تكـون فـي شـكل بلورات منشورية prismatic.

الصلادة أو القساوة: 5.5 . **الوزن النوعي** 3.5–4.39 وتزيد مع نسبة الحديد.

الانفصام Cleavage: انفصام منشوري كامل prismatic cleavage على الوجه (011) وزاوية الانفصام 87° أو 93°.

اللون: غالباً رمادي أو أصفر أو أبيض مائل للاخضرار أو أخضر زيتوني (شفاف) أو زيتوني أو بني.

البريـق: زجاجي أو لؤلؤي على أسطح الانفصام ومعدن البرونزايت له بريـق شـبه فلزي submetallic لكثرة الحديد .

معدن الديوبسيد

صورة رقم (2-5)

سبوديومين

Spodumene4 [(Li Al Si_2O_6]

التركيب الكيميائي: $Li\ Al\ Si_2O_6$،والتحليل الكيميائي المثالي $Si\ O_2 = 64.5\%$ ، Li $O= 8.1\%$ ، $Al_2O_3 = 27.4\%$ وربما يوجد NaO ، CaO و MgO كشوائب.

النظام البلورى: يتبلور في نظام الميل الواحد والبلورات منشورية مبططة ويوجد في الصخور في شكل حبيبات في شكل منشوري ولكنه أحياناً يوجد في هيئة بلورات كبيرة في بعض أنواع البجماتايت Pegmatite.

الصلادة: 7-6.5 ، **الوزن النوعي:** 3.14-3.2.**الانفصام:** منشوري على المسطوحات (011) والأمامي (001) وتتقاطع في الزاوية° 87 أو °93 وهو انفصام تام حسب المنشور.**اللون:** أبيض رمادي مع ظلال خضراء أو أخضر مصفر أو بنفسجي.

اللمعان: زجاجي وشفاف أو نصف شفاف.

التواجد: من المعادن النادرة لكنه يوجد بالولايات المتحدة ومدغشقر في البجماتايت وهو مصدر لعنصر الليثيوم ويستعمل بعض أنواعه الشفافة الخضراء والحمراء كأحجار كريمة ويستعمل السبوديومين في صناعة أدوات الليثيوم في الطب وصناعة التصوير وصناعة الزجاج.

ايجيرين – ايجيريت
Aegirine – Aegerite $4[(Na\ Fe)\ Si_2O_6]$

التركيب الكيميائي: $Na\ Fe^{+++}Si_2O_6$ ويحتوى SiO_2=52% ، Fe_2O_3 =34.6% ، Na_2O =13.4% ويحتوي على شوائب من V, Ti, Al, Mg, Mn, Fe^{++}, Ca, K وربما Th, Zr, Be.

النظام البلوري: أحادي الميل نظام المنشور Prismatic ويكون كذلك في تجمعات ابرية أو شعرية ومنها كتل والبنية السليكاتية سلسلية منفردة.

الصلادة: 6 – 6.5. **الوزن النوعي:** 3.4 – 3.55. **اللون:** عادة أسود مخضر أو أخضر قاتم أو بني أو بني أحمر – نصف شفاف. **البريق:** ذو لمعان زجاجي Vitreous. **الانفصام:** منشوري غير كامل على المسطح (011) ويتقاطع على زاوية ° 87 أو ° 93.

التواجد: هو من المعادن النادرة ويوجد الايجيرين في الصخور النارية Magmatic الفقيرة في السليكا والغنية في الصودا مثل السيانايت ، نفلينايت والفونولايت Phonolite ويصاحب المعدن معادن الاورثوكليز ومعادن الفلسباثويد Feldspathoid والاوجايت والامفيبول.

أوجايـــت

Augite4[Ca(Mg,Fe,Al)(Al,Si)$_2$ O$_6$]

التركيب الكيميائي: [(Ca Na) (Mg Fe^{+2} Fe^{+3} Al) (Si, Al)$_2O_6$] وأحياناً يكـون معهم عناصر أخرى مثل Mn وهو كمعدن متوسـط فـي التركيـب الكيميـائي بـين الديوبسايد والهدنبيرجايت وقد حل جزء من الألمونيـوم محـل جـزء مـن الـسليكا والمغنيسيوم.

النظام البلوري: يتبلور الأوجايت في النظام أحادي الميل نظـام المنـشور (لـوحي) ويتواجد في شكل بلوري مفلطح أو قريب من الكروي ولكن مقطعه ذا أربعة أوجـه أو ثمانية جوانب وربما يتواجد في شكل كتل حبيبية وتحدث في بلوراته التوأمة. **الـصلادة:** 5 – 7. **الوزن النوعي:** 3.2 – 3.6. **الانفصام:** منشوري جيد وقاعدي فـي البلـورات على (011) وبزاوية ° 87 أو ° 93.

اللون : لونه الطبيعي أسود أو أسود مخضر أو أخضر قاتم أو أسود صدفي.

اللمعان: زجاجي.

الصفات المميزة: يشبه معدن الهورنبلند لكنه يتميز عنه بزاوية الانفصال ° 87 و° 93 وعن الديوبسايد بلونه القاتم.

التواجد: يعتبر معدن الأوجايت أكثر معادن مجموعة البايروكسين انتشاراً وهو يتواجد في الصخور النارية القاتمة اللون خصوصاً التي تكونـت مـن الـصهير Magmatic الاندفاعية مثل البازلت والجابرو والبريدوتايت وكذلك في بعـض أنـواع الـسيانايت Syenite وبعض الصخور المتحولة Gneisses.

التغييرات: ككل أنواع البايروكسين في تطور تبلـور الـصهير magmatic evolution تحل محل معادن الأمفيبول كلياً أو جزئياً محل الباروكسينات كما درسنا فـي سلـسلة التحولات غير المتتابعة Discontinuous series وهي نظريات Bowen المهمة.

أما التغيرات بتأثير المحاليل المائية الحرارية Hydrothermal solutions فتحل محل الأوجايت معادن الايبيدوت Epidote والكلورايت Chlorite والكالسايت وغيرها من المعادن.

أنواعه: يعتبر الايجيرين بعض من أنواع الاوجايت الغني بالصوديوم Na_2O ولما يكون الأوجايت على محتوى عالي من TiO_2 يسمى تيتان أوجايت Titaniferous Augite ومرة أخرى عندما تكون سطوح الانفصال (110) ظاهرة يسمى دياليج Diallage.

ولاستونايت
Wollastonite 6[$CaSiO_3$]

التركيب الكيميائى: كما واضح فالمعدن هو سيليكات الكالسيوم ومثالياً يتكون من SiO_2 51.7% CaO 48.3% وتحل كميات من Mn و Fe وربما Mg محل الكالسيوم.

النظام البلورى: يتبلور فى النظام ثلاثى الميل وبلوراته لوحية ولكن عادة ما يوجد فى هئية كتلية أو اليافية. وكما يظهر من التركيب الكيميائى فهو أحد معادن مجموعة رباعى الأوجه الحلقية Ring Structure.

الإنفصام: جيد على المسطوحين [100] و [001] مما يتسبب فى تشققه إلى قطع أو يكسبه هئية الألياف. **الوزن النوعى:** 2.9. **القساوة:** 5 **اللون:** عادة أبيض وربما كان رمادى وكذلك المخدش. **البريق:** زجاجى أو لؤلؤى على أسطح الأنفصام وربما حريرى عندما يكون من شكل الياف.

الصفات المميزة: ينصهر المعدن إلى كرة زجاجية بيضاء ويتحلل بحامض الهيدروكليك وتترسب السيليكا فى هئية عروق ويتميز المعدن بالإنفصام الكامل فى إتجاهين يتقاطعان فى الزاوية $^{\circ}$ 84.

التواجد: يتكون المعدن نتيجة الاستحالة الحرارية للصخور الجيرية الحاوية للسيليكا على درجة حرارة أعلى من 45° ولذلك يتواجد عند الإستحالة بالإلتصاق والإستحالة الإقليمية العالية مصاحباً لمعادن الكالسيات والجرانيت والترمولايت والأبيدوت وربما يكون مستودعات يمكن إستغلالها. كما فى جبال البحر الأحمر (منطقة آبار دربات).

الإستخدم: يستخدم فى صناعة الخزف والفخار Ceramics

رودونايت
Rhodonite 10[$MnSiO_3$]

التركيب الكيميائى: يندر أن يكون معدن الرودونايت نقياً فهو غالباً ما تحتوى على الكالسيوم (Ca) بنسبة تصل إلى 20% وكذلك الحديد (Fe) وربما الخارسين (Zn).

النظام البلورى: نظام الميول الثلاثة وقليلاً ما يوجد متبلوراً فى بلورات لوحية ولكن أغلب تواجده فى هيئة كتل متماسكة أو ذات تشقق.

الانفصام: منشورى على المسطوحين (011) و(011) ويتقاطعان على زاوية 88° أو 92° تقريباً. **القساوة:** 5.5–6 **اللون:** أحمر وردى أو بنى ولكنه ربما يكون مغطى بطبقة سوداء من أكسيد المنجنيز وهو شفاف إلى نصف شفاف. **البريق:** زجاجى. **الوزن النوعى:** 3.5–3.7

التواجد: يترسب الرودونايت من المحاليل الحرمائية ويتكون من عمليات التحول للرسوبيات الحاملة لمعدن المنجنيز وقد ينتج من تحول معدن الرودكروزايت حسب المعادلة الأتية:

$$MnCO_3 + SiO_2 \longrightarrow MnSiO_3 + CO_2$$

رودوكروزايت سيليكا رودونايت

الإستخدام: لمنظره الجميل يصقل الرودونايت كحجر زينة.

بيريل
Beryl 2[$Be_2Al_2(Si_6O_{18})$]

التركيب الكيميائى: سليكات الألمنيوم البيريوم التى تتخذ الشكل الحلقىالثلاثى ومثالياً تحتوى على SiO_2 = 67.0 %, Al_2O_3 = 19.0 % , BeO = 14 % وربما تحل القلويات [Na , K] محل البيريليوم (Be) وقليلاً من الليزيوم (Li) محل الألمنيوم.

النظام البلورى: سداسى فى شكل منشورى أوجهه عادة خشنة ومخططة. وفى بعض الأحيان تبلغ البلورات أحجام لحد كبير يصل طولها إلى أكثر من 25 قدم وتذيد حوالى 25 طن (بولاية مين Maine بالولايات المتحدة).

اللون: أخضر زمرجدى أو باهت أو أصفر ذهبى أو وردى. **المخدش:** أبيض وهو شفاف إلى نصف شفاف له **إنفصام** ضعيف، **الصلادة:** 8، **الوزن النوعى:** 2.9-2.7.

التواجد: لحد ما معدن البيريل من المعادن الشائعه وخصوصا في صخور المايكا شيست والصخور الجرانيتية وصخور البجماتايت واحيانا بصحبة القصدير (Tin)

الأستعمال :لصلادتة ولونه الجميل فهو من الاحجار الكريمة واهم مصادره كولومبيا ومدغشر وجنوب افريقيا وفى بعض الولايات المتحدة له استعمالات عدة فى الصناعة منها كمصدر لعنصر البيريليوم الذى يستخدم فى السبايك النحاسية وهو معدن استراتيجى لغرض توليد الطاقة الذرية.

المعدن فى الغلاف

تورمـــالـــين
Tourmaline $3[Na\ (Mg, Fe)_3Al_6(BO_3)(Si_6O_{18})(OH)_4]$

التركيب الكيميائى: أساساً سليكات الالمونيوم والبورون مع بعض العناصر الاخرى المبينة · هنالك تبادل بين المنجنيز والحديد وربما يحل محلها بعضاً من Mn ,Ti, Cr · ويحل الحديد ثلاثى التكافؤ محل الالمونيوم والفلورين بدلاً من الهايدروكسيد ·

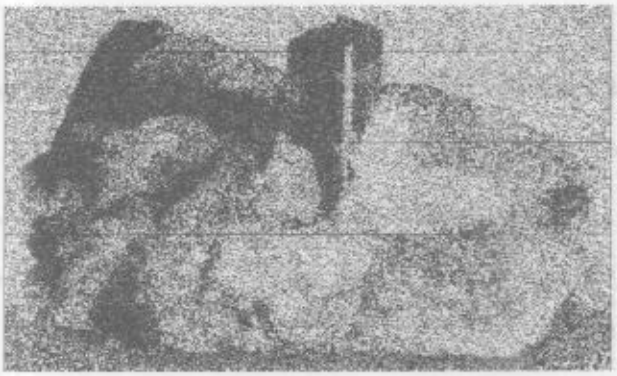
النظام البلورى : يتبلور المعدن فى نظام الثلاثى فى بلورات لوحية والبلورات عادة منشورية تنتهى بمسطوح أو أهرامات ثلاثية (سالبة أو موجبة) أو مزدوجة· وبلوراته شائعة ولكن عادة فى هيئة كتل متماسكة أو عمدان رقيقة أحياناً متوازية أو أليافية ·

اللـــون: يتغير حسب التركيب الكيميائى من الاحمر أو الوردى أو الاخضر أو الازرق والذى يحتوى على كميات كبيرة من الحديد ربما يكون بنى أو أسود بعض بلورات التورمالين لها ألوان متعددة أحياناً موزعة على نطاقات أو أحزمة داخلية · **المخدش:** أبيض ولـــه **أنفصام** ضعيف ولمعانه زجاجى وأحياناً شفاف· **الصلادة:** 7.5· **الوزن النوعى:**3.0-3.2.

صفات أخرى:للتورمالين خاصية الكهرباء الحرارية والكهرباء الضغطية·

التواجد: فى الصخور الجرانيتية وما جاورها وخصوصاً فى صخور البجماتيت فى هيئة بلورات مع الاورثكليز والكوارتز والمايكا (ليبدولايت) ومع البيريل والفلورايت كما يوجد فى الصخور المتحولة كالشست والنايس كمعدن أضافى·

الأستعمـــال: الانواع ذات الالوان الفاتحة الشفافة تصقل كأحجار كريمة وتستعمل بلورات المعدن لما لها من صفات مميزة ذكرت فى صناعة أجهزة قياس درجات الحرارة العالية وأجهزة قياس الضغط·



التورمالين

صورة رقم (2-6)

كورديرايـــت

Cordierite $4[(Mg, Fe)_2Al_4Si_5O_{18}$

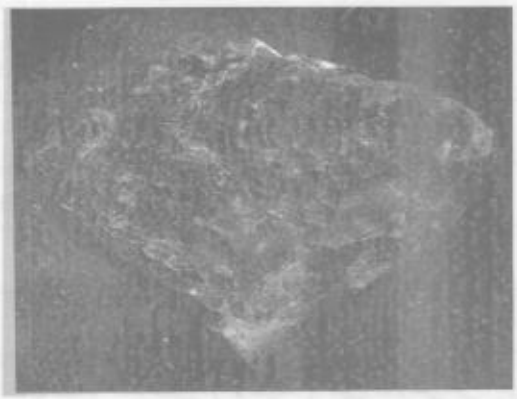
التركيب الكيمائى: يمكن لبيان الشكل الحلقى الثلاثى كما فى البريل أن نكتب التركيب الكيميائى بالصيغة $(Mg,Fe)Al_3(AlSi_5)O_{18}$ وكما فى البريل ربما يحتوى الكورديرايت على المياه H_2O . وقليلاً ما يحتوى على العناصر القلوية .

النظام البلورى: يتبلور فى نظام المعينى القائم (الهرم المنعكس) وبلوراته عادة منشورية قصيرة تؤامية .كذلك يوجد المعدن فى حبيبات متفرقة أوكتل حبيبية.

اللـــون: اللون الغالب الأزرق الباهت أو البنفسجى ولكن أحياناًلا لون له أو رمادى وقليلاً أصفر أو بنى بأزدياد الحديد. **المخدش:** أبيض. **اللمعـــان:** زجاجى وهو شفاف الى نصف شفاف. **الانفصام:** ضعيف على المسطوح(010).

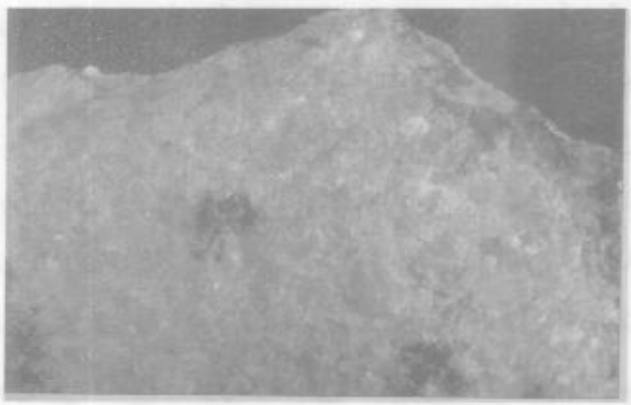
التواجد: هومعدن اضافى فى بعض الصخور الجرانيتية والصخور المتحولة ذات الرتبة العالية خصوصاً الغنية بالألمونيوم ويتحلل الكوردرايت عادة الى المايكا والكلورايت والتلك.

الأستعمـــال : الانواع الشفافة تستعمل كأحجار كريمة.



الكورديرايت

صورة رقم (2-7)



رودونايت

صورة رقم (2-8)

مجموعـــة الأبـــيدوت
EPIDOTE GROUP

المعادن الأكثر شيوعاً فى هذه الطائفة هى:

زيوسايت Zoisite	$Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH)$	معينى قائم
زيوسايت مائلClinozoisite	$Ca_2Al_3Si_3O_{12}(OH)$	أحادى الميل
إبيدوت Epidote	$Ca_2(Al,Fe)3Si_3O_{12}(OH)$	أحادى الميل
الأنايت Alanite	$(CaR)_2(Al,Fe,Mg)_3Si_3O_{12}(OH$	أحادى الميل

وفى الأخير من هذه المعادن (ألانايت) فإن R ترمز إلى العناصر الارضـــية النادرة (Rare earth elements).

والتركيب الكيميائى المبسط للمجموعة والزيوسايت المائل كما هو واضح مثال لثنائية التشاكل Dimorphic حين أنه فى الابيدوت فإن الحديد (Fe) يحل محل بعـــضاً من الالمنيوم (Al). وشكل هذه المجموعة هو جمع بين كلا مـــن شـــكل السلـــسلية المنفردة SiO_4 وتلك المزدوجة Si_2O_7.وعليـــه يمكـــن كتابـــة تركيبتهـــا الكيميائيـــة $Ca_2Al_3O(SiO_7)(Si_2O_8)(OH)$. ويمكن أن نلاحظ أن هذا التركيب قريب جداً من التركيب الكيميائى لمعدن الأنورثايت Anorthite($CaAl_2Si_2O_8$) ولكن لإختلاف طريقة الترابط الذرى (Atomic bonding) فإن هنالك تفاوت معتبـــر فـــى الـــوزن النـــوعى فالأنورثايت ورنه النوعى 2.76 فى حين أن الزيوسايت أثقل ووزنه النـــوعى 3.32 ترتفع إلى 3.6 بإزدياد الحديد فى حالة الأبيدوت وهذا التماثل الكيميائى ينعكس أيـــضاً فى تغييب البيليجوكليز الغنى بالنورثايت فى الصخور ذات الإستحالية المنخفـــضة أو المتوسطة حيث نجد بدلاً عنه معادن الابيدوت بجانب الألبايت مما يوحى أنـــه تحـــت ظروف الحرارة المعتدلة والضغط العالى فإن الأبيدوت أكثر إستقراراً من الأنورثايت.

من طائفة الأبيدوت فإن هنالك إثنين فقط شائعان بقدر يستحقان أن ندرســـهما بإختصار هنا وهما الأبيدوت والزيوسايت.

زيوسايـــت
Zoisite 4[$Ca_2Al_3Si_3O_{12}$ (OH)]

النظام البلورى : هو المعينى القائم وابعاد وحدة الخلية a=16.24A°، c=10.10 A° b – 5.58 A° والبلورات لها هئية منشورية وهى متطاولة فى البعد b وكذلك مخططة فى ذات الإتجاه· **الإنفصام** : تام على المسطوح (001)، **اللون** : غالباً ما يكون رمادى وأحياناً قرموزى أو أخضر باهت غير أن **المخدش** أبيض ، **اللمعان** : زجاجى وربما يكون لؤلؤى على سطوح الإنفصال، **الصلادة** حـوالى 6.5 ، **الـوزن النوعى** 3.3.

يتشابه الزيوسايت أحياناً مع بعض معادن الأمفيبول ولكن يمكن تميزه عنها بإنفـصالها الواحد وبعض المميزات الأخرى تحت المجهر·

التواجـد : يتواجد الزيوسايت فى الصخور المتحولة مثل الشيست والنايس ولكنه أقـل شيوعاً من ثنائى الشكل الأخر للزيوسايت المائل كما يوجد فى بعض عروق المـرو· والمادة التى تعرف بالسوسورايت Saussurite وهى نتاج تغيير معادن البيلجيوكليز إلى مخلوط من الألبايت وكل من الزيوسايت و الزيوسايت المائل·

إبيـــدوت
Epidote 2 [$Ca_2(Al,Fe)_3Si_3O_{12}(OH)$]

التركيب الكيميائى : يتضح أن التركيب الكيميائى مماثل للزيوسايت المائل إذ يتحـول الأخر إلى الأبيدوت ويحل الحديد Fe محل 10 % من الألمنيوم (Al) فـأكثر ولكنـه لا يتعدى الثلث وعليه يمكن كتابة المعادلة $Ca_2Al_2FeSi_3O_{12}$

النظام البلورى: هو أحادى الميل ويتواجد فى هئية منشورية وأحياناً يكون فـى هئيـة الياف أو كتل · والبلورات تتطاول فى الإتجاه الموازى المحور b. وله **إنفصال** تام على المسطوح (001).

اللون: الأبيدوت ذو لون أخضر غامض إلى مسود ولكن الزيوسايت المائـل أخـضر باهت أو رمادى مخضر· غير أن الابيدوت رغم لونه المسود فى العينات اليدوية فإنه

عديم اللون فى الشرائح الرقيقة إلا الأنواع الغنية بالحديد حيث يكون لونها أصفر باهت يميل للخضرة ويظهر تغييراً لونيا خفيفاً وخاصية التغيير اللونى مع الإتجاه يمكن ملاحظتها فى البلورات الطبيعية حيثما تدار البلورة من محور إلى أخر يتغيير اللون من الأصفر إلى البنى الغامض· وهذه خاصية تميز بين بلورات البيدوت والتورمالين المتشابه، أما **المخدش** فهو أبيض أو أبيض رمادى **ولمعانه** زجاجى، **الصلادة** : 7 ، **والوزن النوعى** : 3.3 –3.6 يزداد بإزدياد الحديد

التواجد الابيدوت والزيوسايت المائل من أهم محتويات الصخور المتحولة ذات الإستحالة المنخفضة أو المتوسطة وأحياناً يكونان مع معادن الكالسيوم والألمنيوم السليكاتى المكون الأساسى فى هذه الصخور ويتواجد الابيدوت كذلك فى الصخور الجيرية المتحولة نتيجة الاستحالة الالتماسية خصوصاً عند يتواجد مع الزيولايت فى فجوات بعض صخور البازلت·

هنالك نوع من الأبيدوت يسمى بيمونتايت Piemontite قليل التواجد وهو نتاج إحلال المنجنيز (Mn) محل بعض من الالمنيوم (Al) وهو لذلك يتميز بلون أحمر بنفسجى يمكن التعرف عليه بسهولة حتى لو كان بكميات بسيطة فى الشيست أو عروق المرو·

زركون
Zircon 4[$ZrSiO_4$]

التركيب الكيميائى: يحتوى الزركون مثالياً ZrO 67.2% و $SiO_2$32.8%. وربما يحل قليلا من Ht و العناصر اللأرضية النادرة والفسفور محل الزركونيوم·

أحياناً يكون المعدن مشعاً (radioactive) لإحتوائه على Th و U.

النظام البلورى: يتبلور فى النظام الرباعى مع شكل بلورات منشورية منتهية بإهرامات ولكن غالب تواجده فى هئية حبيبات مستديرة· أبعاد وحدة الخلية

$a = 6.604\ A°$ و $c = 5.979\ A°$.

اللون: عديم اللون أو رمادى أو أصفر أو أحمر، **المخدش:** عديم اللون، **البريق:** ماسى وهو شفاف إلى نصف شفاف، **الصلادة**7.5 ، **الوزن النوعى:** 4.7 – 4.6

التواجد: الزركون من المعادن اللإضافية الشائعة فى جميع الصخور النارية خصوصاً الحامضية منها مثل الجرانيت والجرانوديورايت ويكثر وجوده فى النفلين سايناىت ويوجد فى بعض الصخور الجيرية المتحولة والشيست والنايس ونسبة لصلادته يتواجد بكثرة فى رمال الشواطئ البحرية والنهرية كما فى استراليا والهند البرازيل.

الإستعمال: تصقل العينات الشفافة لصناعة المجوهرات وهو مصدر هام للأكسيد الزيركونيوم ذى المقاومة العالية للحرارة وكذلك مصدر لعنصر الزركونيوم الذى يستخدم فى المفاعلات الذرية.

سفين
Sphene 4[$CaTiSiO_2$]

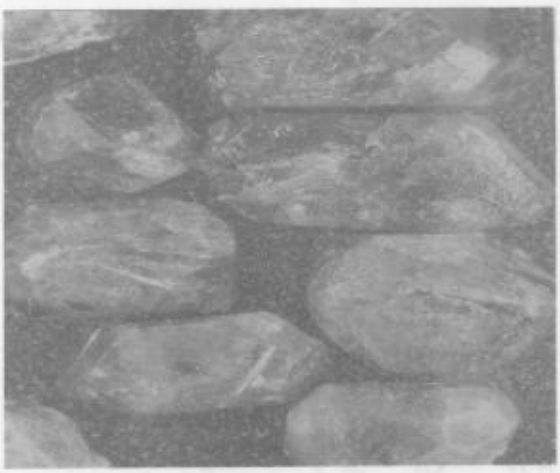
التركيب الكيميائى: يعرف المعدن كذلك بالاسم تايتنايت نسبة لتركيبه الكيميائى حيث إن نسبة TiO_2 تصل إلى 40.8% وفيه يحل الصوديوم محل الكالسيوم.

النظام البلورى: الميل الواحد ولها هئيات مختلفة ولكن شكل الوتد هو الشائع ومنه جاءت التسمية.

اللون: غالباً بنى أو رصاصى وربما أصفر أو أخضر. **المخدش:** أبيض، **البريق:** راتنجى أو ماسى وبه تشقق منشورى وهو شفاف إلى نصف شفاف، **الصلادة: 6، الوزن النوعى:** 3.5.

الخواص المميزة: لونه البنى مثل القرنفل وربما يظهر تغيير لونى أما فى الشريحة تحت المجهر فهو ظاهر، ذلك لعلو تضاريسه فقرينة الإنكسار عنده أعلى بكثير من المعادن التى تحتويه فى حين أن الوان التداخل ضعيفة بشكل ملحوظ.

التواجد: من المعادن الإضافية حيث يوجد فى الصخور النارية مثل الجرانيت والديورايت والسينايت فى هئية بلورات صغيرة ويوجد فى بلورات أكبر نسبياً فى الصخور المتحولة فى الرخام والشيست والنايس وصخور الأمفيبولايت.



زيركونايت

صورة رقم (2-9)

(3) مجموعة المعادن السليكاتية السلسلية المزدوجة

مجموعة معادن الأمفيبول
AMPHIBOLE GROUP

وهي تضم عدد من المعادن الشائعة والهامة ومن أهمها معدن الهورنبلند والذي في بعض الأحيان يطلق اسمه على المجموعة فتسمى مجموعة الهورنبلند. وهذه المجموعة شبيهة بمجموعة معادن البايروكسين إذ أن كلا المجموعتين تنتمي إلى شكل السليكات السلسلي Inosilicate الاينوسليكاتية غير أن معادن الأمفيبول ذات تركيب من سلسلة مزدوجة ولذلك تكون نسبة السليكون إلى الأكسجين

Si : O = 4 : 11 في حين أن البايروكسين له بناء ايثوسليكاتي ولكن ذو سلسلة منفردة ونسبة السليكون للأكسجين 1:3 وهذه وغيرها من الفوارق مهم للتمييز بين المجموعتين كما سيلي.

أما من الناحية الكيميائية فيمكن أن يكتب القانون العام للتركيب الكيميائي لمجموعة الأمفيبول بهذا الشكل $(WXY)_{7-3}(Z_4O_{11})_2(OH)_2$ فإن الحروف W,X,Y,Z كل منها يرمز لعناصر لها نصف قطر ذري مقارب ويمكن أن تحل كل منها محل الآخر. وفي العام فإن الحرف W يرمز لعناصر ذات نصف قطر ذري مقارب Ca, Na وقليلاً من K والحرف X للعناصر الأصغر وهي Fe,Mg وربما Mn ويرمز الحرف Y إلى العناصر Ti, Fe^{+3}, Al في ترابط سداسي (Six coordination) في حين يرمز Z إلى Si , Al في ترابط رباعي (Four coordination). غير أن مجموعة الأمفيبول تحتوي كما واضح من التركيب الكيميائي المثالي على أيونات الهيدروكسيد (OH) وهي تحتل الفراغات الخالية الناتجة عن اتصال سلسلتين منفردتين جنباً إلى جنب وهذا يعد الاختلاف الأساسي لهذه المجموعة عن مجموعة البايروكسين. ومجموعة الأمفيبول تتبلور في نظامي المعيني القائم وأحادي الميل كما في مجموعة البايروكسين ولكن عند درجة حرارة أقل ولذلك

فإن بنياتهما متشابهة عدى ما بينهما من اختلاف وما سوف نبينه للتمييز بينهما خصوصاً تحت المجهر.

كما في مجموعة البايروكسين قسمت مجموعة الأمفيبول إلى طائفتين حسب النظام البلوري وإلى معادن متسلسلة (طويفات) حسب التركيب الكيميائي.

معادن الأمفيبول
Amphiboles Minerals

أ. **الأمفيبول المعيني القائم** Orthorhombic

الانثوفيلايت Anthophyllite / Mg > Fe $(Mg, Fe)_7 Si8O_{22} (OH)_2$

ب. **الأمفيبول أحادي الميل** Monoclinic

1. متسلسلة كمنتونايت Cummingtonite Series

كمنتونايت Cummingtonite

$(Fe, Mg)_7 Si_8O_{22}(OH)$ (Fe > Mg)

جرونيرايت Grunerite $(Mg, Fe)_7 Si_8O_{22}(OH)_2$(Mg > Fe)

2. متسلسلة التريمولايت Tremolite – Actinolite

تريمولايت Tremolite $Ca_2 Mg_5 Si_8O_{22} (OH)_2$

أكتينولايت Actinolite $Ca_2 (Mg,Fe)_5 Si_8O_{22} (OH)_2$

3. متسلسلة الريبيكايت (Rheibeckite)

أو الأمفيبول القلوي Al kali-Amphiboles

ريبيكايت Riebeckite $Na_2(Fe^{+2}, Fe^{+3})_5 Si_8O_{22} (OH)_2$

جلوكوفين Glaucophane $Na_2 (Mg,Fe^{+2})_3 (Al, Fe^{+3})_2 Si_8O_{22} (OH)_2$

4. متسلسلة الهورنبلند Hornblende Series

Hornblende Series $X_{2-3} Y_{5-7} Z_8 O_{22} (OH)_2$

الهورنبلند $Na Ca_2 (Mg, Fe, Al)_5 (Al, Si)_8 O_{22} (OH, F)_2$

سوف نأخذ بقليل من الدراسة ثلاثة من معادن مجموعة الأمفيبول وهي
1. الانثوفيلايت 2. التريمولايت 3. الهورنبلند.

انثوفيـــلايـــت
Anthophyllite4[(Mg, Fe)$_7$ Si$_4$ O$_{11}$ (OH)$_2$]

التركيب الكيميـــائي: وهو غير ثابت حيث أن نـــسب كـــل مـــن Fe and Mg تتغيـــر والطرفان الحديدي والماغنيسي يشكلان سلسلة تشابه Isomorphic series.

النظام البلورى: يتبلور الانثوفيلايت في النظام المعيني القائم ولكنه نادراً ما نجده فـــي بلورات كبيرة ولكنه يتواجد في هيئة منشورية أو إبرية أو شعاثرية.

اللون: رمادي أو أصفر أو بني. **اللمعان:** زجاجي نصف شفاف.

المخدش: رمادي. **الصلادة:** قساوته حوالي 5.5 – 6 وذو مكسر هش.

الوزن النوعي: 2.8 – 3.2 . **الانفصام:** له انفصام تام وتكون سطوح الانفصام (110) وتتقاطع على زاوية مقدارها حوالي ° 126 أو ° 54.

التواجد: الانثوفيلايت يتواجد في الصخور المتحولة المتبلورة وهو غالباً ما يتواجد في صخور الشيست المتبلورة وقد ينشأ نتيجة لتحول معدن الأوليفين ويترافق مـــع معـــدن الهورنبلند والكروندوم.

الاستعمال: بعض أنواع الانثوفيلايت يستعمل مثل الأسبستوس .

الصفات البصرية: بما أن نظام التبلور هو المعيني القائم فإن الانثوفيلايت تحت المجهر يظهر في شكل مقاطع موشورية مستطيلة أو عمدانية موشورية.

اللون: تحت المجهر عديم اللون أو بني فاتح في العينات الغنية بالحديد.

النتوء: متوسط إلى اقصى حوالي 1.60 – 1.68 ويتزايد مع زيادة الحديد.

قرينة الانكسار: متوسطة.

ألوان التداخل: في بداية المرتبة الثانية. **الانطفاء:** موازي في المقاطع الموشورية ومتناظر في المقاطع المستعرضة. **الانفصام:** موشوري (110) في اتجاهين بزاويتين 56° و 124°.

الصفات المميزة: الانطفاء الموازي وغياب التوأمة.

تريمولايت
Tremolite 2 [$Ca_2 Mg_5 Si_8 O_{22} (OH)_2$]

التركيب الكيميائي: ويحل الحديد محل المغنيسيوم حتى يتحول التريمولايت إلى أكتينولايت حيث أنهما يكونان متسلسلة متشابهة Isomorphism.

النظام البلوري: يتبلور التريمولايت في النظام أحادي الميل في شكل هيئة منشورية ويوجد كذلك في مجموعات ذات بلورات عمدانية شعاعية أو ألياف.

اللون: أبيض أو رمادي ويزداد اللون قتامة بازدياد الحديد.

اللمعان: زجاجي. **القساوة:** 5.5 – 7 وهو هش. **الكثافة:** 2.8 – 3.

الانفصام: ذو انفصام تام حسب الموشور (110) وعلى زاوية 124°.

التواجد: يوجد في عدة حالات ولكن أغلبها في الصخور الاستحالية المتبلورة وخاصة الكلسية أو الدولوماتية عند إعادة تبلورها بواسطة التحول

$$5(Ca, Mg)\,CO_3 + 8SiO_2 + H_2O \longrightarrow Ca_2Mg_5(Si_4O_{11})_2(OH)_2 + 3CaCO_3 + 2CO_2$$

وكذلك يوجد نتيجة اندفاع المحاليل الحرمائية على حساب معادن أخرى وخاصة البايروكسين في الصخور النارية الأصلية.

استخداماته: يستعمل النوع الأسبستوسي في صناعات الأسبستوس ويستعمل نوع الاكتينولايت Actinolite الجميل في صنع بعض أنواع الزينة.

التحلل: يتحلل التريمولايت إلى الطلق Talc.

الصفات البصرية: في شرائح المعدن فإن التريمولايت يكون في أشكال بلورات عمدانية أو نصلية أو ألياف أو أسبستوس والمقاطع المنشورية مستطيلة.

اللون: عادة ما يكون عديم اللون. **النتؤ:** متوسط حوالى 1.65 يزداد بتزايد الحديد. **انفصام:** موشوري (110) باتجاهين بزوايا ° 56 و ° 124 كباقي مجموعةالأمفيبول. **قرينة الانكسار:** متوسطة أو عالية. **ألوان التداخل:** إلى بداية المرتبة الثانية. **الانطفاء:** مائل وزاوية الانطفاء تتراوح في المقطع (010) بين ° 17 إلى ° 21

هورنبلند
Hornblende $2[(NaCa_2)(Mg, Fe, Al)_5(Si, Al)_8O_{22}(OH)]$

التركيب الكيميائي: $[NaCa_2(Mg,Fe^{+2})_4(Al,Fe^{+3})(Al,Si)_8O_{22}(OH, F)_2]$ هو كما ترى سليكات معقدة تحتوي على الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد بنوعيه والألمونيوم مع شق من الهايدروكسايد وربما الفلورين. وسبب التعقيد هو التشابه بين الأيونات المختلفة واحلال بعضها لبعض ومثال ذلك $(Ca, Na)(Mg, Fe^{+2})(Al, Fe^{+3})(Si, Al)$. ويختلف الهورنبلند عن التريمولايت في احتواء الهورنبلند لعنصر الألمونيوم.

النظام البلوري: يتبلور الهورنبلند في نظام الميل الواحد وهو موشوري الشكل وأشكال وجوده غالباً ما تكون موشورية متطاولة أو قصيرة أو متساوية الأبعاد وكذلك عمدانية أو ألياقية أو دقيقية الحبيبات أو خشنة وكثير من الهورنبلند يكون فيه التوأمة على المسطوح (100).

اللون: يتراوح اللون بين الأحمر الفاتح إلى الأحمر القاتم أو حتى الأسود حسب كمية الحديد. **المخدش:** المخدش أو لون الأثر رمادي أخضر. **اللمعان:** عادة زجاجي ولكن الأنواع الألياقية فبريقها حريري وهو نصف شفاف. **القساوة:** 5.5 – 6. **الكثافة:** 3.1 – 3.3. **الانفصام:** منشوري كامل على السطح (110) بزاوية °124.

الاسم: الهورنبلند مشتق من كلمة يونانية كانت تطلق على المعادن ذات اللون الداكن والتي لا تحتوي على مكونات اقتصادية يمكن استغلالها.

أنواعه: (1) هورنبلند بازلتي ويتواجد في الصخور البركانية وهو غني بعنصري Ti, Fe ويتميز تحت المجهر باللون البني الصدئ.

(2) يوراليت هو تشكل كاذب للهورنبلند في البايروكسين.

التواجد: معدن الهورنبلند من المعادن الشائعة المكونة للصخور يتواجد في كل الصخور النارية magmatic والاستحالية metamorphic وكذلك في الحرمائية hydrothermal. وفي الصخور الماغمية فإنه يتكون من تفاعل البايروكسين مع بقية الماغما كما في السلسلة الغير المتصلة discontinuous series أو كمعدن متبلور أصيل من الماغما ويكثر كذلك في كثير من الصخور الاستحالية فمثلاً يتحول صخر الجابرو يستحيل إلى أمفيبولايت Amphibolite والذي يتكون أساساً من الهورنبلند.

التغيير: تحت تأثير المحاليل الحرمائية Hydrothermal solutions يتحول الهورنبلند إلى سربنتين وكلورايت وايبيدوت وكالسايت وكوارتز وكذلك يتحول بعوامل النحت والتعرية والتجوية أساساً إلى سربنتين وكلورايت.

الخواص تحت المجهر

اللون: يتميز الهورنبلند بألوانه الخضراء والبنية ويرى التغير اللوني pleochroism واضحاً وكذلك الامتصاص Absorption ويتغير اللون في الهورنبلند إلى مستويات من اللون الأخضر (مصفر، زيتوني، داكن، باهت أو أصفر مخضر) وأصفر وبني بالذات في الهورنبلند البازلتي.

القطاعات تحت المجهر تظهر البلورات منشورية والقطاعات سداسية (كاذبة) وغالباً ما تكون ناقصة الأوجه. **النتوء:** متوسط إلى مرتفع (1.71 – 1.62) **الانفصام:** جيد على مستويين متوازيين (110) بزاوية (110) ^ (110) = 56°

ألوان التداخل: ألوان تداخل من المرتبة الثانية ولكن في بعض الأحيان يغطي لون المعدن على لون التداخل. **الانطفاء:** مائل بزاوية تتراوح بين 13 ° – 34 °. **الاستطالة:** بطيئة.

الصفات المميزة: يتميز الهورنبلند عن بقية معادن الأمفيبول بمستويات الانفصام (56°) وتغيره اللوني وانطفاؤه المائل ويتميز الهورنبلند البازلتي بلونه البني الداكن و التفارق القوي وزاوية الانطفاء.

المقارنة بين البايروكسين والأمفيبول

البايروكسين	الأمفيبول
زاوية المنشور 87°	زاوية المنشور 124°
الزاوية بين سطوح الانفصام 87°	الزاوية بين سطوح الانفصام 124°
الأشكال المفلطحة غير معهودة	الأشكال المفلطحة معهودة
البلورات يحفها وجهين عادة	البلورات تحفها ثلاثة أوجه
التوأمة مع زاوية متداخلة	التوأمة بغير زاوية متداخلة
عادة ليس له تغير ألوان	في العادة له تغير ألوان
المقطع للبلورات ذو ثمانية أوجه	مقطع البلورات ذو ستة أوجه
زاوية الانطفاء عبر المقطع	زاوية الانطفاء عبر المقطع
المائل Clinopenacoid حوالي 48°	المائل Clinopenacoid حوالي 16°

هورنبلند Hornblende

الأوجايت Augite

(4) مجموعة المعادن الصفائحية

مجموعة المايكا
MICA GROUP

تنتمي مجموعة معادن المايكا الى المعادن الفللوسيليكانية وهي كما نعرف ذات البناء الصفائحي phyllosilicate وتتميز هذه المعادن بأنها تأخذ شكل صفائحي وهيئة صفائحية ويوجد بها انفصام واضح · وعامة لها صلابة منخفضة وهذه الصفائح قابله للانثناء أو هي مرنه· ومعادن المايكا ذات وزن نوعي منخفض·

وترجع هذه الصفات الى البناء الصفائحي إلى أن ثلاثة ذرات من الأربعة في رباعي الأوجه تكون مشتركة بين رباعيات الأوجه ويؤدي ذلك إلى نسبه Si : O =2 :5 .

وتحتوي المعادن الفللوسيليكاتية على أيون الهايدروكسايد (OH) وهي تشغل الأماكن ضعيفة الترابط بين الصفائح

تضم هذه الطائفة الفليلوسيليكاتيه معادن تكونت نتاج التجوية كالمعادن الطينية clay minerals وبالتالي تكون مع الكوارتز الجزء الاكبر من التربة بأنواعها ونعرف أهمية ذلك في بلد زراعي كالسودان فهي لها خاصية اختزان الماء من وقت الرطوبة الى وقت الجفاف كما أن لها مسامات تسمح للماء والغازات والكائنات الحية بالمرور في التربة مما يغذيها ويجعلها خصبة كما في أغلب الأراضي الزراعية في السودان والحمد لله· ويمكن تصنيف المعادن الفيللوسيليكاتية تصنيفا مبسطا في الآتي :

أ· أبوفيلايت Apophylitle $K\,Ca_4\,(Si_4O_{10})_2\,F.8H_2O$

ب· معادن الصلصال (الطين) :

كاولينايت Kaolinite $Al_4Si_4O_{10}\,(OH)_8$.

مونتموريلونايت Montmorillonite $Al_2\,Si_4O_{10}.(OH)_2.\,x\,H2O$

الإلايت Illite K,Mg,Fe,(OH)silicate

ج· معادن المايكا:

مسكوفايت Muscovite $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

براغونايت Paragonite $Na\ Al_2\ (Al\ Si_3)\ O_{10}\ (OH)_2$

فلوجوبايت Phlogopite $KMg_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$

بيوتايت Biotite $K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH,F)_2$

ليبدولايت Lepidolite $KLi_2Al(Si_4O_{10})(OH)_2$

د· معادن المايكا القابلة للكسر Brittle Mica

كمثال كلوريتويد Chloritoid $(Fe\ Mg)\ Al_4\ O_4SiO_4\ (OH)_4$

هـ· معادن الكلورايت:

كلورايت Chlorite $Mg_5Al(AlSi_3O_{10})\ (OH)_8$

سربنتين Serpentine $Mg_6\ (Si_4\ O_{10})\ (OH)$

تالك Talc $Mg_3\ (Si_4\ O_{10})\ (OH)_2$

كيمياء معادن المايكا ونظامها البلوري

معادن المايكا عموماً ذات تركيب كيميائي من سليكات الألمونيوم المعقدة مع البوتاسيوم وكذلك المغنيسيوم Mg والحديدوز Fe^{+2} وفي بعضها الصوديوم والليثيوم والحديديك Fe^{+3} وفي حالات قليلة يوجد المنجنيز والكروميوم والباريوم وكذلك يدخل فيها حتماً الهيدروكسايد (OH) وربما الفلورين F.

تتبلور المايكا في النظام أحادي الميل ولو أن بلوراته عادة لا تظهر في هذا النظام ولها مظهر سداسي كاذب ذلك لأنها ذات سطوح قاعدية واضحة ولها مظهر سداسي ذو زوايا تقرب إلى 60°أو 120° . وتتميز معادن المايكا بانفصام قاعدي كامل على الوجه (100).

الاسماء

سربنتين: من اسم بعض الثعابين والحيات Serpent ذات اللون الأخضر وذي الالتواءات والانحناءات كما في المعدن.

كلوريتود: من كلمة يونانية معناها خيوط ذهبية.

انتيجورايت: من منطقة انتيجورا Antigora بإيطاليا.

كاولين: من الكلمة الصينية Kaoline هو اسم تل بالصين يوجد فيه مستودعات للمعدن ولذلك تسمى منتجات المعدن من الأدوات المنزلية بالصيني.

كلورايت: من كلمة يونانية معناها أخضر إشارة إلى اللون المميز للمعدن.

موسكوفايت: من بلدة موسكو.

مسكوفايت

Muscovite 4 $[K Al_2 (Al Si_3 O_{10}) (OH)_2]$

التركيب الكيميائي: وكما يظهر يحل Al محل Si واحد من أربعة.

النظام البلوري: أحادي الميل غير أنه يظهر كالسداسي pseudo hexagonal ويوجد في هيئة صفائح كبيرة أو صغيرة أو شكل قشور وقد تكون متجمعة في هيئة ريشية أو كروية وتكون كذلك في تجمعات كتلية صغيرة خفية التبلور وتدعى سيريسايت Sericite

اللون: الصفائح الرقيقة عديمة اللون شفافة وربما تأخذ اللون الرمادي المصفر أو المخضر أو المحمر حسب الشوائب. **اللمعان:** زجاجي أما على سطوح الانفصام فمعدني أو فضي. **القساوة:** 2 – 3 . **الوزن النوعي:** 2.76 – 3.1.

صفة الناقلية للكهرباء والحرارة: عديم الناقلية للكهرباء ومقاوم للحرارة.

التواجد: المسكوفايت معدن واسع التواجد ويتواجد في عدد من أنواع الصخور: في الصخور المغمائية أو الصخور النارية الحامضية الجوفية Plutonic Igneous Rocks مثل الجرانيت والسيانايت.

i. يوجد كذلك في الصخور البجماتاتية Pegmatitic مصاحباً لمعدن الكوارتز والفلسبار والتورمالين والجارنيت والاباتايت والفلورايت في هذه الصخور البجماتية يوجد في بلورات كبيرة تعرف باسم الكتب books Muscovite وهو النوع الاقتصادي الذي يستغل.

ii. يوجد في الصخور المتحولة Metamorphic Rocks كصخور الشيست والنايس المتحولة وهو المعدن الأساسي في صخور الشيست الميكائي Mica Schist.

iii. كذلك له منشأها هيدروثيرمائي Hydrothermal نتيجة لتحلل من المعادن الأخرى مثل الفلسبار وبعض البايروكسينات وفي هذه الحالة يوجد في شكل قشور رقيقة لها بريق حريري ويعرف بالسيريسايت Sericite.

استخداماته: يستخدم المسكوفايت في المواد العازلة والصناعات الكهربائية والبطاريات والتلفونات والمصابيح الكهربائية والمكاوي وكذلك يستخدم (المساحيق) في المواد المقاومة للحرارة وصناعات أخرى كمواد البناء والمدافئ والورق والكرتون والأمتعة. وتنتج المايكا من منطقة الشريك في السودان (أبو حمد) غير أن الهند معروفة كأهم مصدر له.

الاسم: موسكوفايت مشتق من عاصمة روسيا موسكو حيث كثر استعماله بروسيا كبديل للزجاج.

الصفات البصرية:

اللون: عديم اللون. **التغير اللوني:** نادر إلا في بعض الحالات القليلة.

هيئة البلورة: بلورات مستطيلة أو نصلية أو في حبيبات قشرية صغيرة.

النتؤ: واطئ إلى متوسط. **ألوان التداخل:** إلى منتصف الرتبة الثالثة – عادة زاهية. **الانفصام:** جيد جداً قاعدي (001) في اتجاه واحد ، المقاطع المستعرضة لا تظهر انفصام. **الانطفاء:** موازي تقريباً وربما تكون زاوية صغيرة 2° – 3°.

معدن المسكوفايت من منطقة الشريك

صورة رقم (2-10)

بيوتايت

Biotite $4[K(Mg, Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2]$

التركيب الكيميائي: أساساً سليكات البوتاسيوم والمغنيسيوم والحديد والألمونيوم مع الهايدروكساید وقد يحل الفلورين محل الهيدروكسيد وقد يحتوي عل بعض المنجنيز والتيتانيوم والصوديوم.

النظام البلوري: يتبلور في النظام أحادي الميل ورغم أن بلوراته نادرة ولكن أشكالها غالباً ما تكون مسطحة أو منشورية قصيرة ذات مسطوح قاعدي واضح. وغالباً ما يوجد في هيئة كتل صفائحية غير منتظمة او قشور منتشرة في الصخر أو هيئة مجموعات قشرية.

اللون: أسود أو أخضر داكن أو بني معدني أحياناً بظلال حمراء أو خضراء أو برتقالية وبذلك يسهل تفريقها من الموسكوفايت عديم اللون ولذلك يسمى البيوتايت المايكا الداكنة.

البريق: لامع زجاجي·**القساوة:** 2 – 3 ·**الوزن النوعي:** 3.02 – 3.12 **الانفصام:** تام جداً حسب الوجه (001) وغير تام على الوجه (110)و(010) والصفائح مرنة مثله مثل الموسكوفايت كصفحات الكتاب Book.

التواجد: له عدة مناشئ لذلك يتواجد بكثرة·

1. له منشأ ماغمي magmatic ولذلك يوجد في الصخور النارية كمعدن رئيسي ولكن بلوراته تكون صغيرة وبكثرة في الصخور الغنية بالفلسبار (لغناها بالبوتاسيوم) مثل الجرانيت والسيانايت ربما يتكون من معادن الأمفيبول حسب السلسلة غير المتصلة Bowen Discontinuous series.
2. مثل الموسكوفايت يتكون في صخور البجماتايت Pegmatite وهو هنا يكون في بلورات كبيرة وربما في شكل كتب·
3. يوجد في الصخور المتحولة مصاحباً للموسكوفايت بصخور الشيست والنايس ويسمى الصخر حسب نوع المايكا هنا Biotite Schist وينشأ في حالات التحول بالتماس الصخور الاندفاعية contact metamorphism of plutonic rocks (Acidic) عندما تصلى الصخور الطينية وتحويلها بالحرارة thermal metamorphism of Argillaceous rocks.

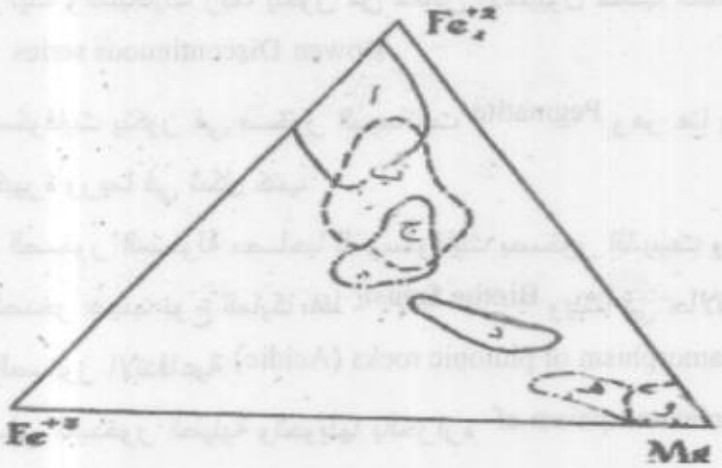
استخداماته: قليل منه المستعمل بالمقارنة مع الموسكوفايت وربما تستخدم صفائحه في هياكل أجسام لعب الأطفال كزينة ولكن هنالك أنواع منه مثل فيرمكيولايت Vermiculite يستخدم في الصناعات العازلة للحرارة والصوت·

التحلل: يتحلل البيوتايت إلى الكلورايت الأخضر وذلك في الحافات وخلال اتجاه الانفصام·

الصفات البصرية:

اللون: بني غامض إلى بني أصفر أو أخضر وله تغير لوني واضح Pleochroism من بني مختلف الشكل إلى أصفر أو أخضر وله كذلك امتصاص Absorption قوي ولكن

يعتمد على اتجاه المقطع فالمقاطع الموازية للانفصام ذات لون بني غامق جداً.
الانفصام: جيد جداً وقاعدي (001) وغالباً في اتجاه واحد كما في الموسكوفايت. **النتؤ:** من 1.58 – 1.64 حسب الاتجاه فهو متوسط.
ألوان التداخل: المرتبة الثالثة وألوان التداخل ربما تتأثر بلون المعدن الأصلي الغامق. **الانطفاء:** موازي تقريباً
ملحوظة: تظهر فى المايكا خصوصاً البيوتايت بقع ثاقبة هى ذرات من الزيركون.



(أ) بايوتايت من البجماتايت الجرانيتى
(ب) بايوتايت من الجرانيت والريوديورايت
(ج) بايوتايت من تونالايت والديورايت
(د) بايوتايت من الجابرو
(هـ) بايوتايت وفلوجوبايت من الصخور فوق القاعدية
(و) بايوتايت من الصخور الإستحالية الجيرية الغنية بالماغنسيوم

تنوع التركيب الكيميائى (الماغنسيوم والحديدوز والحديديك فى البيوتايت والفلوجوبايت فى الصخور المختلفة)
شكل رقم (2– 3)

المعادن الطينية
Clay Minerals

الطين هو نوع من الصخر غير المتماسك يكون نتاج عمليات التعرية والتحلل للصخور الأساسية نارية كانت أم رسوبية بسبب عوامل التجوية المعروفة (المياه – الرياح– الحرارة وغيرها) بقيت الصخور الطينية فى موقعها أو حملت إلى أماكن أخرى وترسبت. ولعل أصلها ذلك يبين بعض مميزاتها فالطين يتكون من جزئيات دقيقة من خليط من المعادن الصفائحية التى تمتص المياه وقابلة للبلل بأى كمية من المياه. وتكتسب حينذلك لزوجة ومرونة تجعلها سهلة التشكيل كان المعتقد أن المعادن الطينية هى مواد غير متبلورة ولكن وسائل الدراسات المتقدمة خصوصاً بواسطة الأشعة السينية أوضحت أنها مجموعة من المعادن المتبلورة وتتكون أساساً من سليكات الالمنيوم المائية وأغلبها ذات شكل صفائحى وتمت لمعادن المايكا بسبب بل إن المايكا الدقيقة خصوصاً الموسكوفايت وأنواعها المختلفة تكوّن جزءاً معتبراً من المعادن الطينية وبجانب سليكات الالمنيوم المائية يحتوى التركيب الكيميائى للمعادن الطينية بعض العناصر القلوية خصوصاً العناصر القلوية الأرضية Alkaline earth. تحتل دراسة المعادن الطينية مركزاً مهماً فى دراسات التربة بالنسبة للزراعيين بالأخص فى بلادنا السودان التى حباها الله بأرض طيبة شاسعة رحيبة تخرج نباتها ومحاصيلها المختلفة بإختلاف المناخ والأمكنة وتوتى أكلها كل حين ذرةً وقمحاً وخضروات وسكر وقطن وفواكه بإذن ربها. هذه المعادن الطينية هى التى تكون ما يعرف بطين القطن Cotton Clay والجروف الخضراء والسهول المعطاءة بغرب السودان وتربة الوديان ومدالق السيل الخصيبة فى كثير من مناطق البلاد.

أهم المعادن الطينية هى:

الكاولين	Kaolinite	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$
التالك	Talc	$Mg_3\ Si_4O_{10}(OH)_2$
بارفيلايت	Pyrophylite	$Al_2\ Si_4O_{10}(OH)_8$
موتموريلونايت	Montmorillonite	$Al_2\ Si_4O_{10}(OH)_2xH_2O$
فيرفيولايت	Vermiculite	$Mg_3\ Si_4O_{10}(OH)_2xH_2O$
كلورايت	Chlorite	$Mg_5\ Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$

ويمكن أن تضم اليهم معادن السيربتين Serpentine Mineral s بنوعيه المسطوح Platy Serpentine وهو الانتجورايت Antigorite $Mg_3Si_2O_5(HO)_4$ والالياقى وهو كرايسوتايل $Mg_3Si_2O_5(HO)_4$.

كاولين

Kaolinite 2[$Al_2\ Si_2O_5(OH)_4$]

التركيب الكيميائى: المعدن النقى يحتوى على 39.5% أكسيد الالمنيوم 46.5% أكسيد السيليكا مع 14% ماء ولذلك يفرز قطرات من الماء عندما يسخن بشده فى أنبوب مغلق.

النظام البلورى: يتبلور فى نظام الميول الثلاثى وبلورته صغيرة ولها هئية سداسية كاذبة ولكن فى الغالب يوجد المعدن فى كتل متماسكة أو تربة طينية. البلورات لها **إنفصام** جيد يصعب رؤيته لصغر البلورات. **اللون:** أبيض عندما يكون نقياً ولكنه يكتسب لونا رمادى أو بنى عندما يختلط بالشوائب **مخدشه:** أبيض، **بريقه:** أرضى. **الصلادة:** 2. **الوزن النوعى:** 2.6 وله ملمس شمعى.

التواجد: الكاولين شائع الوجود ذلك لأنه يتكون من تغير صخور سليكات الالمنيوم وعلى راسها الفلسبار كان ذلك بسبب عوامل التجوية أو نتيجة لغزو المحاليل المائية الحرارية. توجد مستودعات منه فى شوجينين قرب مدينة جبيت على طريق كسلا – بورتسودان – وهنالك العديد من أماكن تواجده فى شمال أواسط السودان كجزء من

رسوبيات العصر الجيرى Cretaceous Sediments فى ما يعرف إجمالاً بالصخور النوبية. أشهرها حوالى منطقة مدينة شندى وعلى ضفتى النيل.

الإستخدام: الاسم (كاولين) مشتق من اسم جبل Kaolin فى الصين ومنه يستخرج لصناعة أوانى الشاى (الصينى) والكاولين من المعادن الصناعية فبجانب إستخدامه الأول فى السيراميك بأنواعها والمعدات الصحية فإنه يدخل فى عدة صناعات أخرى كالمطاط والبوهية وطين الجبص غير أن أهم لإستخدامه الأن فى صناعة الورق فأغلب الإنتاج موجه لتلك الصناعة خصوصاً الورق المصقول.

مجموعة الكلوريت
CHLORITE GROUP

هذه المجموعة لها صلة بمعادن المايكا فهى مثلها مشيدة من صحائف سداسية مكونة من رباعية الاوجه (SiO_4) المتصلة، وذلك يفسر التشابه بين معادن الكلوريت ومعادن المايكا ومعادن الكلوريت هى معادن ثانوية تتكون من نواتج تغير البايروكسين (الاوجيت) والهورنبلند والمايكا والتى تحتوى على الالمونيوم وكذلك من معادن الجارنت ذات التركيب الكيميائى المناسب .

تضم المجموعة ثلاث معادن هى :

1. كلوريت Chlorite $(Mg,Fe,Al)_6(Al,Si)_4O_{10}(OH)_8$
2. ابوفيلايت Apophyllite $KCa_4(Si_4O_{10})_2.F.8H_2O$
3. برهنايت Prehnite $Ca_2Al(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
4. كرايسوكولا Chrysocolla $Cu_4H_4Si_4O_{10}(OH)_8$

كلورايت
CHLORITE $4[(Mg,Fe,Al)_6(AlSi)_4O_{10}(OH)_8]$

التركيب الكيميائى: كما يظهر من المعادلة الكيمائية فان هنالك كالعادة تبادل بين الحديد والمغنزيوم وربما يدخل الالمونيوم فى التناسق السداسى وكذلك يتبادل مع

السيليكون فى التناسق الرباعى · بسبب هذا نجد ان هنالك انواع متعددة من الكلوريت ،وخصوصا ان علمنا ان الحديديك Fe^{+3} يحل محل الحديدوز Fe^{+2} · وانواع اخرى تحتوى على الكروميوم Cr والنيكل Ni والمانجنيز Mn·

النظام البلورى : احادى الميل وهو شبيه بالمايكا فى تورقه ولكنه عادة فى تجمعات دقيقة الحجم ·

اللون : له لون اخضر مميز (ومنه جاءت التسمية) غير ان وجود المنجنيز يكسبه لون برتقالى او بنى والكروم يعطيه اللون البنفسجى **المخدش**:ابيض او اخضر باهت· **اللمعان**: زجاجى او ترابى **الانفصام**: تام على الوجه (001)، **الصلادة** : 2.5· **الوزن النوعى** : 2.6 –3.3 تزيد بزيادة الحديد·

التواجد: الكلورايت مشهور فى الصخور الاستحالية وهو المعدن المعرف لدرجة الاستحالة المعروفه بالشست الاخضر Green Schist Faceis · والكلورايت متواجد ايضاً فى الصخور النارية ذلك انه ينتج عند تحول سليكات المنجنيز والحديد مثل البايروكسين والامفيبول والبيوتايت وما اللون الاخضر الذى تتصف به بعض الصخورالقاعدية الا بسبب الكلورايت ·

ابو فيلايت

Apophyllite $2[K\,Ca_4\,(Si_4O_{10})_2\,F.\,8H_2O]$

التركيب الكيميائى: سيليكات البوتاسيوم والكالسيوم ذات التركيب الصفائحى حيث تتواجد ذرات المياه والفلورين بين الصفائح · ربما يحل الصوديوم Na بدلاً من البوتاسيوم ·

النظام البلورى : رباعى ويتواجد فى بلورات تظهر الاشكال المكعبية Cube Octahedron. **الانفصام**: ممتاز فى الوجه (001)· **اللون**: لا لون له او ابيض· **المخدش**: ابيض **اللمعان**: لؤلؤىعلى المسطوح (001) وفى غيره زجاجى،**القساوة**: 5· **الوزن النوعى** : 2.35

الصفات المميزة : بلوراته الكاملة مع لونه ولمعانه وانفصامه القاعدى كما انه ينصهر بسهولة مع الانتفاخ وتحريره كمية من الماء ·

التواجد: قليل التواجد فى العروق الحرمائية وفى فجوات الصخور البازلتية مع معدن الزيولايت ·

بريهنايت
Prehnite 2[Ca_2 $Al(Si_3AlO_{10})$ $(OH)_2$]

التركيب الكيميائى: مثالياً يحتوى على SiO_2 43.7%، Al_2O_3 24.8% ، CaO 27.1% وH_2O 4.4% وربما يحل الحديد محل بعض الالمونيوم

النظام البلورى : المعينى القائم وبلوراته شائعة وهى لها شكل شبيه بالمكعبى واحياناً لوحية او صفائحية ولكن غالباً فى كتل ·

الانفصام: جيد فى الوجه (001)· **اللون** : اخضر باهت واحياناً ابيض او رمادى·

المخدش: ابيض **اللمعان**: زجاجى · **القساوة**: 6.5 **الوزن النوعى** : 2.91

التواجد : غير شائع ولكنه يتواجد فى فجوات الصخور فوق القاعدية بصحبة معادن الزيولايت كما يتواجد فى بعض الصخور الاستحالية وربما ينتج من تحول البليجوكليز الغنى بالكالسيوم·

كرايسوكولا
Chrysocolla. $Cu_4H_4Si_4O_{10}(OH)_8$

بما ان هذه المادة لا بلورية amorphous فهى ليست بمعدن حقيقة رغم ان بعض اجزائها تظهر اشكال شبه بلورية من طبقات Si_4O_{10} ولكن عادة ما يتواجد فى كتل من مادة غير متجانسة ·

جاء ذكره هنا لاهميته الاقتصادية ذلك انه مصدر ثانوى لخام النحاس ويتواجد فى نطاق الاكسدة عند الاغناء الثانوى للمعدن الحامل للنحاس مع معادن المالاكايت ، والازورايت والكوبرايت والنحاس العنصرى ·

سيربنتين
Serprntine 2 [$Mg_3 Si_2O_5(OH)_4$]

هنالك نوعين من معدن السرنتين وهما الانتيجورايت Antigorite وهو اكثر شيوعاً والكرايسوتايل Chrysotile وهو النوع الالياقى وكلاهما له نفس الصفات المعدنية هنالك نوع ثالث وهو اقل تواجد وهو ليزردايت Lizardite· **التركيب الكيميائى :** $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ بحيث تكون نسبة الاكاسيد هى SiO_2 44.1% MgO 34.0% وH_2O 12.9% وربما يحل الحديد اوالنيكل محل المغنيزيوم ويحل الالمنيوم Al محل السيليكا·

النظام البلورى : احادى الميل ولكن البلورات قليلة التواجد ونوع الانتجورايت له شكل سداسى كاذب فى حين نوع الكرايسوتايل اقرب الى الرباعى فى شكله · وبالرغم ان كليهما يتبلور فى النظام احادى الميل الا ان دراسة حيود الاشعة السينية (X.R.D) يظهر ان هنالك اختلاف بسيط فى النسب المحورية · فهى بالنسبة للانتجورايت a: b: c= 0.567 : 1 : 0.118 β = 91° 24° ومحتوى وحدة الخلية Z=2 ، فى حين أنها بالنسبة للكرايسوتائل Chrysotitle a:b:c = 0.577:1:1.584 β =93°.16′ ومحتوى الخلية Z=4 · على كل تواجدالسيربنتين فى بلورات قليل جداً وأغلب تواجده فى كتل لاشكل لها إلا عندما تكون اليافية ·**اللون:** اللون الغالب هو الاخضر وقليلا مايكون اصفر او بنى محمر · **المخدش:** ابيض، **اللمعان:** شمعى عندما يكون فى كتل وحريرى عندما يكون من النوع الالياقى· **الانفصام:** لاانفصام له· **القساوة:** 6-4 **الوزن النوعى:**2.6-2.5.

التواجد:السيربنتين متواجد بكثرة حيث أنه يتكون من تغير سليكات المغنيزيوم مثل الاوليفين والباروكسين والامفيبول ويمكن ايراد أمثلة لذلك تغيير الفورستراييت

$$2Mg_2SiO_4+3H_2O \rightarrow Mg_3Si_2O_5(OH)_4+Mg(OH)_2$$

Olvine Serp Brucite

$$5Mg_2SiO_4+ 4H_2O \rightarrow 2H_4Mg_3Si_2O_9 + 4MgO + SiO_2$$

Olv Serp Removed in Solu.

$$3Mg_2SiO_4 + 2H_2O + CO_2 \rightarrow Mg_3Si_2O_5(OH)_4 + MgCO_3$$

Olv Serp Magnesite

$$(4)\quad 3Mg_2SiO_4 + 4H_2O + SiO_2 \rightarrow 2[Mg_3Si_2O_5(OH)_4]$$

Olv. From Soluti Serp

ويمكن ان يصيب هذا التحول كل الصخور فوق القاعدية مثل البريدوتايت Predotite المكون اساساً من صخور الدونايت Dunite مثلا وفيها الاوليفين غالب·فتصير كلها صخر من السربنتين يطلق على صخر السربنتينايت Serpentinite كما فى معقد جبال الانقسنا وكثيرمن المعقدات فوق القاعدية·

ولقد قدم المؤلف دراسات موسعة لهذا التغير فى بحثه المقدم لدرجة الدكتوراة وفى دراسته لمستودعات الاسبستوس (Chrysotile) الذى اكتشفه عام 1964 م فى جبال الانقسنا · والتحلل والتغير الذى يصيب الصخور فوق القاعدية ينتج عنه بجانب السربنتين (نوع الانتجورايت) فى اغلب الحالات ولكن عندما يكون يكون هنالك عوامل شد Tension كما فى اطراف المعقد Complex وربما يتكون الاسبستوس (Chrysotile) كما فى منطقة ككر غرب المعقد ومنطقة فادميا شرقه · وربما ادى التغير عند وجود المحاليل الكربوناتية $(CO_3)^{-2}$ الى الماجنزايت $(MgCO_3)$ Magnesite عوضاً عن البروسايت Brucite $Mg(OH)_2$ ، امثلة ذلك فى جبال الانقسنا نجدها فى روموليك· وربما يتعدى التغير الى مرحلة تالية فينتج معدن التالك Talc $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ وشواهد ذلك كثيرة فى جبال الانقسنا · لذلك فالسربنتين يصاحب هذه المعادن مع المعادن المتواجدة اساساً فى الصخور فوق القاعدية مثل الكرومايت والماجنيتايت وبقايا الاولفين والبايروكسين ·

استعمالاته : كما سبق النوع الالياقى Chrysotile هو الاسبستوس الذى بجانب انه الياقى يتميز بقلة توصيله للحرارة (بل هو عازل لها) ومقاومته العالية للكهرباء وعدم تفاعله الكهربائى· هذه الميزات اهلته للعديد من الاستخدامات فى الصناعات المتعددة،

فالنوع الجيد الذى يمكن نسيجه يصنع منه اقمشة عازلة للحرارة كالتى يلبسها رجال اطفاء الحرائق والتي تستعمل في عزل التوصيلات في المصانع · لكن اكبر استهلاك للاسبستوس مع الاسمنت فى صناعة منتجات الاسمنت الاسبستوسى - Cement asbestos products كالمواسيروالالواح والسقوفات وغيرها مما هو معروف·

التسمية : من كلمة Serpent اللاتينية بمعنى ثعبان وذلك اشارة الى شكله العام·

معدن الاسبستوس من منطقة فادميا شرق جبال الانقسنا

صورة رقم (2-11)

تالك

Talc 4[$Mg_3 Si_4 O_{10}(OH)_2$]

التركيب الكيميائى: مثالياً يحتوى على % MgO 31.7 ، SiO_2 63.5% وH_2O 4.8% وربما يحل الالمنيوم Al والتيتانيوم Ti محل السيليكا · وكالعادة يحل الحديد Fe محل الماجنيزوم Mg ليكون معدن مينيسوتيات minnestaite $Fe_3Si_4O_{10}(OH)_2$ والذى يتواجد فى مستودعات الحديد فىالصخور منخفضة الاستحالة ،وعند التسخين (الى درجة حرارة c 780°) يتحلل التالك الى اينستاتايت $MgSiO_3$ والكوارتز SiO_2 مع تحرير الماء

$$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2 \rightarrow 3MgSiO_3 + SiO_2 + H_2O.$$

سهولة التحلل مع ليونته فهو اقل المعادن صلادةً (جدول موهو) ناتج من ان الترابط بين صحائفه جد ضعيف والصفائح نفسها قابلة للانثناء .

النظام البلورى : يتبلور فى النظام احادى الميل غير ان البلورات نادرة وغالباً ما يكون فى كتل يطلق عليها اسم ستياتايت Steatite او ما يعرف بحجر الصابون Soup Stone وربما يكون فى هيئة مجموعات صفائحية او شعاعية. **اللون**: ابيض فضى او اخضر فاتح او رمادى. **المخدش**: ابيض. **البريق** : لؤلؤى او شمعى وهو نصف شفاف.**الصلادة** : اقل المعادن صلادة (جدول موهو)

التواجد : منشأ التالك نتيجة للاستحالة المنخفضة او متوسطة الحرارة للصخور الغنية بالماجنيزيوم كالصخور فوق القاعدية كما فى منطقة قلع النحل وفى جبال الانقسنا . وربما يكون طبقات ترقى الى مستودعات يمكن استغلالها .

$$2\ H_4Mg_3Si_2O_9 + 3CO_2 \rightarrow\ Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2 + 3MgCO_3 + 3H_2O.$$

الاستخدام:المشهور استعماله فى مساحيق الزينة والمود الطبية غير ان له العديد من الاستخدامات فى الصناعات المختلفة كصناعة الصابون والمطاط والورق وفى صناعة بعض المواد المقاومة للحرارة والاحماض.

التالك

صورة رقم(2-12)

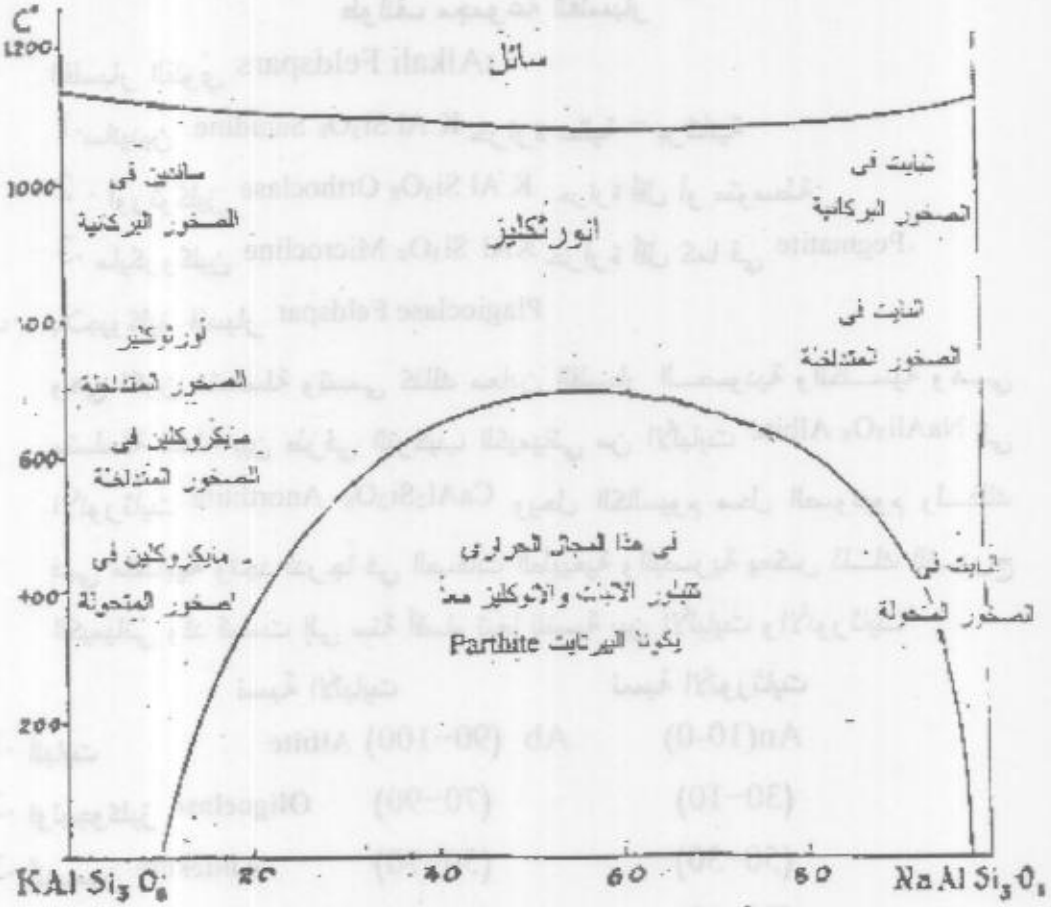
(5)المعادن السليكاتية الهيكلية

مجموعـــةالفلسبـــار
FELDSPAR GROUP

هذه المجموعة من أهم مجموعات المعادن إذ أنها هي ومعادن الكوارتز تكون ما يقرب من حوالي ثلاثة أرباع القشرة الأرضية ، وكل من معادن الفلسبار والسليكا Feldspars and Silica ينتمي إلى البنية الشبكية التيكتوسليكاتية Tectosilicates أو السليكات الهيكلية Frame work Structure. ونذكر أن في هذه البنية فإن وحده رباعي الأوجه السليكية SiO_4 Tetrahedron تتحد مع بعضها والوحدات المجاورة عن طرق المشاركة في أيونات الأكسجين الأربعة (أي تتحد في أربعة أركان رباعي الأوجه) لذا فإن البنية من رباعي الأوجه تتكرر في الأبعاد الثلاثة three dimensional في شكل شبيه بهيكل أو بناء العمارة وتكون النسبة بين السليكا والأكسجين Si : O = 1 : 2 وهذه الصيغة متعادلة الشحنة ولا تحتاج للاتحاد مع أيونات أخرى كما في حالة الكوارتز SiO_2 ولكنها حتى ولو اتحدت مع أيونات أخرى مثل K, Na, Ca كما في الفلسبار فإن الهيكل البنائي جد مستقر وهي من أكثر المركبات السليكاتية استقراراً في الطبيعة ولذلك تكون السليكا والفلسبار وهي معادن متواجدة في كل أنواع الصخور (نارية ، متحولة و رسوبية) وكذلك في الظروف الطبيعية المختلفة من درجات الحرارة والضغط.

وبما أن نصف قطر الألمونيوم (Al^{+3}) مشابه لنصف قطر(Si^{+3}) فإن الألمونيوم يحل محل السليكون في رباعي الأوجه وينتج من ذلك إخلال بتوازن الشحنة مما يسمح بدخول كتيونات cations فلزية مثل الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم في معادن الفلسبار مع احتفاظها بنفس البنية الهيكلية Frame work structure ويمكن أن يكون الكاتيون Ba.

ونرجع لدراسة البيان الشكلي الثلاثي $KAlSi_3O_8 - CaAl_2Si_2O_8 - NaAlSi_3O_8$ لنرى العلاقة بين استقرار بلورات الفلسبار عامة مع درجة الحرارة.



أصناف الفلسبار عند درجات الحرارة المختلفة والصخور التى تحتويها

شكل رقم (2-8)

طوائف مجموعة الفلسبار

أ. الفلسبار القلوي Alkali Feldspars:

1. سانيدين Sanidine $K\,Al\,Si_3O_8$ حرارة عالية – بركانية.
2. أورثوكليز Orthoclase $K\,Al\,Si_3O_8$ حرارة أقل أو متوسطة.
3. مايكروكلين Microcline $KAl\,Si_3O_8$ حرارة أقل كما في Pegmatite.

ب. بلاجيوكليز فلسبار Plagioclase Feldspar

وهي تكون متسلسلة وتسمى كذلك معادن الفلسبار الصودية والكلسية وهي متسلسلة كاملة بين طرفي التركيب الكيميائي من الألبايت Albite $NaAli_3O_8$ إلى الأنورثايت Anorthtite $CaAl_2Si_2O_8$ ويحل الكالسيوم محل الصوديوم ولذلك فهي متشابهة ونجد تدرجاً في الصفات الطبيعية والبصرية يعكس ذلك التدرج الكيميائي وقد قسمت إلى ستة أقسام تبعاً للنسبة بين الألبايت والأنورثايت:

	نسبة الألبايت	نسبة الأنورثايت
1. ألبايت Albite	Ab (90–100)	An(10-0)
2. اوليجوكليز Oligoclase	(70–90)	(30–10)
3. أنديسين Andesine	(50–70)	(50–30)
4. لابرادورايت Labradorite	(30–50)	(70–50)
5. بايتونايت Bytownite	(10–30)	(90–70)
6. أنورثايت Anorthtite	(0–10) Ab_{0-10}	(100–90) An_{90-100}

ونكرر أن معادن البلاجيوكليز الست تتدرج تدرجاً منتظماً بين النهايتين Ab و An ولقد أعطيت أسماء مختلفة للأنواع المتوسطة ليسهل الإحاطة بها ولكن يمكن أن ندرسها كوحدة واحدة كاملة وليست كأنواع أو فصائل منفصلة مع ملاحظة التدرج.

مجموعة معادن البلاجيوكليز تتبلور فى نظام الميول الثلاثة Triclinic وعادة ما تكون في أشكال موشورية مسطحة ويكثر فيها بشكل واسع عمليات التوأمة حسب

قوانين محددة. وهذه الخاصية هي من الصفات التي يمكن بها مع خصائص أخرى التمييز بين الأنواع الست المذكورة أعلاه.

التسمية: الأورثوكليز اشتق من خاصية التشقق المتعامد. مايكروكلين وتعني بالتسمية اليونانية ميل بسيط.

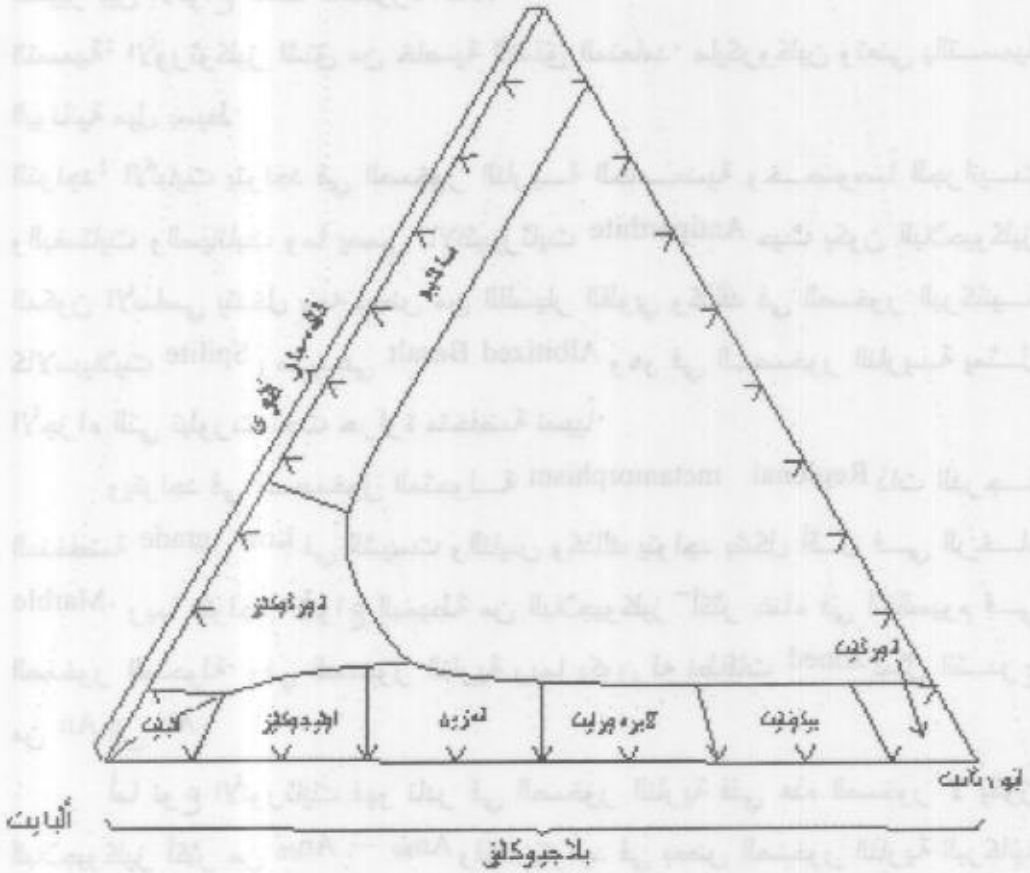
التواجد: الألبايت يتواجد في الصخور النارية الحامضية وخصوصاً الجرانيت والبغمتايت والسيانايت وما يسمى بالانتيبيرثايت Antiperthite حيث يكون البلاجيوكليز المكون الأساسي يتدخل معه بعض من الفلسبار القلوي وكذلك في الصخور البركانية كالاسبيلايت Spilite وما يدعى Albitized Basalt وهو في الصخور النارية يمثل الأجزاء التي تبلورت تحت حرارة منخفضة نسبياً.

ويتواجد في الصخور المتحولة Regional metamorphism ذات الدرجة المنخفضة Low grade في الشيست والنايس وكذلك يتواجد بشكل أقل في الرخام Marble. ربما تتواجد الأنواع البسيطة من البلاجيوكليز –أكثر غناء في الكالسيوم في الصخور المتحولة. وفي الصخور النارية ربما يكون له نطاقات zoned تمثل التدرج من An إلى Ab.

أما نوع الأنورثايت فهو نادر في الصخور النارية ففي هذه الصخور لا يكون البلاجيوكليز أكثر من $An_{80} - An_{90}$ ولكنه يتواجد في بعض الصخور النارية البركانية القاعدية Basic volcanic lava التي تنشأ من الحمم البركانية Tuffs and Amygdaloidal lava.

أما ما يسمى بالأنورثايت Anorthite فهو في الحقيقة يتكون من بايتونايت $An_{70} - An_{90}$ ولابرادورايت $An_{50} - An_{70}$ ويوجد الأنورثايت في بعض الأحيان في الصخور الجيرية المتحولة حرارياً بالاتصال contact metamorphic limestone.

التحول: يتحول البلاجيوكليز عامة (خصوصاً الغني بالكالسيوم) إلى معادن الزويزايت Zoisite والكالسايت Calcite والسوسورايت Saussurite والمعادن الطينية.



التركيب الكيميائى لمتسلسة البلاجيوكليز وأسامى مفرداتها مع الفلسبار القلوى عالى الحرارة

شكل رقم (2-8)

مجموعة البلاجيوكليز
PLAGIOCLASE GROUP

التركيب الكيميائي: متسلسلة متصلة من الألبايت $Na\ Al\ Si_3\ O_8$ والأنورثايت $Ca\ Al_2\ Si_2\ O_8$ وتحتوي الأنواع القريبة من الطرف الألبيتي على بعض البوتاسيوم K

النظام البلوري: تتبلور مجموعة البلاجيوكليز في نظام الميول الثلاثة Triclinic والبلورات مسطحة متوازية على المسطوح (010). والبلورات عادة ما تكون عدة توائم على قوانين توأمة متعددة أكثرها قانون بيركلين Pericline والبافينو Baveno والالبايت Albite وينتج من هذه التوأمة تخطيط الأسطح المختلفة للبلورة ربما ترى بالعين لكنها ظاهرة تحت المجهر وبقياس زاوية انطفاء التوأمة هذه يمكن التحديد المبدئي والتقريبي لنوعية البلاجيوكليز إن كان اقرب لأحد الطرفين.

اللون: عادة عديمة اللون أو رمادية أو بيضاء وفي حالات قليلة ربما تكون مائلة للخضرة أو الاصفرار وبعض الأنواع كاللابرادورايت يظهر خاصية عرض الألوان Play of colours. **البريق:** زجاجي أو لؤلؤي شفاف أو نصف شفاف. **الصلادة أو القساوة:** 6-6.5.

الوزن النوعي: تتدرج كثافة البلاجيوكليز من 2.62 عند الألبايت إلى 2.76 عند الأنورثايت وإن أمكن تحديد الوزن النوعي بدقة فيمكن تمييز أنواع البلاجيوكليز على أساسها كما في الرسم البياني.

الصفات البصرية:

اللون: عديمة اللون ولكنها مغبرة بسبب التحلل. **الانفصام:** في اتجاهين متعامدين قاعدي (001) كامل ومنشوري (010) جيد. **النتوء:** عادة واطئ ومعاملات الانكسار تتدرج من حوالي 1.535 في الألبايت إلى 1.585 في الأنورثايت على حسب الاتجاه. **ألوان التداخل:** رصاصي أو أبيض من الرتبة الأولى. **الانطفاء:** متناظر نسبة للتوأمة حسب قانون ألبايت وهو كما قلنا طريقة للتمييز بين أنواع البلاجيوكليز تحت المجهر.

التمنطق: تحتوي بعض أنواع البلاجيوكليز على تمنطق zoning حيث يكون مركز البلورة غني بالكالسيوم (أنورثايت) ثم يتدرج الغنى بالصوديوم إلى الحافات.

الاسماء

الألبايت من اللغة اللاتينية Albus بمعنى أبيض وكذلك يسمى حجر القمر Moon stone.

أوليجوكليز: ربما يحتوي على حديد (الهيماتايت) مما يكسبه لوناً ذهبياً ولذلك يسمى حجر الشمس Sun stone.

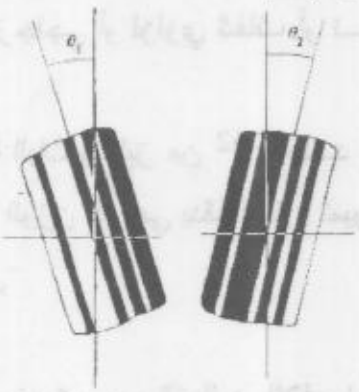
مايكروكلين: وتعني بالتسمية اليونانية ميل بسيط.

الأورثوكليز: اشتق الاسم من خاصية التشقق المتعامد.

انديزين: نسبة إلى جبال الانديز Andes Mountains حيث يوجد المعدن في الطفوح البركانية.

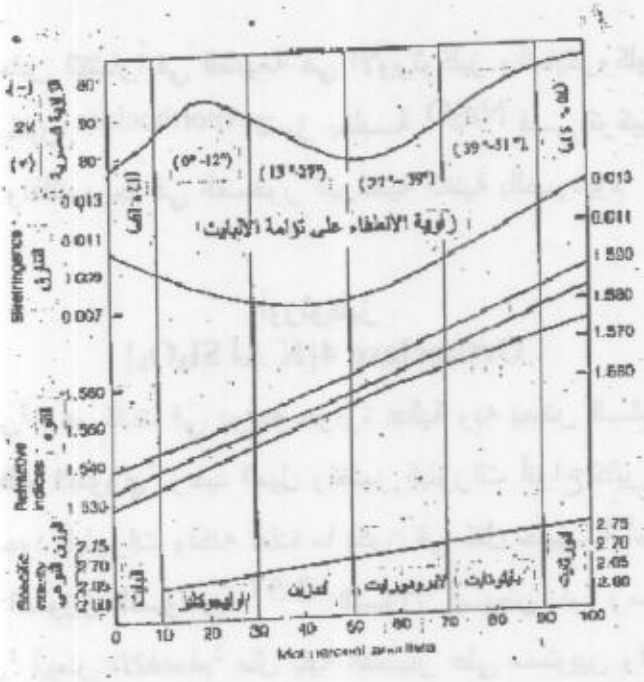
لابرادورايت: اسم للمعدن من ساحل لابرادو في إيطاليا.

بايتونايت: من منطقة Bytone بكندا.



طريقة قياس زاوية الإنطفاء في البلاجيوكليز من شريحة متعامدةعلى توامة الألبايت. زاوية الإنطفاء هي متوسط في الشكل $Q_2 - Q_1$ وهي تساعد في تحديد نوعية البلاجيوكليز.

شكل رقم (2-9)



تدرج الوزن النوعى والصفات البصرية فى سلسلة البلاجيوكليز
شكل رقم (2-10)

الفلسبار القلوي
Alkali Feldspar

يسمى كذلك الفلسبار البوتاسي Potash Feldspar ذلك لأن التركيب الكيميائي هو $K\ Al\ Si_3O_8$ وأهم انواعه:

1. سانيدين Sanidine درجة حرارة عالية، يوجد في صخور بركانية حمضية.
2. أورثوكليز Orhoclase درجة حرارة أقل ، يوجد في صخور جوفية حمضة.
3. مايكروكلين Microcline درجة حرارة أقل يوجد في صخور البجماتايت الجرانيتية.
4. أديولاريا Adularia درجة حرارة منخفضة ويوجد في العروق المائية الحارة.

أكثر هذه المعادن انتشاراً في الطبيعة هي الأورثوكليز والمايكروكلين. وهنالك نوع آخر هو الأنورثوكليز Anorthoclase تتميز بغلبة Na_2O في تركيبه الكيميائي $(Na,K)AlSi_3O_8$ ولذلك يوجد في الصخور البركانية الغنية بالصوديوم.

أورثوكليز
Orthoclase 4[K Al Si_3O_8]

التركيب الكيميائي: وهو ثابت في درجة حرارة عالية وبه بعض الشوائب كالحديد والباريوم Ba. **النظام البلوري:** وحيد الميل وتظهر البلورات أنواع كثيرة من التوائم Twining ويكثر وجود البلورات ولكنه عادة ما يكون في كتل حبيبية أحياناً لا شكل لها. **الصلادة:** 6. **الوزن النوعي:** 2.57. **اللون:** أبيض أو رمادي. **البريق:** زجاجي. **المخدش:** أبيض. **الانفصام:** مثل بقية الفلسبار على مستويين واحد كامل على المسطوح القاعدي (100) والآخر جيد على المسطوح الجانبي (010) وزاوية الانفصام قائمة.

المميزات: يتميز عن البلاجيوكليز بصلادته ولونه وزاوية الانفصام القائمة وعدم وجود خطوط التوأمة التي تميز البلاجيوكليز.

التحلل: يتحلل المعدن بسهولة بواسطة المياه المحملة بثاني أكسيد الكربون وينتج عن التحلل كربونات البوتاسيوم التي تذوب في الماء ويتخلف عن المعدن مخلوط من المعادن أشهرها الكاولين Kaoline والموسكوفايت وخصوصاً نوع السيريسايت Sericite الرقيق وكذلك السليكا SiO_2 وربما اللاترايت Laterite والبوكسايت Bauxite.

التواجد: معدن الأورثوكليز واسع الانتشار ويوجد في الصخور النارية الحمضية وهو مميز لها مثل الجرانيت والسيانايت ويوجد كذلك في عروق البجماتايت Pegmatite مع المايكروكلين الذي هو أكثر تواجداً فيها ويوجد الاورثوكليز كذلك في الصخور المتحولة مثل الشيست والنايس وكذلك في الصخور الرسوبية وبصخور الكونجلومرات

Conglomerates وربما في الصخور الرملية Sandstones. ويصاحب الأورثوكليز عادة معادن الكوارتز Quartz والموسكوفايت Muscovite والألبايت Albite بصفة عامة في هذه الصخور.

استعمالاته: يستعمل الأورثوكليز كمادة مساعدة في صناعة الخزف أو كمادة رئيسية مع الكاولين حيث يطحن معه ويكسب الفلسبار المصهور اللمعة للأواني الخزفية. يستعمل كذلك في صناعة الزجاج.

الصفات البصرية:

البلورات كما ذكرنا أحادية الميل وهي في شكل بلورات منشورية ألواحية كاملة الأوجه أو ناقصة الأوجه.

اللون: عديم اللون ولكنه غالباً ما يكون مغبراً cloudy نسبة للتحلل وهي صفة تمييز عن الكوارتز والسانيدين اللذان هما صافيان. **النتوء:** واطئ ولكنه أعلى من الكوارتز وقرينة الانكسار واطئة. **الانفصام:** قاعدي كامل (001) أو موشوري جيد (010). **الانطفاء:** حسب المقطع فهو مواز في المقاطع القاعدية (001) مائلاً قليلاً في المقاطع الموشورية (010) على زاوية من صفر إلى 12° وتزداد بازدياد الصوديوم.

مايكروكلين
Microline 4[K Al Si_3 O_8]

التركيب الكيميائي: وبه كميات لا بأس بها من Na_2O وأنواعه الخضراء (والذي يدعى الامازونيت Amazonite) يحتوي على Rb_2O و CaO .

النظام البلوري: النظام ثلاثي الميل وبلورات ألواحية كبيرة كاملة الأوجه أو ناقصة الأوجه وتوجد به توأمة معقدة ومتكررة تكسبه شكل مميز تظهر تحت المجهر وبها يميز المايكروكلين – وتوجد توأمة على حسب قانون البايت Albite Law في الاتجاه (010) والثانية حسب قانون Pericline Law على المحور b ويتقاطعان عمودياً (90°) ولذلك يعطي شكله الشبكة المتقاطعة Cross Hatch Twining. **اللون:** رمادي أو أبيض

أو عديم اللون وكما سبق ربما به إخضرار Amazonite. **اللمعان:** زجاجي وعلى سطوح الانفصام صدفي. **القساوة:** 6-6.5. **الوزن النوعي:** 2.54 - 2.57. **الانفصام:** قاعدي كامل على الوجه (001) ومشوري جيد على (010) .

التواجد: يتواجد في الصخور النارية الاندفاعية وخصوصاً الخشنة منها والحامضية كالجرانيت والبغماتايت وهنا ربما تكون في بلورات كبيرة تصل إلى عشرات السنتيمترات أو إلى بعض الأمتار . كذلك يتواجد في الصخور المتحولة كالنايس. ويوجد في الصخور الرسوبية كالحجر الرملي والكونجلمرايت Conglomerates .

التحلل: مثل الأورثوكليز يتحلل إلى السيرسايت والكاولين.

الصفات البصرية

البلورات كما ذكر ثلاثي الميل Triclinic ويوجد في بلورات لوحية أو سطحية تتميز بالتقاطع الشبكي كما سبق Cross Hatching.

اللون: عديم اللون ولكن ربما يكون متغير إلى أغبش بسبب التحلل .

النتوء: واطئ. **قرينة الانكسار:** واطئة. **ألوان التداخل:** من رصاصي إلى أبيض من المرتبة الأولى. **الانفصام:** كما سبق قاعدي كامل (001) وموشوري جيد (010) **الانطفاء:** مائل ولكن على زاوية صغيرة من صفر إلى 5° ولذلك يظهر عليه بعض التموج عند التوأمة الشبكية.

سانيدين
Sanidine 4 [K Al Si_3 O_8]

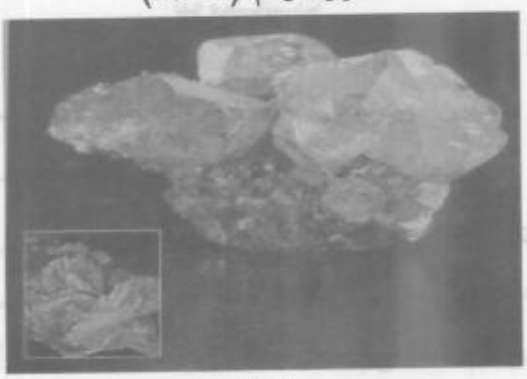
التركيب الكيميائي: كما في الفلسبار القلوي.

النظام البلوري: أحادي الميل ذو بلورات لوحية كاملة الأوجه أو مستطيلة وتكون شقوق مستعرضة. **اللون:** عديم اللون وصافي Clear بالمقارنة مع الأوثوكليز والمايكروكلين **الانفصام:** له انفصام قاعدي كامل وموشوري جيد ولكن بلوراته بها شقوق مستعرضة Traverse cracks. **التوأمة:** بسيطة وليس كباقي الفلسبار القلوي.

التواجد: في الصخور النارية البركانية حيث يتبلور في درجة حرارة عالية ولذلك نجد في صخور الريولايت Rhyolite والتراكايت Trachyte ويظهر عليها التراص والتموج البركاني في بلوراته. كذلك نجد السانيدين في الصخور المتحولة ذات الرتب العالية High grade metamorphism أو الصخور المتحولة نتيجة التماس والاندفاعات القاعدية Plutonic Rocks ونجدها في القطع المتداخلة Contact metamaphism ضمن الصخور المنصهرة.

الأورثوكليز

صورة رقم (2-13)



برزايلنايت

صورة رقم (2-14)

طائفة الفلسباثويد
FELDSPATHOIDS

كما تدل التسمية فهي طائفة شبية بمجموعة الفلسبار في تركيبها الكيميائي فهي مثلها سليكات الألومونيوم مع الصوديوم أو البوتاسيوم الفارق الأساسي هي أن الفلسباثويد فقيرة في السيليكا فما تحتويه منها يعادل ثلثي الكمية الموجودة في الفلسبار. ولذلك لا نجدها برفقة السليكا الحرة وإلا تفاعلت معها وتحول الفلسباثويد إلى فلسبار.

ومثل الفلسبار تتخذ هذه المعادن الشكل السليكاتي الهيكلي.

أهم معادن الفلسباثويد هي:

- ليوسايت Leucite $K\ Al\ Si_2\ O_6$ يشبه الاورثوكليز.
- نيفيلين Nepheline $Na\ Al\ Si\ O_4$ يشبه الالبايت.

وفي بعضها نجد عناصر إضافية كالهايدروكسيل والكلورايت و الكربونات.

- كانكرينايت Cancrinite $Na_3\ (Al\ Si\ O_4)_6\ (HCO_3)_2$.
- سودالايت $Na_3\ (Al\ Si\ O_4)_6\ Cl_2$ Sodalite .

ليوســـايـــت
Leucite 16[$KAlSi_2O_6$]

التركيب الكيميائي: كما مبين سلفاً $K\ AL\ Si_2\ O_6$ ويمكن أن يحل قليلاً من الصوديوم محل البوتاسيوم وعندما يغلب الصوديوم يصبح معدن جيدايت.

النظام البلوري: مكعبي وبعد المحور $a = 13.43\ A^0$ ومحتوى الخلية $Z = 16$. والبلورات تتخذ الشكل المكعبي ذي الأربعة وعشرين وجهاً.هذا عند درجات الحرارة العليا أما في حرارة أقل من 605° تتحول البلورات إلى النظام الرباعي. **الانفصام:** غير واضح.**اللون:** أبيض أو رمادي فاتح.**المخدش:** لا لون له.**اللمعان:** زجاجي وهو ضعيف الشفافية إلى معتم. **الصلادة:** 6.**الوزن النوعي:** 2.47

التواجد: يتواجد الليوسايت في كثير من الصخور البركانية وخصوصاً تلك الغنية بالقلويات و الفقيرة في السيليكا وأشهر أماكن تواجده في طفوح البراكين كبركان فيزوف في إيطاليا.

الصفات المميزة: الشكل البلوري المذكور وهو دلالة على أنه تبلور قبل أن يبرد الصهير. والليوسايت غير قابل للانصهار غير أنه يذوب في حامض الهايدروكلوريك وكما سبق القول يستحيل تواجده مع معدن الكوارتز.

نيفيلين
Nepheline 8[$NaAlSiO_4$]

التركيب الكيميائي: في الغالب يحتوي على كمية من البوتاسيوم قد تصل إلى 12% أكسيد البوتاسيوم.

النظام البلوري: يتبلور النيفيلين فى النظام السداسي في بلورات منشورية ولكن أغلب تواجده في هيئة كتل متماسكة أو حبيبات. وله **انفصام** ضعيف جداً غير أن به تشقق.

اللون: غالباً أبيض وأحياناً رمادي أو أصفر. **والمخدش:** أبيض وهو شفاف إلى نصف شفاف وبريقه زجاجي أو شمعي عندما يكون في كتل.

الصلادة: 6 **الوزن النوعي:** 2.6

التواجد: يتواجد النيفيلين في الصخور البركانية وكذلك في الصخور المتداخلة وكذلك في صخور البجماتايت المصاحبة لصخور النيفيلين سيانايت Nepheline Syenite وفي كل الحالات يكون المصدر الصهيري فقير في السيليكا وكذلك يتواجد في الكاربوناتايت بصحبة الكالسايت والكانكرنايت .

الصفات المميزة: ينصهر في اللهيب إلى مادة زجاجية ويذوب في حامض الهيدروكلوريك مخلفاً مادة جلاتينية من السيليكا ولوجود الصوديوم يكتسب اللهب لوناً أصفراً.

استعمالاته: النيفيلين النقي يستعمل في صناعة الزجاج وصناعة الصيني والخزف.

كانكرينايت
Cancrinite [$Na_3 (Al\ Si\ O_4)_6 (HCO_3)_2$]

يتبلور في النظام السداسي ويوجد في حبيبات لا شكل لها أو كتل وقليلاً في بلورات منشورية وله **انفصام** جيد وهو ذو **لون** أبيض يميل إلى الاصفرار أحياناً **ومخدش** أبيض وبريق زجاجي. **وصلادة** الكانكرينايت حوالي 6 **ووزنه النوعي** 2.5 .
يتواجد الكانكرينايت في الصخور المتداخلة من عائلة النيفيلين سيانايت مع الفلسباثويد الأخرى.

سودالايت
Sodalite [$Na_3(Al\ Si\ O_4)_6\ Cl_2$]

يتبلور في النظام المكعبي ولكن غالباً ما يكون في كتل وأشكال غير منتظمة **وانفصاله** ضعيف.والسودالايت ذو **لون** أزرق جميل ولربما يكون أبيض أو قرمزي **ومخدشه** أبيض له **بريق** زجاجي. **صلادته** حوالي 6. **ووزنه النوعي** 2.30
التواجد: في كل من الصخور البركانية والمتداخلة وهو أكثر في الصخور التداخلية مصاحباً للنيفيلين. وأحياناً يتواجد في صخور البجماتايت المرتبطة بتلك الصخور. هنالك نوع متشابه مع السودالايت يسمى لازورايت lazurite وفيه يحل الكبريت محل الكلورين وهو مثله ذو لون أزرق جميل وهو يستعمل للزينة وحجر كريم أحياناً. وكان يستعمل المعدن للتلوين بالأزرق البحري Ultramarine ولكنه الآن يتم تصنيعه بالتركيب الكيميائي.

هناك معادن أخرى تنتمي إلى الفلسباثويد كالنوزين $Na_3\ AlSiO_4)_6SO_4$ والهوين $(Na\ ,Ca)_{4-8}(AL\ Si\ O_4)_6\ (\ SO_4)_{1-2}$.

طائفة الزيولايت
ZEOLITE GROUP

هذه الطائفة تمت لمجموعة الفلسبار وطائفة الفلباسويد بصلة ذلك أنها مثلها تتخذ الشكل الهيكلى ولكنها تتميز بأنها تحتوى على الهايدروكسيد.

يمكن التعبير عن التركيب الكيميائى لطائفة الزيولايت مختصراً ب $W_mZ_TO_{2T}sH_2O$ وفيه تمثل Wأساساً Ca &Na (وربما K,Ba, Sr) فى حين أن Z تمثل (Si + Al) وبها النسبة بين Si : Al هى واحد أو أكثر. ونلاحظ أنه دائماً ما يكون (Si +Al) : O = 1:2 تمشياً مع الشكل الهيكلى وكذلك من قواعد طائفة الزيولايت أن النسبة بين $(Na_2O + CaO)$=1:1 : Al_2O_3 غير أن التبادل الذرى فى هذه الطائفة جد محدود ولذلك نجد أن الطائفة تحتوى على عدد كبير من مسميات المعادن ولكن هذه المعادن ذات إستقرار ضيق.أما ما تحتويه من ذرات المياه (H_2O) فهو يتفاوت بشكل وأسع. يمكن لمعادن الزيولايت أن تفقد بعض من ذرات المياه H_2O دون أن يؤثر ذلك فى التركيب البلورى للمعدن ويمكن أن تحل بعض التركيبات الكيميائية محل المياه المفقودة فى الشكل البلورى.

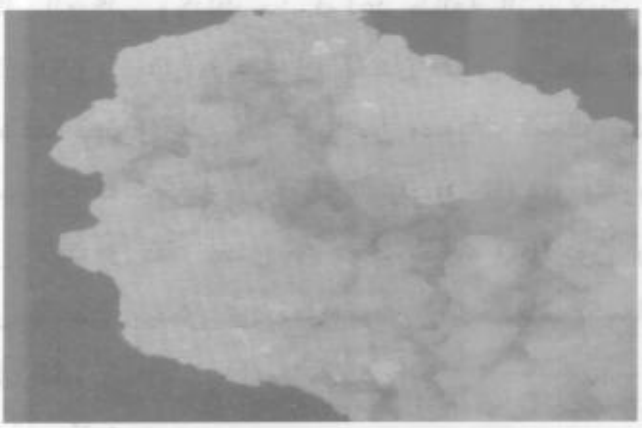
أهم معادن طائفة الزيولايت هى:

هيولاندايت	Heulandite	$4[CaAl_2Si_7O_{18}.6H_2O]$	أحادى الميل
ستيلبايت	Stilbite	$4[CaAl_2Si_7O_{18}.7H_2O]$	أحادى الميل
لومونتايت	Laumontite	$4[CaAl_2Si_7O_{12}.4H_2O]$	أحادى الميل
شابازايت	Chabazite	$6[CaAl_2Si_4O_{12}.6H_2O]$	ثلاثى
أنا لسايم	Analcime	$16[NaAlSi_2O_6.H_2O]$	مكعب
ناترولايت	Natrolite	$8[Na_2Al_2Si_3O_{10}.2H_2O]$	معينى قائم

معادن طائفة الزيولايت ذات **لون** أبيض أو لا لون لها **ومخدشها** أبيض **ولمعانها** زجاجى وهى ذات **وزن** منخفض يتراوح بين 1.2 إلى 3.2 **وصلادته** بين 4 إلى 5 .

تتواجد معادن الزيولايت فى الفجوات والشقوق ذلك لأنها تترسب من محاليل الصهير فى مراحل تبلوره الأخيرة. فهى تتواجد مع بعضها فى الفراغات فى الصخور البركانية والصخور البسولت والانديسايت وبعضها يتواجد فى بعض الصخور الرسوبية ربما كان نتيجة تغير معادن الفلسبار أو الفلباسويد أو الزجاج البركانى.

الأسم زيولايت من كلمة إغريقية بمعنى الغليان ذلك أن هذه المعادن تظهر كانما هى تغلى وتنتفخ عندما تتعرض للتسخين ويصحب ذلك طرد لبعض من المياه التى تحتويها.



شيباسايت

صورة رقم(2-15)

مجموعة الكوارتز
QUARTZ GRUOP

هذه الفئة وغالباً ما تعني الكوراتز ، هي من أكثر المعادن وجوداً وهي تنتمي إلى البنيات التكتوسليكاتية ونذكر هنا أن هذه الفئة هي البنية الشبكية التي تتكون في رباعيات الوجوه SiO_4 المرتبطة مع بعضها البعض في الاتجاهات الثلاثة بواسطة الرباط من ذرات الاكسجين. والبنية الشبكية تضم اكثر السليكات انتشاراً وهي المعادن التي تتواجد في الصخور النارية الاندفاعية Igneous Plutonic Rocks ومنها كما مر علينا معادن الفلسبار.

وفئة الكوارتز هي من عدة فصائل لها أشكال بولومورفية للسيليكا (SiO_2) Silicon Oxide Polymorph تعتمد على الحرارة التي تبلورت فيها ومن ذلك:

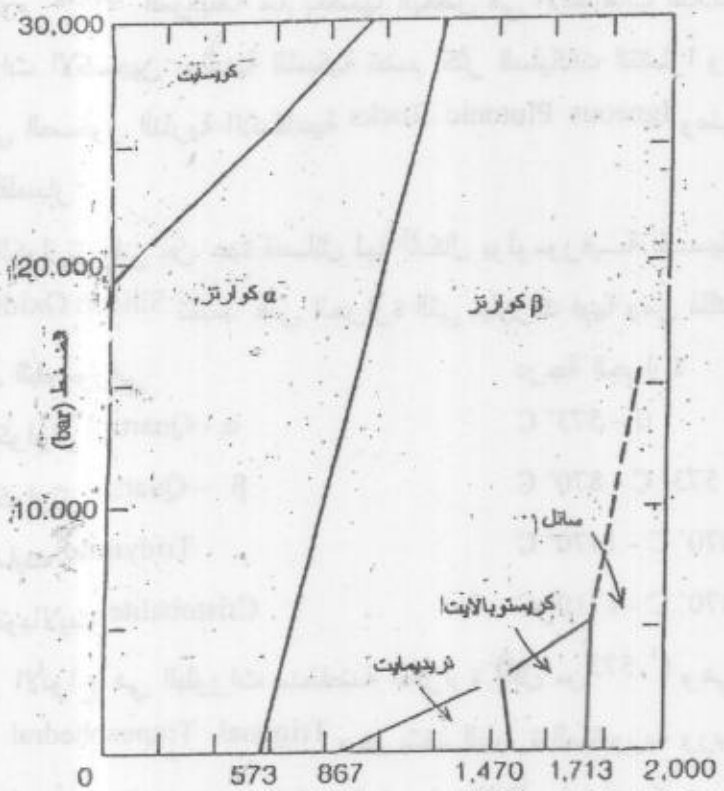
الشكل البلومورفي	درجة الحرارة
α - كوارتز α - Quartz	0 – 573° C
β - كوارتز β – Quartz	573° C - 870° C
تريديمايت Tridymite	870° C - 1470° C
كريستوبالايت Cristobalite	1470° C - 1710° C

واكثر الأنواع هي البلورات منخفضة الحرارة (أقل من 573 °) وهي تتبلور في النظام الثلاثي Trigonal Trapezohedral وهو يتخذ البلورة المنشورية وربما توجد خطوط أفقية على أوجه المنشور وهذا شبه المنحرف الثلاثي إما أن يكون يميني Right hand أو يساري Left hand.

أما الأنواع التي تتبلور في درجة حرارية عالية (أعلى من 573 °) فهي تتبع النظام السداسي HexagonalTrapezohedral (أرجو أن نلاحظ أن النظام الثلاثي والسداسي شبيهين ببعض وفي بعض الكتب تدرس كنظام واحد). وتكثر التوأمة في بلورات

الكوارتز. هذا وفي الطبيعة يتحول SiO_2 Quartz من النظام السداسي إلى النظام الثلاثي حسب درجة حرارة التبلور.

هنالك أنواع أخرى من بوليمورف السيليكا SiO_2 polymorph تتكون تحت الضغط العالي مثل كوسيت Coesite والكيتيت Keatite – والسيتشوفيت Steshovit .



الحرارة (C^0)

نظام أحادى المكون SiO_2 يوضح إستقرار أصناف ثانى أكسيد السيليكون فى مختلف درجات الحرارة والضغط

شكل رقم (2-12)

كوارتز
Quartz 3[SiO_2]

التركيب الكيميائي: SiO_2 ويتداخل معه عدة عناصر كالحديد وتكسبه ألواناً مختلفة كما سيأتي عند وصف اللون – وهي غالباً كشوائب.

النظام البلوري: النظام الثلاثي وفي شكل شبه المنحرف الثلاثي Trigonal trapezohedral ويكون يميني أو يساري وعادة ما يكون موشوراً متطاولاً أو في شكل ثنائي الهرم وكما ذكر ربما عليه خطوط أفقية أو تحززات أفقية – وكما قلنا عندما يكون الكوارتز عالي الحرارة ربما يتميز بتناظر سداسي ويتحول إلى التناظر الثلاثي عندما تنخفض الحرارة.

اللون: على الأغلب مائي شفاف ولكن يأخذ ألواناً مختلفة حسب الشوائب التي فيه ومنها:

1. اللون الأبيض الحليبي أو اللبني (الكوارتز الحليبي Milky Quartz)
2. اللون الدخاني (أو المرو الدخاني Smoky Quartz) وربما دخاني اصفر.
3. اللون الوردي (روس كوارتز Rose Quartz) ولونه أحمر وردي ويحتمل ان يكون سبب اللون التيتانيوم TiO .
4. الكوارتز الحديدي Quartz Ferruginous ولونه بني أو أحمر نتيجة لتواجد معادن حديدية مثل الليمونايت والهيماتايت Fe_2O_3 .
5. الكوارتز الأصفر أو السترين Citrine ولونه أصفر باهت.
6. عين الهر Cat's eye وله خاصية اللألأة أو عرض الألوان نتيجة لوجود شوائب في شكل ألياف ، أو ربما كان الكوارتز نفسه في هيئة ألياف.
7. عين النمر Tiger eye وهو كوارتز لونه أصفر وهو كوارتز أليافي.
8. اللون البنفسجي اميثيست (أرجواني) Amethyst.
9. هناك كوارتز أسود يسمى موريون Morion.

اللون: أبيض ويتلون حسب الشوائب كما سبق. **البريق:** زجاجي طبعاً Vitreous وفي بعض العينات شمعي أو ناصع وغالباً ما يكون شفاف. **الصلاة:** 7 (مقياس موهو). **الوزن النوعي:** 2.65 . **الانفصام:** غير موجود وهي من المميزات. **المكسر:** محاري.

الصفة الكهربائية: يبدي الصفة البيزوليكترونية Piezoelectric عندما يتعرض إلى ضغط وكذلك الكهرباء الحرارية.

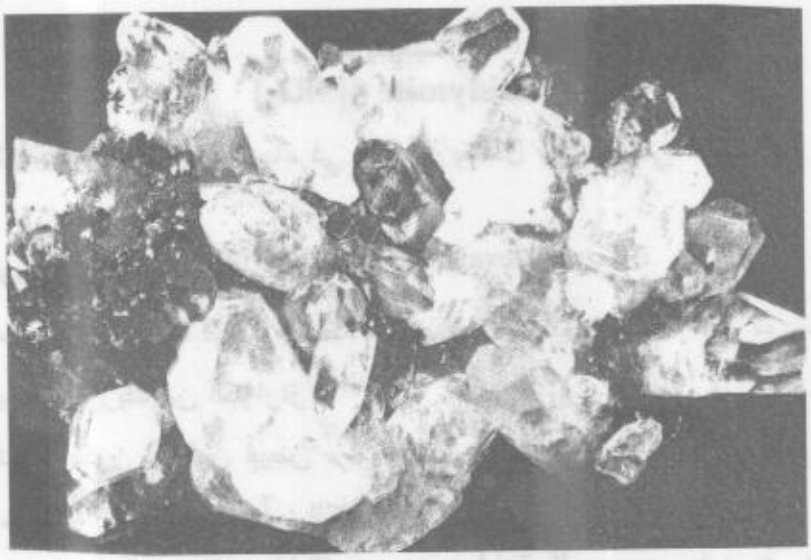
تأثير الحامض: لا تؤثر الأحماض فيه عدا حامض الهيدروفلوريك HF

$$4HF + SiO_2 \longrightarrow 2H_2O + SiF_4$$

تواجده: أكثر المعادن تواجداً فهو يتواجد في عدة أنواع من الصخور وأساساً:

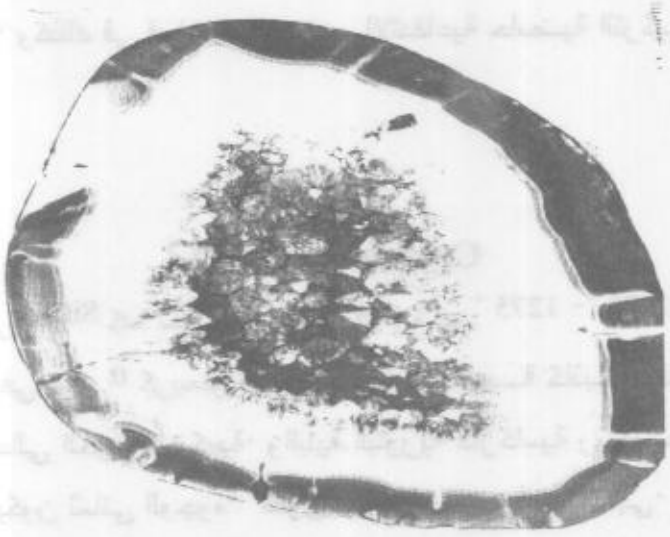
1. في الصخور الاندفاعية الحامضية في المراحل الماغية Magmatic والبغماتية Pegmatite والمائية الحرارية Hydrothermal وفي صخور البغماتايت تتشكل مكامن تحتوي على بلورات كبيرة وعملاقة تصل من حيث الوزن إلى عدة أطنان (عشرة) أو أكثر.
2. يتواجد بنسبة كبيرة من مكونات الصخور المتحولة أو الاستحالية.
3. يتواجد كذلك في الصخور الرسوبية خصوصاً الرملية Sandstone.

استخداماته: البلورات النقية وخصوصاً ذات الألوان تستخدم في الزينة والمجوهرات – وصفاته الكهربائية تستخدم في الصناعات الإليكترونية Electronics الراديو واللاسلكي وكذلك في رقائق الحاسوب Silicon cell وعليه قامت صناعة الحاسوب في وادي الكوارتز في كاليفورنيا Quartz valley . أما الكوارتز غير النقي فيستخدم في صناعات التعدين والزجاج والسيراميك Ceramics والاسمنت ومواد الصنفرة والطوب الزجاجي وغنى عن الذكر أن الرمال من أهم مكونات مواد البناء.



بلورات الكوانتز

صورة رقم (2-16)



الكوانتز فى هيئة الجيود

شكل رقم (2-17)

تريديميت
Tridymite 4[SiO_2]

التركيب الكيميائي: SiO_2 كما جاء في المقدمة يتشكل بين درجتي الحرارة ° 875 – 1470°.

النظام البلوري: يتبلور فى النظام السداسي Hexagonal.

تأثير الكيميائيات: يذوب في كربونات الصوديوم حتى تغلي ولكنه أكثر ذوباناً في حامض الهيدروفلوريك من الكوارتز.

اللون: عادة ما يكون ذو لون أبيض ، أو أبيض رمادي ونادراً ما يكون عديم اللون – البريق: زجاجى – القساوة 6 – 7 . الكثافة 2.30 .

تغيراته: يوجد نوعين منه α Tridymite و β Tridymite ويتحول الأول إلى الثانى مع مرور الزمن ومع تغير الحرارة كما يتغير التريديميت إلى الكوارتز.

تواجده: يوجد التريديميت بكميات كبيرة فى الصخور البركانية السليسية Siliceous volcanic rocks وكذلك فى فراغات الصخور الاندفاعية حامضية التركيب Acidic Plutonic rocks.

كريستوبالايت
Cristobalite 8[SiO_2]

التركيب الكيميائى: SiO_2 كما سبق يتبلور فى حرارة بين ° 1275 –° 1470

النظام البلوري: فى نوع α كريستوبالايت رباعية أو مكعبة كاذبة وفى نوع β كريستوبالايت (عالى الحرارة) مكعبة. والبنية البلورية كاركاسية رباعية أو مكعبية وشكلها عادة ما يكون ثمانى الوجوه. **اللون:** أبيض. **البريق:** زجاجى. **القساوة:** 7. **الكثافة:** 2.27 .

التواجد: ينشأ ويتكون مع α تريديميت فى الصخور البركانية وخاصة الانديزايت Andesites.

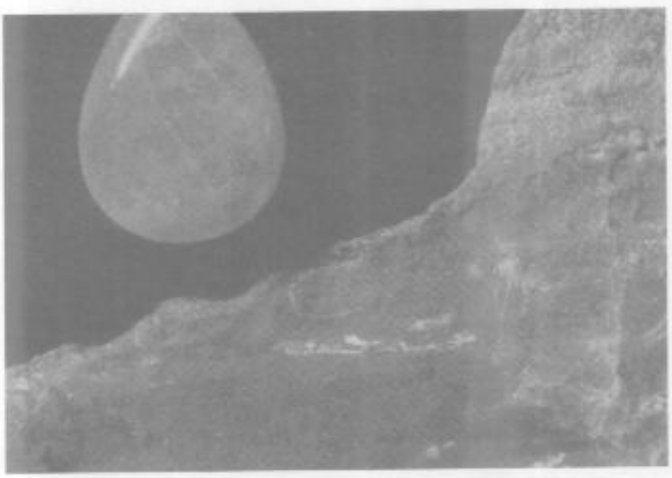
أوبال

Opal [SiO_2. nH_2O]

التركيب الكيميائى: الاوبال هو عبارة عن تصلد السيلكا من المحاليل القرنية الهلامية ولذلك يحتوى على الماء بنسبة تتراوح بين 3% إلى 10%.

النظام البلورى: عديم التبلور amorphous وعليه فهو حقيقتاً ليس بمعدن وهو يتواجد فى كتل بعضها عنقودية botryoidal أو pisalitic **اللون:** لا لون له أو أبيض. **المخدش:** أبيض.**البريق:** زجاجى أو شمعى. **القساوة**5.5 – 6.5 **الوزن النوعى:** 2.00 – 2.2.

التواجد: يترسب الاوبال عند الحرارة المنخفضة من المحاليل الحاملة للسيلكا ولذلك نجده فى بعض الشقوق والفجوات بالقرب من الصخور النارية مصدر تلك المحاليل أو قرب الينابيع الحارة (hotspring). ويتكون الاوبال كذلك من إفرازات بعض الحيوانات البحرية كالاسفنج Spcinge والشعاعيات مما يتسبب فى ترسيب طبقات Diatomite.



الاوبال

صورة رقم(2-18)

الباب الثالث

معادن الكبريتيدات
SULPHIDE MINERALS

تعتبر هذه المجموعة أهم مجموعات المعادن الاقتصادية إذ أنها ومجموعة الاكاسيد تضم أغلب خامات المعادن المستخدمة في الصناعات المختلفة وخصوصاً الثقيلة. والكبريتيدات عبارة عن مركبات من العناصر الفلزية (كاتايونات) وهو الشق القاعدي كالحديد والنحاس والخارصين وخلافه متحدة غالباً مع الكبريت (ايونات) وهو الشق الحمضي وربما يحل عنصر شبه فلزي آخر كالزرنيخ محل الكبريت. وقد يشترك أكثر من عنصر فلزي في مركب الكبريتيدات وتصنف الكبريتيدات إلى طوائف حسب نسبة العنصر الفلزي (A) إلى عنصر الكبريت (X) إذ أن تلك النسبة لها أثرها البارز في الخصائص الكيميائية والفيزيائية للمعادن الكبريتيدية. وأنواعها المهمة هي:

الطائفة حسب النسبة A/X		المعدن	التركيب الكيميائي	النظام البلوري
أ.	A_2X	1. ارجنتايت Argentite	Ag_2S	المعيني القائم
		2. شالكوسايت Chalcosite	Cu_2S	المكعب
ب.	A_3X_2	1. بورنايت Bornite	$Cu_5 Fe S_4$	المكعب
ج.	طائفة الجالينا AX	1. الجالينا Galena	Pb S	المكعب
		2. سفاليرايت Sphalerite	(Zn Fe) S	المكعب
		3. شالكوبايرايت Chalcopyrite	$(Cu, Fe) S_2$	الرباعي
		4. بيروتايت Pyrrhotite	$Fe_{1-x} S$	السداسي
		5. نيكولايت Niccolite	Ni As	السداسي
		6. بينتلاندايت Pentlandite	(Fe Ni) S	المكعب
		7. كوفيلايت Covellite	Cu S	السداسي
		8. سينيبار Cinnabar	Hg S	السداسي
		9. ريالجار Realgar	As S	الميل الواحد

د.	ستبنايت A_2S_3	1. ستبنايت Stibnite	Sb_2S_3	المعيني القائم
		2. اوربتمنت Orpitment	As_2S_3	الميل الواحد
هـ	البايرايت AX_2	1. البايرايت Pyrite	FeS_2	المكعب
		2. ماركازايت Marcasite	FeS_2	المعيني القائم
		3. ارسينوبايرايت Arsenopyrite	(Fe As) S	الميل الواحد
		4. موليدينايت Molybdnite	MoS_2	السداسي

معادن الأملاح الكبريتية
Sulfosalts

وهي عبارة عن كبريتيدات مزدوجة مكونة من فلز وشبه فلز مع الكبريت يقوم فيها شبه الفلز بدور الشق الحمضي. وعلى ذلك يمكن أن نعتبر الانارجايت (Cu_3AsS_4) كأنه كبريتيد مزدوج من كل من النحاس والزرنيخ وأهم هذه الأملاح:

بيرارجيرايت	Pyrargrite	Ag_3SbS_3	سداسي
إنارجايت	Enargite	Cu_3AsS_4	المعيني القائم
تتراهيدرايت	Tetrahedrite	$(Cu\ Fe)_{12}\ Sb_4S_{13}$	المكعب
سكوتروديت	Skutterudite	$(Co\ Ni)\ As_3$	المكعب
بورنونايت	Bournonite	$Pb\ Cu\ Sb\ S_3$	المعيني القائم
بولانجيرايت	Boulangerite	$Pb\ Sb_4S_{11}$	الميل الواحد

وعموماً فإن معادن الكبريتيدات لها صفات إجمالية مميزة فهي عادة ثقيلة الوزن ومعتمة وذات مخدش أسود أو بلون غامق بحسب العنصر الفلزي وصلابتها منخفضة وربما كان ذلك بسبب عنصر الكبريت. ومعظمها له **بريق** فلزي وتركيبها الكيميائي غالباً ما يكون ذا روابط أيونية أو مشتركة وبعضها يتحد برابطة فلزية وبالتالي لها خواص الفلزات مثل الثقل النوعي العالي والبريق الفلزي وجودة التوصيل الكهربائي

والحراري. وغالباً ما توجد معادن الكبريتيدات مصاحبة بعضها البعض وفي عروق المحاليل المائية الحرارية وفي رواسب التحول عند الاغناء المعدني لتلك العروق.

ارجينتايت
Argentite 2[Ag_2 S]

التركيب الكيميائي: يحتوي الارجينتايت على 78.1% فضة و12.9% كبريت.

النظام البلوري: يتبلور المعدن في النظام المكعبي عند الحرارة فوق 179° وتحتها يتحول إلى نظام الميل الواحد ومحتوى وحدة البلورة 2 ويوجد المعدن عادة في هيئات متفرعة ومتشابكة أو في هيئات كتلية وأحيانا على شكل قشرة على الصخر.

الصفات الفيزيائية: وزن النوعي: 7.3 **وصلادته** 2- 2.5 ، **ومكسره** قريباً من المحاري وهو قابل للتكسير والقطع بالسكين **ولونه** أسود رمادي **ومخدشه** أسود لامع وله **بريق** فلزي وهو معتم.

التواجد: الارجينتايت من أهم خامات الفضة الأولية وهو يتواجد في العروق الحرارية المائية للكبريتيدات تحت ظروف الحرارة المنخفضة نسبياً مع معادن الفضة الأخرى ومع الفضة العنصرية. كما يوجد في شكل محتويات دقيقة داخل معدن الجالينا وحينها تدعى الجالينا الفضية.

شالكوسايت
Chalcosite 4[Cu_2 S]

التركيب الكيميائي: يحتوي المعدن على 79.8% نحاس و20.2% كبريت وقد يحتوي على كميات قليلة من الحديد والفضة.

النظام البلوري: يتبلور الشالكوسايت في المعيني القائم عند درجة حرارة أقل من 105° أما فوق ذلك فالبلورات مكعبة وهي عادة ما تكون صغيرة أو في شكل حبيبات مستطيلة وبها توائم متكررة وفي شكل كتل صغيرة.

الصفات الفيزيائية: وزنه النوعي من 5.5 –15.8 إعتماداً على ما يحتويه من شوائب **وصلادته** بين 2.5 – 3 ولا انفصام له يذكر **ومكسره** محاري وهو هش **ولونه** رصاصي فاتح ولكنه يصدأ عند التعرض إلى الجو فيسوّد لونه

ومخدشه أسود رمادي. ومن مميزاته أنه ينصهر بسهولة عند تسخينه وتتصاعد منه أبخرة كبريتية وتبقى كرات صغيرة من النحاس. وهو يذوب في حامض النتريك وعند إضافة محلول الامونيا يكتسب لوناً أزرقاً دليلاً على النحاس.

التواجد: قليلاً ما يوجد الشالكوسايت في منشأ أولي بل أغلب تواجده في رواسب المحاليل المائية الحرارية بعد تغييرها نتيجة الاغناء الثانوي Supergene or Secondary enrichment التي تصيب المعادن الأولية الحاوية للحديد والنحاس. وعلى ذلك فهو غني بالنحاس الذي يسهل استخلاصه مما يجعل الشالكوسايت من أهم خامات النحاس.

جالينا
Galena 4[Pb S]

التركيب الكيميائي: عبارة عن كبريتيد الرصاص. المحتوى المثالي% 86.6 رصاص مع 13.4% كبريت ولكن دائماً ما تحتوي الجالينا على الفضة التي ربما تصل إلى 1% وأحياناً في شكل معدن الارجينتايت. كما تحتوي على قليلاً من السيلينيوم والزنك والكادميوم.

النظام البلوري: يتبلور الجالينا في النظام المكعبي (سداسي الثماني الأوجه) وغالباً ما يكون في شكل بلورات مكعبية أو هيئة كتلية.

الصفات الفيزيائية: الجالينا ذات **وزن نوعي** مرتفع 7.6 نسبة لثقل ذرة عنصر الرصاص **وصلادة** المعدن 2.5 وله **انفصام** جيد جداً وهو معدن هش يتكسر إلى مكعبات مثل بلورات ملح الطعام **ولونه** رصاصي رمادي وكذلك **مخدشه** وله **بريق** فلزي وهو معتم. ويتميز معدن الجالينا بانفصامه الواضح وبلورته ووزنه العالي

وصلادته كما أنه ينصهر بأقل قدر من الحرارة وتنبعث منه أبخرة كبريتية وتبقى بعد انصهاره كرات أو حبيبات من الرصاص.

التواجد: معدن الجالينا شائع الانتشار نسبياً وهو من أهم معادن خامات الرصاص وأكثر الكبريتيدات تواجداً وفي العديد من الرواسب ذات المنشأ المتباين. فهو يتواجد مصاحباً للكبريتيدات الأخرى في العروق المائية الحرارية وفي الصخور الرسوبية وفي صخور البجماتايت ويوجد أحياناً في شكل كتل مع معدن السفاليرايت في فجوات المحاليل والشقوق في الصخور الجيرية. والجالينا تترسب من الرواسب منخفضة الحرارة (Epithermal) من 50° - 200° . فهي تترسب في أواخر مراحل المحاليل المائية الحرارية وفي مناطق الاغناء المعدني (Supergene enrichment) ولذلك نجدها قريبة من السطح. وعندما تتعرض الجالينا لعوامل التهوية والأكسدة فإنها تتحول إلى معادن مثل الانجليسايت ($Pb\ SO_4$) و السيروسايت ($Pb\ CO_3$).

الاستخدام: الجالينا هي من أهم مصادر الرصاص والذي يدخل في كثير من الصناعات المختلفة أهمها صناعة المواسير وصناعة البطاريات والقذائف وفي صناعة الدروع والحواجز الواقية من الاشعاعات الذرية والسينية. وفي المواد اللاحمة وفي تحضير السبائك المختلفة.

مكعبات الجالينا

صورة رقم (3-1)

سفاليريـــت
Sphalerite (Zinc Blende) 4[Zn S]

التركيب الكيميائي: هو كبريتيد الزنك وهو نقياً يحتوي علـــى 67% زنـــك مـــع 33% كبريت ولكن غالباً ما يحتوي على الحديد على حساب الزنك والذي ربما تصل نـــسبته إلى 26% اعتماداً على ظروف تبلور المعدن وترسيبه فتزداد نسبة الحديـــد بارتفـــاع درجة الحرارة عند التبلور ولذلك فإن نسبة الحديد في معـــدن الـــسفاليرايت تـــستخدم كمقياس لدرجة حرارة التبلور أو الظرف الحراري للمنشأ أي ترمـــومتر جيولـــوجي (GeologicaLthermometer). وهو كذلك يوجد مختلطاً مع معدن البيروتايت ($Fe_{1-x}S$). بجانب الحديد يحتوي السفاليرايت على المنجنيز والكادميوم والذي إذا ما وصلت نسبته إلى حوالي% 0.05 يعتبر المعدن خاماً لاستخلاص الكادميوم بجانب الزنك.

النظام البلوري: يتبلور المعدن في النظام المكعبي (سداسي رباعي الأوجه) ولكن غالباً ما يوجد في بلورات غير متكاملة. أو في كتل خشنة أو مجموعات كروية أو حبيبـــات دقيقة. وفي ظروف الحرارة العالية يتبلور كبريتيد الزنك في النظام السداسي كمعـــدن بإسم ورتزايت Wurtzite. ويتغير السفاليرايت إلى ورتزايـــت إذا مـــا حمـــي فـــوق درجةحرارة 1020°.

الصفات الفيزيائية: معدن السفاليرايت عديم **اللون** أو أخضر عندما يكون خالصاً ولكن وجود شوائب يكسبه ألواناً متعددة من الأصفر إلى البني ثم الأسود تبعاً لمقدار الشوائب أو الحديد بالذات في المعدن. وبالتالي فإن **مخدشه** أيضاً متعدد اللون من الأبيض إلـــى الأصفر إلى البني. والسفاليرايت له **بريق** صمغي في الغالب وربما يكون ماسي البريق في العينات النقية هو شفاف إلى نصف شفاف. المعدن هش ذو **صلادة** منخفضة 2.5 – 4 وله **انفصام** كامل . **ووزنه النوعي** يتراوح بين 3.6 و 4.1 .ومن الصفات المميـــزة لمعدن السفاليرايت خاصية التفسفر Phosphorescence وتوهجه بلون برتقالي عنـــد تعرضه للأشعة فوق البنفسجية . وهو عندما يكون نقياً غير قابل للانصهار بـــسهولة ولكنه يذوب في حامض الهيدروكلوريك مطلقاً غاز كبريتيد الهيدروجين.

التواجد: السفاليرايت من أهم خامات الزنك وهو يتواجد في العروق المائية الحرارية أو يترسب من محاليلها في الصخور المستضيفة لها وخصوصاً المكونة من الكالسايت والدولومايت وغالباً ما يوجد مصاحباً لمعدن الجالينا والبيروتايت والماركزيات والسمثسونايت Smithsonite وهي كربونات الزنك $ZnCO_3$ وفي حالات قليلة يوجد السفاليرايت في عروق أولية في الصخور النارية أو يظهر في الصخور المتحولة بالحرارة ·يتواجد الأسفيرايت فى معقد السبلوقة على الجانب الغربى من النيل·

الاستخدام: السفاليرايت من أهم خامات الزنك والذي يستخدم في صناعة الحديد والنحاس· ويستخدم في صناعة البطاريات الكهربائية وألواح الزنك وفي صناعة الأخشاب والبوهيات والأصباغ وبعض الصناعات الدوائية·

شالكوبايرايت
Chalcopyrite 4 [Cu Fe S_2]

التركيب الكيميائي: الشالكوبايرايت هو كبريتيد النحاس والحديد ويحتوي تركيبه الأصل على 34.5% نحاس و 30.5% حديد و 35% كبريت ولكنه غالباً ما يكون مختلطاً بمعادن كبريتية أخرى كالبايرايت والبيروتايت والسفاليرايت مما يتسبب في اختلاف في النسب المئوية عند التحليل الكيميائي· قليلاً ما يحل السيلينيوم محل الكبريت·

النظام البلوري: يتبلور الشالكوبايرايت في النظام الرباعي غير أن البلورات نادرة وأغلب وجوده في هيئة كتلية وتحتوي خلية البلورة أربعة وحدات والشكل البوري الغالب هو الوتد المنعكس Bisphenoidal .

الصفات الفيزيائية: وزنه النوعى 4.1-4.3 **لون** المعدن أصفر نحاسي مميز **ومخدشه** أسود يميل إلى الخضرة تعبيراً عن النحاس وهو هش ذو **صلادة** منخفضة 3.5 – 4 وتلك خاصية تميزه عن البايرايت المشابه له في اللون **والمخدش**· وينكسر إلى قطع غير متساوية· فالشالكوبايرايت يذوب في حامض النتريك وحينها يتحرر الكبريت وبإضافة الامونيا للمحلول يترسب هيدروكسيد الحديد ذو اللون البني والأحمر والنحاس

ذو اللون الأزرق. وعند تسخين المعدن على مكعب الفحم ينصهر المعدن وتتصاعد الأبخرة الكبريتية وتبقى كرات صغيرة فلزية مغناطيسية.

التواجد: الشالكوبايرايت من أكثر معادن النحاس تواجداً في الطبيعة فهو يوجد في ظروف مختلفة ولكن أهم منشأ له في العروق المائية الحرارية وبصحبة الكبريتيدات الأخرى كالبايرايت والبيروتايت والسفاليرايت وكذلك يظهر الشالكوبايرايت كمعدن أصيل لكن ثانوي في الصخور النارية وصخور البجماتايت وفي الصخور الاستحالية الحرارية أو تلك المتحولة إقليمياً. وقد يحتوي المعدن على الذهب والفضة مما يزيد من قيمة الخام الاقتصادية. غير أنه في حالات أخرى يكون الشالكوبايرايت مختلطاً بكميات كبيرة من البايرايت فيقلل ذلك من قيمة الخام. والشالكوبايرايت يتحلل بالعوامل الجوية قريباً من السطح وينتج عند تغييره بالاغناء المعدني الثانوي إلى معادن النحاس الثانوية مثل الشالكوسايت والكوفيلايت والازورايت والمالاشايت ولذلك يعتبر الشالكوبايرايت من الخامات الهامة للنحاس. يوجد المعدن في كثير من الدول وأشهرها مناجمه في إنجلترا والسويد وأسبانيا وجنوب أفريقيا وشيلي والولايات المتحدة. وفي السودان يكوّن الشالكوبايرايت جانباً هاماً من خامات معدن النحاس الموجودة في مستودع حفرة النحاس بجنوب غرب ولاية دارفور. وهو كذلك مكون أساسي في كثير من خامات النحاس المعروفة في كثير من مناطق السودان وخصوصاً في جبال البحر الأحمر وجبال النوبة.

معدن الشالكوبرايت

صورة رقم (3-2)

بيروتايت

Pyrrhotite 2[Fe_{1-x} S]

التركيب الكيميائي: كما يوضح من القانون المتعارف لمعدن البيروتايت ($Fe_{1-x}S$) فإن هنالك خلل في التركيب الذري حيث أن عدد ذرات الحديد أقل من عدد ذرات الكبريت والنسبة Fe/S هي حوالي 85/100 . وعليه فإن هنالك عدم تعادل كهربائي يعوض عنه بأن يحل الحديد ذو التكافؤ الثلاثي (Fe^{+3}) محل الحديد ذي التكافؤ الثنائي (Fe^{+2}) وينتج عن ذلك كله تفاوت في مقدار الكبريت في التحليل الكيميائي والذي يتراوح من 50% إلى 55% مع تغيير في النظام البلوري كما سنبين بعد قليل.

ربما تُرى التحاليل للبيروتايت قليلاً من النيكل والنحاس والكوبالت ولكن غالباً ما تكون هذه العناصر من مفرزات المعادن المصاحبة للبيروتيايت مثل البنتلانداية والشالكوبايرايت. على كل عندما يحل النيكل محل الحديد بكميات كبيرة يدعى المعدن البيروتايت النيكلي (Nickleferous Pyrrhotite) وهو مصدر هام للنيكل.

النظام البلوري: يتبلور البيروتايت في النظام السداسي غالباً ويوجد المعدن في شكل بلورات مسطحة أو هرمية لكن أغلب وجوده في هيئة كتلية. ولكن عند درجات

الحرارة المنخفضة (أقل من 250°) يتبلور المعدن في نظام الميل الواحد وربما كان ذلك نتيجة للخلل الكيميائي الذي ذكرناه آنفاً.

الصفات الفيزيائية: وزن معدن البيروتايت النوعي 4.58 **وقساوته** حوالي 4 وليس له انفصام واضح **ولونه** برونزي بني أو نحاسي **ومخدشه** أسود. وهو ينجذب إلى المغناطيس ولذلك يسمى أحياناً بالبايرايت المغناطيسي.

التواجد: غالب وجود معدن البيروتايت في الصخور القاعدية وفوق القاعدية مثل صخور البريدوتايت والجابرو كما يوجد في الصخور الاستحالية الحرارية خصوصاً صخور التحول التماسي وفي العروق الناتجة من المحاليل المائية الحرارية مصاحباً كبريتيدات الحديد والنيكل والرصاص كمعادن البيرايت والبنتلانديت والجالينا وعندما يكون البيروتايت حاوياً كمية معقولة من النيكل فهو مصدر لذلك الفلز كما في منطقة سودبري في ولاية أونتاريو بكندا . وفي بعض الأحيان يكون البيروتايت من مصادر استخلاص البلاتين.

نيكولايت
Niccolite 2[Ni As]

التركيب الكيميائي: النيكولايت مثال لمعدن يحتل فيه الزرنيخ (As) وهو شبه فلز الشق القاعدي في التركيب الكيميائي عوضاً عن الكبريت. ويحتوي المعدن على 43.9% نيكل و 56.1% زرنيخ. وغالباً ما يحتوي المعدن على نسب متفاوتة من الحديد والكوبولت والانتمون محل النيكل ويعود الكبريت مكانه بدلاً من الزرنيخ.

النظام البلوري: يتبلور المعدن في النظام السداسي ولكن نادراً ما تظهر البلورات ولكن الشكل الكتلي هو الشائع.

الصفات الفيزيائية: الوزن النوعي 7.8 **وصلادته** حوالي 5 – 5.5 **وهي قساوة** مرتفعة مقارنة ببقية الكبريتيدات. **ولونه** أحمر نحاسي ولكنه يميل إلى السواد عندما يصدأ . **ومخدش** المعدن أسود وهو ذو **بريق** فلزي. ويتميز معدن النيكولايت بانه عند التسخين

يتصاعد منه رائحة الثوم المميزة للزرنيخ (السام). والمعدن يذوب في حامض النتريك ومع إضافة الأمونيا مع قطرات من ثاني ميثيل الجليكوزيم Dimethylgloxime يكون راسب أحمر فاتح دلالة على عنصر النيكل.

التواجد: يتواجد النيكولايت مع البيروتايت وكبريتيدات النيكل الأخرى في الصخور القاعدية وفي رواسب مستودعات المعادن الناتجة عنها كما يتواجد في العروق المائية الحرارية مع معادن الفضة والنحاس والكوبولت وهو مصدر هام للنيكل.

بنتلانـدايـت

Pentlandite4 $[Fe\ Ni]_9S_8$

التركيب الكيميائي: تتفاوت نسبة الحديد إلى النيكل وقد يحل عنصر الكوبولت محلهما في التركيب الكيميائي.

النظام البلوري: يتبلور البنتلاندايت في نظام المكعب ولكن غالباً ما يوجد في الطبيعة في هيئة كتلية أو مجمعات حبيبية.

الصفات الفيزيائية: وزنه النوعي من 4.5 – 5 حسب التركيب الكيميائي ولونه أصفر برونزي **ومخدشه** فاتح اللون. وهو ذو **بريق** فلزي **وصلادته** بين 3.5 – 4 وهو على حد كبير شبيه بمعدن البيروتايت ولكنه غير مغناطيسي إلا بعد التسخين.

التواجد: يوجد معدن البنتلاندايت في الصخور النارية القاعدية مثل البريدوتايت ومصاحباً لمعادن النيكل الأخرى وأشهر مناطق تعدينه في سد بري بولاية أونتاريو بكندا حيث اكتشفه العالم J. B. Pentland ومنه تمت التسمية.

كوفيلايت
Covellite4[Cu S]

التركيب الكيميائي: يتكون المعدن من 66.4% نحاس و 33.6% كبريت.

النظام البلوري: يتبلور المعدن في النظام السداسي في هيئة كتل أو في شكل غطاء خارجي لمعادن النحاس الأخري.

الصفات الفيزيائية: وزن النوعي : 4.7 **وصلادته** منخفضة 1.5 – 2 ولونه أزرق غامق وفي هيئة متموجة ويصير إلى أحمر أرجواني عندما يبلل بالماء ، **ومخدشه** رصاصي إلى أسود وله **انفصام** وتشقق ظاهر.

التواجد: يتواجد الكوفيلايت دائماً كمعدن ثانوي متحول من معادن النحاس الأخرى مثل الشالكوبايرايت والبورنايت في منطقة الاغناء المعدني الثانوى.

سينبار
Cinnabar 3[Hg S]

التركيب الكيميائي: يحتوي السينابار على 86.2 % من الزئبق و 13.8 % من الكبريت وبذلك فهو مصدر مهم للزئبق. ويوجد عادة مع خليط من الشوائب الطينية والحديدية.

النظام البلوري: يتبلور المعدن في النظام الثلاثي ذي الأوجه شبه المنحرفة Trapezohedral ولكن عند درجة حرارة أعلى من 334° فإن السينابار يتبلور في النظام المكعبي. على كل فإن بلوراته نادرة وغالباً ما يوجد في هيئة كتل حبيبية أو ترابية أو في شكل قشرة رقيقة تغلف بعض المعادن الأخرى.

الصفات الفيزيائية: وزنه النوعي مرتفع 8.1 بسبب عنصر الزئبق ولكن **صلادته** منخفضة 2.5 لنفس السبب ولا يوجد له انفصام ظاهر ، **ولونه** أحمر فاتح عندما يكون نقياً ولكنه أحمر قاتم أو بني عندما يحتوي على شوائب. **ومخدش** المعدن أحمر فاتح وله **بريق** ماسي وهو نصف شفاف إلى معتم. ويتميز السينابار بمخدشه ولونه ووزنه

العالي. ويمكن التعرف عليه بتسخين المعدن مع كربونات الصوديوم في أنبوبة مغلقة فيتبخر الزئبق من السينابار ويترسب في هيئة قطرات على الجانب البارد من الأنبوبة.

التواجد: يوجد في هيئة عروق في الصخور الرسوبية وكذلك في شكل رواسب متسامية حول فوهة البراكين والينابيع الحارة وقليلاً ما يوجد مع كبريتيدات المعادن الأخرى كالبايرايت والماركسايت والريلجار في العروق المائية الحرارية ومنتشراً في الصخور النارية.

ريلجار
Realgar16 [As S]

التركيب الكيميائي: يحتوي المعدن على 70.1 % زرنيخ و 29.9 % كبريت.

النظام البلوري: يتبلور الريالجار في نظام الميل الواحد وعادة في بلورات منشورية صغيرة أحياناً مخططة straited أو في كتل حبيبية أو ترابية دقيقة.

الصفات الفيزيائية: الوزن النوعي 3.4 ، **وقساوته** منخفضة 1.5 – 2.5 وله **انفصام** واضح كما أنه قابل للتقشير. ولون الريالجار **ومخدشه** أحمر فاتح أو برتقالي وله **بريق** صمغي وهو شفاف. والريالجار غير مستقر تحت الضوء حيث يتحول إلى اوربيمنت (As_2S_3) وينصهر تحت درجة حرارة 360^{o}.

التواجد: يوجد المعدن في العروق المائية منخفضة الحرارة التي تحوي خامات الرصاص والفضة والذهب ويوجد مختلطاً بمعادن كالاوربيمنت والسينابار ومثلهما أيضاً يوجد في فوهة البراكين ورواسب الينابيع الحارة.

اوربيمنت
Orpiment 4[$As_2 S_3$]

التركيب الكيميائي: هو ثلاثي كبريتيد الانتمون ويحتوي على 61.4 % انتيمون و39.6 % كبريت وقد يحتوي على قدر بسيط من الذهب والفضة والنحاس والرصاص والحديد.

النظام البلوري: يتبلور الاوربيمنت في نظام الميل الواحد وفي بلورات صغيرة جداً يصعب تمييزها وهي مسطحة أو منشورية ولكن غالب تواجده في هيئة كتل صفائحية أو كتل عمدانية.

الصفات الفيزيائية: **وزنه النوعي** 3.49 **وصلادته** بين 1.5 – 2.5 وله **انفصام** جيد جداً والصفائح الناتجة من الانفصام والتشقق سهلة الانثناء والتشكل رغم أنها غير مرنة. وهو قابل للقطع والتقشير. **ولون** الاوربتمنت أصفر كذلك **مخدشه** وله بريق لؤلؤي أو صمغي وهو نصف شفاف.

التواجد: معدن الاوربتمنت من المعادن النادرة وظروف تواجده شبيهة بتلك التي يتواجد فيها الريالجار أي في العروق المائية منخفضة الحرارة وفي فوهة البراكين.

الاستخدام: كان المعدن يستخدم في الصباغة وصناعة البوهيات وإزالة الشعر عن الجلود وقد توقف معظم استخدامه لأن الزرنيخ من العناصر السامة.

ستبنايت
Stibnite 4[$Sb_2 S_3$]

التركيب الكيميائي: هو ثلاثي كبريتيد الانتمون ويحتوي على 71.4 % انتيمون و28.6 % كبريت وقد يحتوي على قدر بسيط من الذهب والفضة والنحاس والرصاص والحديد.

النظام البلوري: يتبلور الاستبنايت في نظام المعيني القائم في شكل الهـرم المعكـوس والبلورات منشورية رقيقة أو نصلية مخططة طولياً أو في هيئة مجموعات من بلورات شعاعية أو كتل حبيبية خشنة.

الصفات الفيزيائية:الوزن النـوعي يتراوح بين 4.52 – 4.62حسب ما يتواجد فيه مـن عناصر أخرى مذكورة سابقاً **وصلادته** 2 وله انفصام كامل موازي للسطح (010) ولون الاستبنايت ومخدشه أسود رصاصي وله **بريق** فلزي ناصع على أسطح الانفصام وهو معتم ويتميز المعدن بسهولة انصهاره.

التواجد: يتواجد المعدن في العروق المائية منخفضة الحرارة (epithermal) مختلطاً مع معادن خامات الجالينا والسينابار والسفاليرايت وفـي الـصخور الحمـضية العلويـة المتداخلة في صخور الجرانيت مع عروق الكوارتز كما يوجد نتيجـة للإحـلال فـي الينابيع الحارة وفي الصخور الجيرية والطينية.

الاستخدام: يعتبر الاستبنايت أهم خام لعنصر الانتيمون والذي يستخدم فـي صـناعة الصواريخ النارية والبطاريات الكهربائية وصناعة كثير من الـسبائك الفلزيـة وفـي صناعة الثقاب والكاوتشوك والطلاء وصناعة الزجاج وفى الأغراض الطبية.

معدن الاستبنايت

صورة رقم (**3-3**)

بايرايت
Pyrite 4 [FeS_2]

التركيب الكيميائي: ثاني كبريتيد الحديد ويحتوي في تركيبه المثالي على 46.6 % حديد 53.4% كبريت وقد يحتوي على قدر قليل من عنصري النيكل والكوبولت ويحل النيكل محل الحديد حتى إذا قارب من 50 % فيسمى المعدن برافوايت Bravoite S_2 (Ni Fe) وهذا الإحلال يتسبب في زيادة متدرجة في طول وحدة الخلية المكعبية مع نقصان في الصلادة وتغيير في اللون إلى الأبيض الفضي وربما يحتوي البايرايت على كميات ضئيلة من الذهب والفضة في هيئة شوائب ميكروسكوبية.

النظام البلوري: يتبلور المعدن في نظام المكعب ذي الاثني عشر وجهاً وأشكال المعيني المزدوج didodecahedral أو الخماسي المعيني pentadodecahedron وكثيراً ما تكون أوجهه مخططة وأحياناً تكون البلوريات توأمية ويتواجد المعدن كذلك في هيئة كتلية أو حبيبية كروية.

الصفات الفيزيائية: الوزن النوعي 5.02 **وصلادته** عالية نسبياً من 6 – 6.5 **ولونه** أصفر نحاسي أو أصفر ذهبي ولكن سطحه يصدأ فيصبح له لون أصفر غامق ومخدشه أسود مائل إلى الخضرة. وله **بريق** فلزي باهر وهو معتم. والبايرايت قابل للكسر بيسر وتلك خاصية تميزه عن الذهب ويتميز عن المعادن الفلزية الأخرى كالشاكوبايرايت والماركزايت بصلادته العالية وشكله البلوري المكعبي ولونه الأغمق. ويتحلل البايرايت بسرعة إلى أكاسيد الحديد وخصوصاً الليمونايت،ولكأنما عناه الشاعر بقوله (صدأ الحديد وبان معدنك الردئ). ولما كانت خامات المعادن الاقتصادية غالباً ما تحتوي على البايرايت لذلك نجد فوق هذه الخامات وعلى السطح غطاءاً من اكاسيد الحديد في شكل رواسب اسفنجية وتراكمات كتلية تسمى الجوسان Gossan ويقال له بالعربية الهشيم أو الثريد وهي بذلك تدل على أماكن الخامات المعدنية مما يساعد في التنقيب عنها واكتشافها وأحياناً ينتج من تحلل البايرايت والمعادن الأخرى تركيز وإغناء لبعض المعادن الثمينة كالذهب فيصير الجوسان خاماً اقتصادياً في حد ذاته كما

في منطقة الارياب في البحر الأحمر. **التواجد:** البايرايت من أكثر المعادن الكبريتية الشائعة وذلك لأنه يتكون عند درجات حرارة متفاوتة وتحت ظروف مختلفة. فهو يتكون في العروق الناتجة من المحاليل المائية مرتفعة الحرارة ومنخفضتها غير أن رواسبه الكبيرة والضخمة اكثر واكبر حجماً عند درجات الحرارة العالية. ويوجد البايرايت كذلك في الصخور النارية كمعدن ثانوي في المراحل الأولى لتبلور الصهير مختلطاً بمعدن البرونايت ويوجد في الصخور المتحولة خصوصاً الالتماسية منها كما ينتشر في الصخور الرسوبية.

الاستخدام: لا يستعمل البايرايت كخام للحديد وذلك لاحتوائه على نسبة عالية من الكبريت ولكن يستخدم في صناعة حامض الكبريتيك وإذا كان المعدن حاوياً على نسبة عالية من الذهب والنحاس فيستخلصان منه. وله مساوئ منها أنه سريع الأكسدة ولذلك فإن الصخور التي تحتويه لا تستخدم في أغراض البناء والعمارة لسهولة تفتتها وتغيرها بسبب التهوية والرطوبة.

معدن البيرايت

صورة رقم (**3-4**)

مركـــزايـــت
Marcasite 2[Fe S_2]

التركيب الكيميائي: الماركزايت هو الشكل الآخر لكبريتيد الحديد بجانـــب البايرايـــت فالمعدنان يعتبران مثلاً للتعدد الـــشكلي والثنـــائي بالـــذات bimorphic minerals . ويعتبر البايرايت الشكل الأكثر استقراراً فبتسخين الماركزايت إلى درجة 45° يتحـــول إلى البايرايت.

النظام البلوري: يتبلور الماركزايت في النظام المعيني القائم ويوجد في شكل بلـــورات مسطحة أو منشورية أو مجموعات شعاعية وتوأمية كذلك في مجموعـــات كرويـــة أو كتل كلوية.

الصفات الفيزيائية: الوزن النوعي 4.39 **وصلادته** مثل البايرايت من 6 – 6.5 **ولونـــه** على السطح الحديث أصفر باهت إلى بني. **ومخدشه** رمادي إلى اسود وله **بريق** فلزي وهو معتم. ويتحلل المعدن بسهولة أكثر من البايرايت وينتج عن التحلل كبريتات الحديد ومع المحلول حامض الكبريتيك.

التواجـــد: يوجد المعدن في عروق الخامات الكبريتية مـــصاحباً لمعـــادن الرصـــاص والزنك. يترسب في المحاليل الحمضية عند درجات الحرارة العادية وداخل الـــصخور الرسوبية كالصخور الجيرية والطفل واستخداماته مثل معدن البايرايت.

ارسينوبايرايـــت
Arsenopyrite 8[Fe As S]

التركيب الكيميائي: يتضح من القانون الكيميائي للمعدن أن نسبة العناصر الثلاثة الحديد والزرنيخ والكبريت هي 1:1:1 ولكن كمية الزرنيخ ربما تقل أو تزداد على قدر كميـــة الكبريت وقد يحل عنصر الكوبولت بنسبة صغيرة محل الحديد.

النظام البلوري: يتبلور الارسينوبايرايت في نظام الميل الواحد وربما تُري البلورات مظهراً كاذباً psuedomorphic للنظام المعيني القائم. ويتواجد كذلك في أشكال منشورية وبلورات توأمية أو في هيئة الكتل.

الصفات الفيزيائية: وزنه النوعي 6.07 **وصلادته** من 5.5 – 6 **ولونه** أبيض فضي **ومخدشه** أسود وله **انفصام** ظاهر **وبريق** فلزي وهو معتم.

التواجد: الارسينوبايرايت هو اكثر معادن الزرنيخ تواجداً وانتشاراً في الطبيعة حيث يوجد في عروق المحاليل المائية الحارة مصاحباً معادن الجالينا والسفاليرايت والبايرايت. ويوجد كذلك في العروق الحاوية للذهب والفضة وقد يوجد المعدن في صخور البجماتايت وفي الصخور الاستحالية ومن ذلك الصخور الجيرية المتبلورة كالرخام Marble.

الاستخدام: يستعمل الارسينوبايرايت كمصدر لخام الزرنيخ والذي يستخدم في صناعة الزجاج وتستعمل أملاحه كمبيدات للحشرات وفي صناعة البوهيات والصواريخ النارية.

مولبدينايت
Molybdenite2[Mo S_2]

التركيب الكيميائي: يحتوي المعدن على 59.9 % من المولبدينوم و40.1% من الكبريت ويتكون تركيبه من صفائح متبادلة للعنصرين في ترابط أيوني ضعيف لذلك يتميز بانفصام كامل ويسهل تشققه إلى رقائق وقشور رفيعة.

النظام البلوري: تبلور المعدن في النظام السداسي ويتواجد في هيئة بلورات سداسية مسطحة ذات انفصام كامل وفي شكل قشور وأحياناً في كتل.

الصفات الفيزيائية: الوزن النوعي يتراوح بين 4.62 – 4.72 **وصلادته** منخفضة من 1 – 1.5 ولذلك يخدش بالظفر وله تشقق قاعدي كامل **ولونه** رصاصي فاتح **ومخدشه** رمادي إلى أسود وهو ذو **بريق** فلزي وملمسه شحمي.

يتضح مما سبق من صفات المولبدينايت أنه كثير الشبه بمعدن الجرافايت Graphite في الصفات الفيزيائية والبلورية مما يجعل التمييز بينهما أحياناً عسيراً ولكن يمكن التفريق بينهما بالوزن النوعي المرتفع للمولبدينايت ولونه الرصاصي خلاف لون الجرافايت الأسود. وكذلك عند التسخين تنبعث من المولبدينايت رائحة كبريتية نفاذة عند تحرير الكبريت ذي اللون الأصفر بالتسامي sublimation ويتحول إلى لون أبيض عندما يبرد.

التواجد: يوجد المعدن (مثل الجرافايت) في الصخور النارية الحامضة مثل صخور الجرانيت والبجماتايت والابلايت وفي عروق الرواسب المائية الحرارية مصاحباً لمعادن القصدير (كاسترايت SnO_2) والتنجستين والولفرامايت $(FeMn)WO_4$ والفلورايت وكذلك يوجد في بعض الصخور المتحولة مثل سليكات الكالسيوم والشيلايت Scheelite وهو تنجستات الكاسيوم.

الاستخدام: يعتبر المولبدينايت الخام الرئيسي لعنصر المولبدينوم الذي يستخدم في صناعة الحديد والصلب (metallurgy) وفي الصناعات الاستراتيجية والمحركات السريعة والأفران الكهربائية وأجهزة الأشعة الذرية السينية.

الأملاح الكبريتية
SULFOSALTS

لقد سبق أن عرفنا الأملاح الكبريتية بأنها معادن يتحد فيها فلز أو اكثر (مثل الرصاص والحديد والنحاس) وشبه فلز (مثل الزرنيخ والانتمون) كشق قاعدي (كاتايون) مع الكبريت كشق حمضي (انيون) وبذلك يقوم شبه الفلز بدور الفلز في البناء الذري مع التوازن الكهربي المطلوب وبذلك تكون هذه الأملاح كبريتات مزدوجة.

وأهم هذه الأملاح الكبريية:

- بيرارجيرايت Pyrargyrite $Ag_3 Sb S_3$ الثلاثي
- بروستايت Praustite $Ag As S_3$ الثلاثي

- تتراهيدرايت Tetrahedrite $(Cu,Fe,Zn,Ag)_{12}Sb_4S_{13}$ المكعب
- اينارجايت Enargite $Cu_3As\ S_4$ المعيني القائم
- بورنونايت Bournonite $Pb\ Cu\ Sb\ S_3$ المعيني القائم

وسوف نسجل نبذه تعريفية لهذه المعادن

بيرارجيرايت
Pyrargrite 6[$Ag_3\ Sb\ S_3$]

يتبلور المعدن في النظام الثلاثي في شكل الهرم المزدوج ditrigonal pyramid ونادراً ما توجد البلورات فأغلب تواجده في هيئة كتل متماسكة أو قشور **ووزنه النوعي** 5.8 **وصلادته** بين 2.5 – 3 ومكسره محاري ولونه احمر إلى رصاصي **ومخدشه** احمر فاتح **وبريق** ماسي وهو شبه شفاف ويوجد معدن البيرارجيرايت مصاحباً لمعادن الفضة الكبريتية في عروقها مع الكالسايت والجالينا.

بروستايت
Praustite 6[Ag As S_3]

النظام البلوري لهذا المعدن كسابقه هو الثلاثي وأيضاً في شكل الهرم المزدوج وإن وجدت البلورات فهي صغيرة ولكن غالباً ما يتواجد في هيئة كتل أو قشور صفائحية. **وزنه النوعى** 5.5 **وصلادته** من 2.5 – 3 **ومكسره** محاري وهو قابل للكسر. **لونه** أحمر ياقوتي ومخدشه أحمر فاتح وله **بريق** ماسي ولكنه نصف شفاف وظروف تواجده مثل معدن البيرارجيرايت.

ونلاحظ أن الصفات الفيزيائية والبلورية تكاد تكون متطابقة بين البيرارجيرايت والبروستايت ولا غرو فأن الاختلاف الوحيد بينهما في التركيب الكيميائي وهو أن شبه الفلز هو الانتمون في الأول والزرنيخ في الثاني مع تشابه هذين العنصرين ذرياً وكيميائياً.

اينارجايت
Enargite 2[Cu_3AsS_4]

التركيب الكيميائي: يحتوي المعدن على 48.2 % نحاس و 19.1 % زرنيخ و 32.6% كبريت ويوجد فيه كمية قليلة من الحديد والزنك كما يحل الانتمون محل الزرنيخ.

النظام البلوري: يتبلور المعدن في نظام المعينى القائم وبلوراته مستطيلة أو مسطحة وأحياناً مخططة كما يوجد في أشكال عمدانية أو نصلية أو في هيئة كتل.

الصفات الفيزيائية: **وزنه النوعي** 4.45 **وصلادته** 3 وهو ذو **لون ومخدش** أسود رصاصي وبه انفصام واضح وله **بريق** فلزي والمعدن معتم.

التواجد: الاينارجايت نادر الوجود وإن وجد ففي عروق الرواسب المائية الحرارية منخفضة الحرارة مع معادن مثل البايرايت والسفاليرايت والجالينا والشالكوسايت وغيرها من المعادن الكبريتية.

تتراهيدرايت
Tetrahedrite 2[$(Cu,Fe,Zn,Ag)_{12}Sb_4S_{13}$]

التركيب الكيميائي: مجموعة من العناصر تكون الجانب الفلزي من المعدن وفيها فإن النحاس هو الغالب ولذلك فأحياناً ما يقتصر قانون التركيب الكيميائي إلى $Cu_{12}Sb_4S_{13}$ ولكن المعدن يحتوي على الحديد بنسبة تصل إلى 13 % والزنك بنسبة تصل إلى 8 % وهناك انواع تصل فيها الفضة إلى 8 % كذلك يوجد في التركيب الكيميائي الرصاص والزئبق ويحل الزرنيخ محل الانتمون لدرجة الإحلال الكامل مما يجعل هنالك متسلسلة متصلة كاملة بين التتراهيدرايت على جانب الانتمون إلى معدن الزرنيخ في الجانب الآخر ويسمى تينانتايت Tennantite.

النظام البلوري: يتبلور التتراهيداريت في النظام المكعب بل وهو مثال لذلك النظام وهنالك شكل لفصيلة في النظام المكعب يحمل اسم المعدن وبالمقابل سمي المعدن كذلك لأن هيئة بلوراته رباعية tetrahedron ويوجد المعدن كذلك في كتل دقيقة وحبيبات خشنة.

الصفات الفيزيائية: الوزن النوعي يتراوح من 4.6 – 5.1 حسب التركيب الكيميائي وكذلك الصلادة تتفاوت بين 3 – 4.5 . **ولونه** غالباً اسود و**مخدشه** بني إلى أسود وهو ذو **بريق** فلزي ودون ذلك وهو معتم.

التواجد: التتراهيدرايت من أهم الأملاح الكبريتية وأكثرها انتشاراً ويوجد في العروق الحرمائية وفي ظروف الحرارة المنخفضة أو المتوسطة مع معادن النحاس والفضة. وكذلك يوجد في العروق الحارة المتداخلة في الصخور المتحولة.

بورنونايت
Bournonite 4[Pb Cu Sb S_3]

التركيب الكيميائي: تتفاوت نسبة الرصاص والحديد والانتمون في المعدن وربما يحل الزرنيخ محل الانتمون إلى حدود 3 % فقط وليس هناك ما يدل على وجود متسلسلة متصلة إلى معدن $PbCuAsS_3$ وهو معدن يسمى السليجمانايت Seligmannite نادر الوجود.

النظام البلوري: يتبلور المعدن في نظام المعيني القائم ذي الهرم المنعكس وتكون البلورات منشورية أو مسطحة وغالباً توأمية تأخذ أحياناً شكل الصليب. كذلك يوجد المعدن في هيئة كتلية متماسكة أو في حبيبات.

الصفات الفيزيائية: وزنه النوعي يتراوح قليلاً من 5.7 – 5.9 و**صلادته** من 2.5 – 3 و**لونه** رصاصي أو رمادي إلى أسود و**مخدشه** رصاصي داكن إلى أسود. وله **بريق** فلزي وملمسه على السطح الحديث شمعي و**مكسره** محاري.

التواجد: يوجد البورنونايت في العروق الحرمائية متوسطة الحرارة مع معادن مثل الجالينا والتتراهيدرايت والسفاليرايت والبايرايت كما يوجد مع الأملاح الكبريتية الأخرى. ووجوده في الخامات المعدنية يرفع من قيمتها خصوصاً وأن استخلاص الرصاص والنحاس والانتموني من هذا المعدن سهل.

المعـــادن الكبريتاتيـــة
SULPHATE MINERALS

أهم المعادن الكبريتايتة هى معادن:(1) البايرايـــت (2) سيلستايـــت (3) الأنجليسايت (4) الأنهايدرايت وبالمقارنة مع معادن الكبريتيديات Sulphides فإن الجانب القاعـــدى هو SO_4 بدلاً من الكبريت فقط (S)وفى هذه الحالة فإن الكبريت يتحد مع الأكسجين فى تناسق رباعى ليكون الشكل ذا الأربعة اوجه[SO_4]Tetrahedron المعهود فى الأشكال السيليكاتية. أما الجانب الحمضى (Cation) من التركيب الكيميائى فهو من العناصـــر Ca,Pb,Sr,Ba حسب ترتيب المعادن المذكورة أعلاه.هذا التشابه فى الـــشكل التركيبـــى للكبريتات ينعكس بشكل بين فى الصفات البلورية والصفات الفيزيائية لهذه المعادن كما يتبين من الجدول أدناه

المعـــدن	بايرايـــت Barite	سيلستايـــت Celestite	انجليسايـــت Anglesite	انهايدرايـــت Anhydrite
التركيـــب الكيميـــائى	$4[BaSO_4]$	$4[SrSO_4]$	$4[PbSO_4]$	$4[CaSO_4]$
النظـــام البلـــورى	معينى قائم	معينى قائم	معينى قائم	معينى قائم
النسبـــة المحوريـــة	1.6290:1:1.3123	1.5618:1.2829	1.5709:1.2890	0.9993:1:0.8916
الانفصـــام	ممتاز [001] جيد [210]	ممتاز [001] جيد [210]	ممتاز [001] جيد [210]	جيد [210] واضح[100]و[001]
القســـاوة	3-3.5	3-3.5	2.5-3	3.5
وزنـــه النـــوعى	4.48	3.971	6.323	2.963

يوضح الجدول التشابه الجيد لهذه الكبريتـــات النـــاتج مـــن الـــشكل التركيبـــى والإختلاف القليل فى النسبة المحورية لمعدن الأنهايدرايت[$CaSO_4$] هـــو أن عناصـــر المعادن الثلاث الأولى تتحد فى تناسق إثنى عشرى (12) فى حين عنـــصر الكالـــسيوم (Ca)الصغر ذرته يتحد فى تناسق ثمانى (8). أما **وزنه النوعى** فيتفاوت بتفاوت الـــوزن الذرى للعنصر المكون للمعدن ولذلك فإن الأنجليسليت (Pb) هو أثقلها.

ونضم إلى هذه المجموعة معدن الجبص Gypsum $CaSO_4 .2H_2O$ وهو كما واضح يتكون من معدن الأنهايدايت مع إضافة الماء. وهو معدن جد شائع ويكون رسوبيات وأسعة وذو فوائد إقتصادية جمة ذلك أن له إستعمالات متعددة.

باريت
Barite 4[$BaSO_4$]

التركيب الكيميائى : مثاليا يتكون من BaO 65.7 % SO_3 34.3% ولكن يحل كل من Sr محل Ba وهنالك سلسلة متصلة لعنصر البارايت والسيلستايت. ولذلك يحل Pb محل Ba ولكن لصغر حجم ذرة الكالسيوم Ca فإنه لا يشترك فى هذا الإبدال.

النظام البلورى: تتواجد بلوراته ذات النظام المعينى القائم فى أشكال مختلفة منها المنشورية والمسطوحة وابعاد البلورة a=8.87A° , b=5.30 A° , c=7.14 A° **اللون:** لا لون له أو أبيض وربما يأخذ اللون الأصفر أو البنى أو الأحمر إعتماداً على الشوائب وربما تتوزع حسب نطاقات نمو البلورة. **مخدشه:** أبيض

التواجد: يتواجد البايرايت فى العروق الحرمائية الحاملة للتمعدن ذات الحرارة المتوسطة أو المنخفضة ، وربما يكون الباريرايت المكون الأساسى لتلك العروق وتتواجد معه معادن الفلورايت والكالسايت والسيدارايت والكورتز والجالينا.

الإستعمال: هو مصدر مهم للباريوم ولكن 80% من البايرايت المستخرج يستعمل فى عمليات حفر آبار البترول والغاز الطبيعى لطينته الثقيلة ويساعد فى مساندة عواميد الحفر ويكون وقاية من إنفجار الغاز الطبيعى.

الإستعمال: المصدر الأساسى للأسترومينوم الذى يستعمل فى أنوار البهرجة ومنه تستخرج أملاح الأسترونتيوم التى تستغل فى كثير من الصناعات مثل تنقية السكر والبوهيات والبطاريات وصناعات المطاط والزجاج.

انجليسايت
Anglesite 4[$PbSO_4$]

التركيب الكيميائى: يحتوى على PbO 73.6% SO_3=26.4%

النظام البلورى : معينى قائم وأبعاد البلورة هى :

c = 6.94A° b = 5.39A° a = 8.47A°

مما يؤكد التشابه فى الشكل مع البايرايت وسيلسيتايت وبلوراته منشورية ويوجد كذلك فى كتل وحبيبات أو ترابي فى حالات قليلة نجد بلورات الأنجليسايت ذات نطاقات دائرية مع تركيز لمعدن الجالينا فى المركز.الانفصام: ممتاز على الوجه (001) وجيد جداً على المسطوح (210).

اللون: لا لون له أو أبيض وقليلاً ما يكون رمادى أو أصفر أو أخضر مخدشه أبيض،

البريق: ماسى وأنواعه تتراوح بين الشفافية إلى المعتم.

التواجد: الأنجليسايت معدن ثانوى فهو يتواجد فى نطاق الأكسدة عند الإغناء الثانوى للتمعدن الحامل للجالينا فهو نتاج أكسدة الجالينا لذلك يتواجد معها ومع معادن الرصاص الأخرى كالسيروسايت.

انهايدرايت
Anhydrite 4[$CaSO_4$]

التركيب الكيميائى: يحتوى على $SO_3$58.8 ، CaO 41.2%

النظام البلورى: المعينى القائم ولكنه يختلف فى شكله البلورى عن بقية المعادن الكبريتاتية نسبة لصغر حجم ذرة الكالسيوم ويظهر ذلك فى الإختلاف البسيط فى أبعاد البلورة.

c = 6.21A° b = 6.96A° a = 6.95A°

$a = 5.68A^{\circ}$ $b = 5.18A^{\circ}$ $c = 6.29A^{\circ}$ $\beta = 113^{\circ}\ 50'$

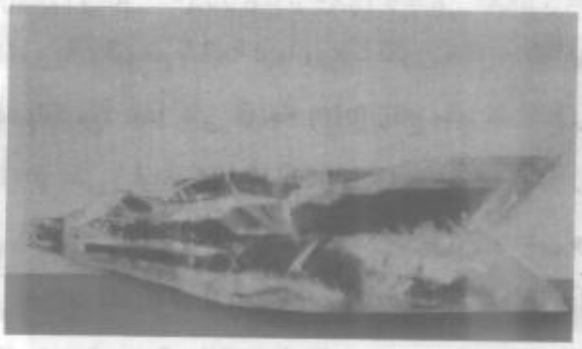
وبلوراته منشورية والتوائم شائعة فيها وربما تكون ملتوية كما يوجد فى هئية كتلية حبيبية أو ليفية. **الانفصام:** جيد جداً على الوجه (010) ينتج منها صفائح رقيقة وجيد فى الإتجاهات (100) و(011) على زاوية 124° أو 56°ينتج عنها قطع معينية رمزية. **اللون:** لا لون له وشفاف وربما يكون أبيض وكذلك **مخدشه. البريق:** زجاجى وربما يكون لؤلؤى على سطح الانفصام (010). **القساوة:** 2 (جدول موهس) **وزنه النوعى:** 2.32.

ميزات التعرف: القساوة المتدنية والانفصام الجيد وعند التسخين تخرج الماء ويتغير لونه الأبيض وهو يذوب فى حامض الهايدوكلور . وجود الماء فارق بينه والأنهايدرايت.

التواجد: الجبص يتواجد فى رسوبيات ذات أبعاد شاسعة مع الصخور الجيرية والطينية وطبقات الملح كما فى رسوبيات البحر الأحمر وأشهرمستودعات له فى منطقة خور آيت على بعد 60 كيلومتر شمال بورتسودان ومن العاده فإن الجبص هو أول ما يترسب عند تبخر مياه البحار يتبعه الأنهايداريت ثم الملح عند تزداد الملوحة وأخيراً بقية الأملاح ويوجد كذلك كمستودعات عدسية داخل الصخور الجيرية أو الطينية كما يتواجد مع الملح فى القباب (cap-rock)، الجبص هو أكثر الكبريتات تواجداً وهو يتواجد فى معظم بلدان العالم أشهرها مسودعاته فى الولايات المتحدة وكندا وفرنسا وإنجلترا وروسيا.

الإستخدام: كما سبق أن بينا فالجبص ينتج منه عجينة باريس والتى تستعمل فى عدة أوجه فى عمليات البناء بطلاء المبانى وعمل الفواصل والالواح.يمكن تشكيله فى قوالب لتزين الاعمدة ويستعمل الجبص كمحسن للتربة ولقد جرب بفعاليه فى تحسين التربة المالحة شمال الخرطوم (سوبا) كما أنه يدخل فى صناعة الأسمنت بنسبة أقلها 5% ويستخدم كذلك فى صناعة الطباشير.

الباب الرابع



الجبـــس

صورة رقم (3-6).

الأنجلوسايت
صورة رقم (3- 7)

المعادن الأوكسيدية
OXIDE MINERALS

عنصر الأوكسجين هو أكثر العناصر توجدا في القشرة الأرضية حيث أنه يكون 46.4% منها بالوزن و94% بالحجم. و لأن ذلك العنصر يتفاعل كيميائياً بسرعة ويسر مع المعادن الأخرى لذلك نجد أن أغلب المعادن تحتوي علي الأوكسجين. ومجموعة المعادن الاوكسيدية تتواجد في كل أنواع الصخور فهي موجودة في الصخور النارية والمتحولة غالباً كمكونات إضافية ولكنها تتجمع أحيانا لتكون عروق رواسب اقتصادية وهي لصلابتها وبالتالي مقاومتها لعوامل التجوية مع ثقلها النوعي العالي تتراكم وتتواجد في الصخور الرسوبية وربما كونت مستودعات لمعادن اقتصادية مثل خامات الحديد (خصوصاً الهيماتايت) والحديد كما نعرف هو ركيزة التقدم الصناعي. تتميز المعادن الاوكسيدية ببعض الخصائص الفيزيائية ذات الأهمية في طرق تواجدها وبالتالي طرق التنقيب عنها وكذلك في استخداماتها من ذلك صلادتها العالية نسبيا وهي ذات وزن ثقيل كما ذكرنا سابقا وهذه الاكاسيد لها لون معتم غير أن سطوحها لها بريق لامع. وكثير منها له خاصية الجذب المغناطيسي. ومن جانب آخر فإن تراص الأوكسجين مع الفلزات في مركبات الأكاسيد غالباً ما يكون في شكل المكعبات أو في شكل السداسي ولذلك فإن المعادن الاوكسيدية تتبلور في أنظمة عالية التماثل (المكعب والرباعي والسداسي) وقليل منها ما يتبلور في النظام أحادي الميل ويندر أن نجد بلوراتها ذات نظام ثلاثي الميول. تتكون المعادن الاوكسيدية باتحاد فلز مع الأوكسجين في الحالات البسيطة مثل معدن الكوبرايت Cuprite Cu_2O أو أكثر من فلز مع الأوكسجين مثل معدن الاسبينيل Spinel $Mg\,Al_2\,O_4$ وتتراوح نسبة الفلزات ويرمز إليها بالحروف A وB للأوكسجين في مركبات الاكاسيد مما يمكننا أن نقسمها إلي أصناف حسب تلك النسبة :

النمط الأول A_2O :

كوبرايت Cuprite Cu_2O المكعب

ويمكن أن ندرج الثلج H_2O في هذا النمط إذا ما اعتبر معدناً

(2)النمط الثاني A O :

بركليز Periclase Mg O

زنكايت Zincite Zn O

(3)النمط الثالث AB_2O_4 :

مجموعة الاسبينبل Spinel Group

الاسباينيل Spinel $Mg\ Al_2O_4$ المكعب

الماغنيتايت Magnetite $Fe\ Fe_2O_4$ المكعب

فرانكلينايت Franklinite$(ZnMnFe)(FeMn)_2O_4$ المكعب

كرومايت Chromite $(Mg\ Fe)\ Cr_2O_4$ المكعب

(4) النمط الرابع A_2O_3 :

مجموعة الهيماتيت Hematite Group

كروندوم Corundum Al_2O_3 الثلاثي

هيماتايت Hematite Fe_2O_3 الثلاثي

المانايت Ilmenite $Fe\ Ti\ O_3$ الثلاثي

وهناك اكاسيد قريبة من هذا الصنف مثل سيلوميلين Psilomelane$(Ba,H_2O)\ Mn_2O_{10}$

(5) النمط الخامس AO_2 ويشمل

مجموعة الروتايل روتايل Rutile $Ti\ O_2$ رباعي

كاسيترايت Cassiterite $Sn\ O_2$ رباعي

بايرولوسايت Pyrolusite $Mn\ O_2$ رباعي

اناتيز Anatase $Ti\ O_2$ رباعي

بروكايت $Ti\ O_2$ Brookite رباعي

يورانينايت $U\ O_2$ Uraninite مكعب

ثورينايت $Th\ O_2$ Thorianite مكعب

كولومبايت – تانتالايت $(Fe\ Mg)\ (Na, Ta)_2\ O_6$ Columbite – Tantalite أحادي الميل

وبالطبع فإن أكسيد السيليكون SiO_2 يقع في هذا النمط الخامس ولكنه نسبة لان أكاسيد السيليكون هي أكثر الاكاسيد انتشارا ولا غرو فالسيليكون ثاني عنصر تواجدا في القشرة الأرضية وعليه فإن مركبات السيليكون والأوكسجين ضمن المعادن السيليكاتية التى درسناها فى الباب الثانى.

هناك بعض الاكاسيد المعدنية التي تحتوي على الهايدروكسيد أو الهايدروكسيدات (OH) أو الماء في تركيبها البلوري نذكر منها:

مانجينايت $Mn\ O\ (OH)$ Manganite

جيوثايت $Fe\ O\ (OH)$ Geothite

بوكسايت – اكاسيد الألمونيوم المائية Bauxite

بروسايت $Mg\ (OH)_2$ Brucite

سيلوميلين $(BaAl_2O)Ma_2O_{10}$

اكاسيد المنجنيز المائية Psilomelane

جبسايت $Al\ (OH)_3$ Gibsite

كوبرايت
Cuprite $2[Cu_2O]$

التركيب الكيميائي: تحتوي المعدن علي 88.8% نحاس 11.2% أوكسجين وغالباً ما يكون نقيا وقليلا ما يحتوي على شوائب من أكسيد الحديد. ولقد جاءت تسميته من الكلمة اليونانية cuprum بمعنى نحاس.

النظام البلوري: يتبلور المعدن في نظام المكعب ويوجد عادة في مكعبات ذات ثمانية أوجه أو اثني عشر وجها وفي أشكال مكعبات شعيرية capillar طويلة وكذلك يوجد المعدن في مكعبات حبيبية أو كتل · والتركيب البلوري للكوبرايت هو على أعلى تماثل في النظام المكعبي وكانت دراسته بواسطة الأشعة السينية من أوائل ما قام به رائد تلك الدراسة براق (Bragg) عام 1915.

الصفات الفيزيائية: الكوبرايت ذو لون أحمر وكذلك مخدشه وله بريق لامع وصلادته متوسطة 5 —4 ووزنه النوعي 6.1 وهو معتم وللكوبرايت انفصال في الوجه (111) ولكنه متعارض·

التواجد: الكوبرايت من معادن النحاس الثانوية والتي تتكون من معادن النحاس الأولية نتيجة عملية الإغناء الثانوي secondary enrichment وهو لذلك يوجد في المناطق العليا من عروق التمعدن مع معادن النحاس الثانوية الأخرى مثل النحاس العنصري و الشالكوبرايت والازورايت أو مع الليمونايت في الهشيم ويستخدم المعدن كأحد مصادر النحاس ·

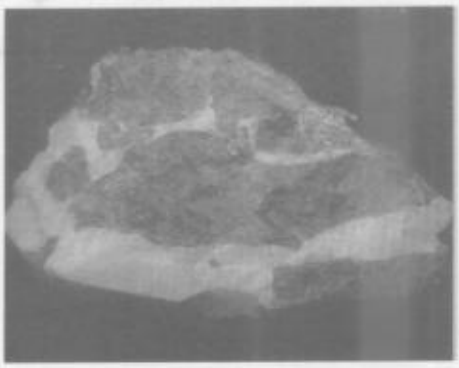
زنكايت
Zincite 2 [Zn O]

التركيب الكيميائي: يحتوي المعدن على 80.4% زنك و19.6% أوكسجين وغالباً ما يوجد به المنغنيز والذي يتسبب في تغيير لونه الأبيض ·

النظام البلوري: يتبلور المعدن في النظام السداسي ولكنه نادرا ما يوجد في بلورات بل الشائع هو نظام الكتل الحبيبية أو الصفائحية ·

الصفات الفيزيائية: إذا كان نقياً فإن لون الزنكايت أبيض ولكن لوجود الشوائب فإن اللون الغالب هو الأحمر الغامض أو الأصفر البرتقالي وهو ذات لون المخدش وله بريق ماسي ضعيف وهو نصف شفاف وصلادته 4 ووزنه النوعي 5.7 .

التواجد: معدن الزنكايت قليل التواجد غير أنه يوجد في الصخور الجيرية المتحولة كما في منطقة فرانكلين بولاية نيوجيرسي بأميركا وهو مصدر مهم للزنك إذا وجد في مستودعات غنية.



زنكايت

صورة رقم (4-1)

بيركليز

Periclase 4 [Mg O]

التركيب الكيميائي: يحتوي البيركليز عادة على الحديد والذي ربما تصل نسبته في العينات الطبيعية إلي 8% ويمكن تحضير البركليز الصناعي أي التحضير المعملي لأكسيد المغنيزيوم Mg O ولقد اتضح أن هناك سلسلة متكاملة بينه و أكسيد الحديدوز Fe O ويتحول المعدن بسهوله إلى معدن البروسابت (Mg(OH) Brucite بوجود الماء وتحت عوامل التجوية .

النظام البلوري: يتبلور المعدن في نظام المكعب ولكن عادة ما يوجد في شكل حبيبات غير منتظمة ومتكاملة بسبب ما ذكرنا من تحوله.

الصفات الفيزيائية: المعدن وهو نقي لا لون له أو أبيض رمادي ولكن لونه يصير أصفرا وربما أسودا حسب وجـود الشوائب خاصة الحديد ولكن مخدشه في الغالـب

أبيض . وبلوراته تتصف بالانفصام التام وصلادته حوالي 5.5 ووزنه النوعي 3.58 وله بريق زجاجي وهو شفاف .

التواجد: يتواجد البركليز في الصخور الجيرية المتحولة مصاحباً لمعادن الفورستر ايت والماجنيز ايت والبروسايت والاسباينيل .

مجموعة الاسباينيل
Spinel Group 8 [AB_2O_4]

يطلق اسم الاسباينيل على مجموعة من المعادن الموجودة طبيعيا غير أن بعضاً منهـا يمكن تحضيره معملياً وبعضها ينتج من صهر المعادن في المتالورجية. يرمز لتركيب الاسبينيل الكيميائي بAB_2O_4 فهي اكاسيد لفلزات من A وهي تـشمل Mg, Fe, Zn, Mn, Ni وهي عناصر ذات نصف قطر ذري يتراوح بين 0.65 A° و 0.8 A° وفلزات B قد تكون AL, Fe, Cr, Mn وهذه عناصر قطرها الذري أصغر من الأولى ويتـراوح بين 0.50 A° و 0.65 A° وفي أغلب معادن الاسبينيل فإن النسبة A:B هي 1:2.

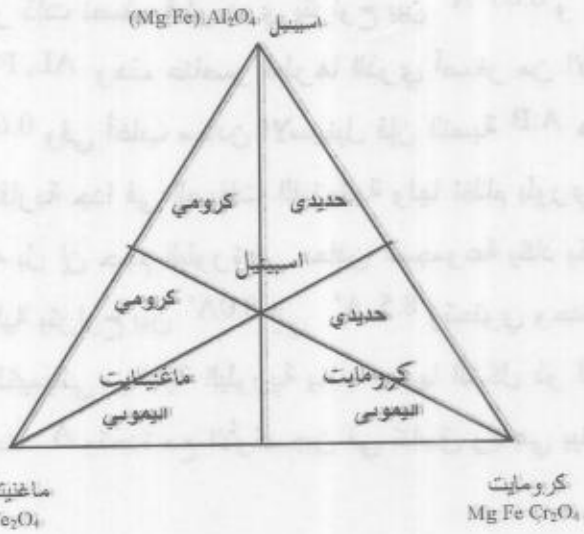
مجموعة الاسبينيل متقاربة جدا في الصفات الفيزيائية ولها نظام بلوري واحـد وهـو المكعب ممركز الوجه بل إن حجم البلورة في معادن المجموعة يكاد يكـون متـساويا ذلك أن بعد وحدة الخلية يتراوح بين 8.0A° إلي 8.5 A° وتحتوي وحدة الخلية البلورية على 8 من المركب الكيميائي. والبنية البلورية يغلب عليها الشكل ذو الثمانيـة أوجـه وغالبا ما تكون الفلزات A متحدة مع الأوكسجين في تناسق رباعي بينما تتحد الفلزات B في تناسق سداسي .

الجدول أدناه يبين معادن الاسبينيل وخصائصها المتقاربة

	التركيب الكيميائي	بعد الخلية	الصلادة	الوزن النوعي
الاسبينيل	8 [$Mg\ Al_2\ O_4$]	8.8 A°	8–2.5	2.58
الماغنيتايت	8 [$Fe\ Fe_2\ O_4$]	8.39 A°	6.5–5.5	5.20
الكرومايت	8 [$(Mg\ Fe)\ Cr_2O_4$]	8.36 A°	5.5	5.09
فرانكلينايت	8[$(ZnMnFe)(FeMn)_2O_4$]	8.42 A°	6–5.5	5.22–5.09

كما يظهر من التركيب الكيميائي هنالك إحلال بين العناصر المكونة لمعادن الاسبينيل في عينات المجموعة المختلفة داخل كل معدن منفردا وبين أفراد المجوعة. والملاحظ أن الإحلال بين العناصر ثنائية التكافؤ A يتم بيسر ولذلك نجد متسلسلات

متصلة بين معادن الاسبينيل التي تتكون من هذه المجموعة ولكن الإحلال بين المجموعة ثلاثية التكافؤ B محدود جدا وعندما يتم ذلك في معادن الاسبينيل الشائعة فإن ذلك المعدن يوصف بالعنصر ثلاثي التكافؤ B الذي تسبب في ذلك الإحلال كما واضح في الشكل أدناه فيدعي الاسبينيل الليموني Al^{+3} أو حديدي Fe^{+3} أو كرومي Cr^{+3}.



شكل رقم (4-1)

ومن المعادن غير الشائعة التي لها خصائص مجموعة الاسبينيل معادن مثل الهيرسينايت $FeAl_2O_4$ Hercynite والجاهنايت $ZnAl_2O_4$ Gahnite والجلاكسايت $MnAl_2O_4$ Galaxite والماجنيزيوكرومايت $MgCr_2O_4$ Magnesochromite وكما هو واضح من تركيبها الكيميائي تكونت من غلبة إحلال بعض الفلزات عوضاً عن بعض في مجموعة معادن الاسبينيل وغالباً ما يكون بينها سلسلة متصلة .

اسبينيل
Spinel 8 [$MgAl_2O_4$]

التركيب الكيميائي: عندما يكون الاسبينيل نقيا فإنه يحتوي على 28.2% من أوكسيد مغنيسيوم 71.8% أكسيد ألمونيوم ولكن غالباً ما تحل عناصر ثنائية التكافؤ مثل Fe, Zn, Mn محل المغنيسيوم وأخرى ثلاثية التكافؤ Fe, Cr محل الألمونيوم وتبعاً لذلك الإحلال يظهر المعدن بألوان متعددة ويتراوح في وزنه النوعي.

النظام البلوري: يتبلور الاسبينيل في النظام المكعب وشكله ذو ثمانية أوجه وكثيرا ما تكون البلورات توأميه ولها نصل حاد وهي صفة اشتق منها اسم المعدن ذلك أن كلمة اسبينيل تعني الشوكة في الإسبانية ويوجد المعدن كذلك في هيئة كتل أو تجمعات حبيبية.

الصفات الفيزيائية: رأينا أن لون المعدن يتغير طبقا لإحلال بعض العناصر محل أخرى فهو في تركيبه الكيميائي النقي $MgAl_2O_4$ أبيض شفاف ولكن وجود المنجنيز (Mn) يعطي المعدن لونا أحمراً وحينها يسمى الاسبينيل الياقوتي Ruby spinel واحتواء المعدن على الحديد يطفي على المعدن اللون البني الغامض أو الأسود والكروم (Cr) يظهر المعدن بلون أصفر أو بني مصفر **والوزن النوعي** في حالته المثالية 3.55 ولكنه كذلك يتفاوت حسب إحلال العناصر. والاسبينيل ذو **بريق** لا فلزي زجاجي وهو غالبا نصف شفاف إلا إذا كان نقيا و**مخدشه** المثالي أبيض. والمعدن لا **انفصام** له و**مكسره** محاري و**صلادته** من 7.5 إلي 8 .

التواجد: الاسبينيل معدن ذو منشأ يتصف بالحرارة العالية فهو من المعادن الشائعة في الصخور المتحولة حرارياً كصخور النايس خصوصاً تلك الصخور الفقيرة أو الخالية من السيليكا كالصخور الطينية وبعض الصخور الجيرية. وكذلك يتواجد المعدن في الصخور القاعدية النارية كمعدن إضافي. لصلادته العالية فهو لذلك يتواجد في الرسوبيات الناتجة من الصخور المذكورة آنفا في شكل حبيبات وكتل في مجاري الأنهار والسيول .

الاستخدام: أنواع الاسبينيل الشفافة ذات الألوان الباهرة تستعمل كأحجار كريمة Ruby ولكن أسعارها ليست مرتفعة نسبيا أما النوع العادي فيستخدم في الصناعات الحرارية Refractories. على كل ينتج الاسبينيل صناعياً بطريقة كيميائية والصناعة تنتج النوعين كليهما.

ماجنتايت
Magnetite 8[$FeFe_2O_4$]

التركيب الكيميائي: يحتوي المعدن على 72.4 % حديد و 27.6 % أكسجين غير أن المغنيسيوم والمنجنيز يحلان محل الحديدوز (Fe^{+2}) والكروم والتيتانيوم والألمونيوم محل الحديديك (Fe^{+3}) ولذلك غالباً ما يثبت التحليل نسباً من هذه العناصر. والماجنتايت صعب الانصهار ولكنه يذوب ببطء في حامض الهيدروكلوريك.

النظام البلوري: يتبلور الماجنتايت في النظام المكعبي عادة في شكل بلورات ذات ثمانية اوجه لكن غالباً ما يوجد في كتل خشنة أو حبيبات دقيقة وربما تكون البلوريات توأمية.

الصفات الفيزيائية: الوزن النوعي للماجنيتايت 5.18 **ولونه** أسود وكذلك **مخدشه** وله **بريق** فلزي و**صلادته** 5.5– 6.5 و**مكسره** محاري غير مستوي ولا **انفصام** له. والصفة المميزة للماجنيتايت هي **خاصية المغناطيسية** القوية فبعض عيناته تكون طبيعياً مغنطيس وتدعى لودستون Lodestone.

التواجد: الماجنيتايت من أكثر المعادن تواجداً وأكثر عناصر أكاسيد العناصر الفلزية تواجداً فهو يتواجد في الصخور باختلاف أنواعها واختلاف منشأها خاصة كمعدن إضافي فهو:

(1) يتجمع في مراحل تبلور الصهير الأولى مع البايروكسين والالبايت وربما يكون بكميات كبيرة تكون رواسب اقتصادية كما في كرونا Krona في شمال السويد.

(2) يتواجد في كل الصخور النارية والمتحولة كمكون إضافي وقد يتجمع تحت عوامل الاستحالة ليكون مستودعات اقتصادية كما في بعض مناطق السودان (مجموعة حديد آبار الصوفيا بجبال البحر الأحمر).

(3) يتبلور نتيجة عوامل الاستحالة الحرارية مع الصخور الجيرية كالرخام وبصحبة معادن كالجارنيت والديوبسايت.

(4) يتواجد كذلك في عروق المعادن الكبريتية المتبلورة تحت حرارة عالية.

(5) نسبة لصلادته ووزنه العالي فيكثر تواجده في الرواسب المنقولة بواسطة السيول والأنهار والمتراكمة على الشواطئ فيما يسمى بالرمال السوداء.

الاستخدام: الماجنيتايت خام مهم للحديد.

كرومايت
Chromite 8[$FeCr_2O_4$]

التركيب الكيميائي: حسب القانون الكيميائي $FeCr_2O_4$ فإن معدن الكرومايت يحتوي على 32% من أكسيد الحديدوز و 68 % من أكسيد الكروم ولكن في الغالب يحل المغنيسيوم محل بعض من الحديدوز فيكتب القانون $(FeMg)Cr_2O_4$ ويحل كذلك الألمونيوم والحديديك محل الكروم. وهنالك دليل على وجود متسلسلة متصلة بين الكرومايت والماجنيتايت. تتفاوت نسبة الحديد في عينات الكرومايت الشائعة بين 30-60% ونوعية الكروم تعتمد على نسبة الكروم إلى الحديد إذ أنها لحد كبير تحدد مجال استخدامه كما سيأتي.

النظام البلوري: يتبلور المعدن في النظام المكعبي والبلورات ذات ثمانية أوجه إن وجدت ولكنها نادرة وعادة ما يوجد الكرومايت في هيئة كتلية.

الصفات الفيزيائية: لون الكرومايت أسود حديدي او أسود بني **ومخدشه** بني داكن وهو نصف شفاف إلى معتم وهو ذو **بريق** فلزي **وصلادته** حوالي 5 لا **انفصام** له ومكسره غير مستوي **ووزنه النوعي** 4.6 .

التواجد: الكرومايت من المعادن الشائعة كمعدن إضافي في الصخور القاعدية وفوق القاعدية مثل البريدوتايت والسيربنتايت وربما يتجمع في كتل كبيرة ليكون مستودعات

الكروميت الاقتصادية. وهنالك طريقتان لتواجد الكروميت بكميات اقتصادية كلاهما ناتج من انفصاله مبكراً وتمييزه وبالتالي تجميعه عند بداية بلورة صهير الصخور فوق القاعدية:

1. إما أن يترسب ويتراكم الكروميت في شكل العدسات lenticular أو الجوالات stockform وفي هذه الحالة فإن مستودعات الكروم تكون شاردة أو ضالة يصعب تحديد موضعها أو حجمها مما يجعل عمليات التنقيب عن هذا النوع معقدة ويجعل كذلك استخراجه صعباً وهذه هي طريقة تواجده بجبال الانقسنا في جنوب شرق السودان غير أن هذا النوع عالي الجودة ومرغوب ومطلوب في الصناعات الثقيلة.

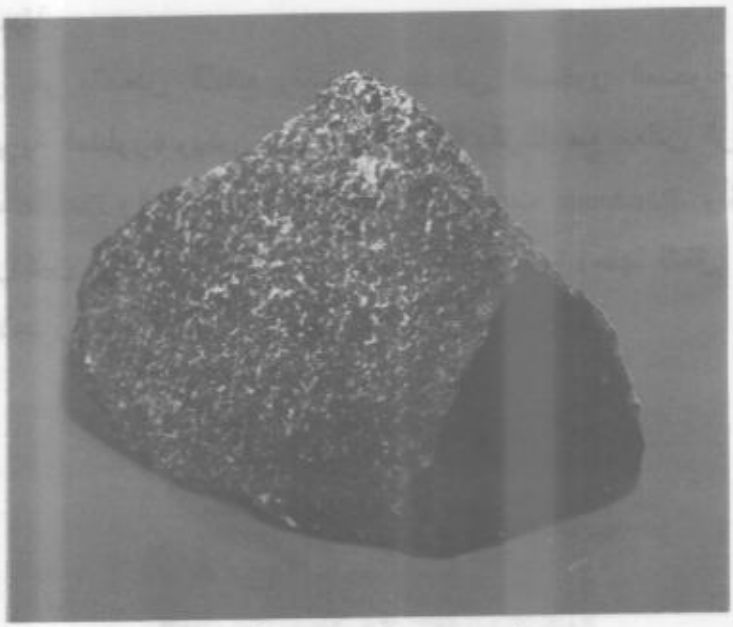
2. في الطريقة الثانية يتجمع الكروميت المنفصل من صهير الصخور فوق القاعدية عند تبلورها موجة إثر أخرى فيكون طبقات على مستوى معين ولها امتدادها طولاً وعرضاً مثل طبقات الصخور الرسوبية فهو يتراكم في رواسب متطابقة stratiform كما في جبال البوشفيلد في جنوب أفريقيا.

الاستخدام: يستخدم الكروميت في العديد من الصناعات وله استخدامات مختلفة تعتمد أساساً على تركيب المعدن الكيميائي ولحد ما على هيئته:

(1) **في الصناعات الثقيلة:** يصهر الكروميت أولاً لإنتاج الفروكروم وهذا يستخدم في صناعة الصلب غير القابل للصدأ وفي هذا النوع تكون نسبة الكروم إلى الحديد 2.5 على الأقل (Fe : Cr = 1: 2.5) ويعني ذلك ان يحتوي المعدن على نسبة أقلها 42% من أكسيد الكروم. وفي هذه الحالة يطلب ان يكون الكروم في هيئة كتل ذات حجم معقول.

(2) **في الصناعات الحرارية:** ويتأتى ذلك من أن المعدن في حد ذاته له مقاومة عالية للحرارة فيصنع منه طوب لتبطين أفران صهر الفلزات والأفران الأخرى في مختلف الصناعات. في هذه الحالة تتفاوت نسبة أكسيد الكروم من 42% إلى 33% ويستحسن أن يكون المعدن اللموني به أكسيد الألمونيوم إلى حوالي نسبة 30%.

(3) **في الصناعات الكيميائية:** وفي هذه الحالة يمكن أن يستخدم الكروميت ذو الجودة المتوسطة أو المنخفضة على ألا تقل نسبة الكروم فيه عن 25% ومنه تستحضر أملاح الكروم والتي تستخدم في عدة صناعات خفيفة مثل صناعة البوهيات والأصباغ وفي دباغة الجلود وفي التصوير وفي طلاء الأدوات المعدنية وأشكال الزينة. والسودان يصدر خام الكروميت المستخرج من جبال الانقسنا ولكن بكميات قليلة ولكن خام الانقسنا هو من أجود خامات الكروميت وله سمعة عالية.



الكروميت من جبال الأنقسنا

صورة رقم (4-2)

فرانكلينايت

Franklinite $8[(Zn, Mn, Fe) (Fe, Mn)_2O_4]$

التركيب الكيميائي: الفرنكلينايت هو أساساً $ZnFe_2O_4$ ولكن غالباً ما يحل الحديدوز والمنجنيز محل بعض الزنك والمنجنيز ثلاثي التكافؤ محل الحديديك.

النظام البلوري: يتبلور في النظام المكعبي ذي الثمانية أوجه لكنه يتواجد في كتل.

الصفات الفيزيائية: لون المعدن أسود ومخدشه أحمر بني وله بريق فلزي وله خاصية مغنطيسية ضعيفة.

التواجد: ليس هو بالمعدن الشائع ولكنه يتواجد في الصخور المتحولة وخصوصاً الصخور الجيرية المتبلورة ويكون مستودعات غنية بالزنك مع معادن الزنك الأخرى مثل الزنكايت Zinkite والويلمايت Willimite والرودونايت Rhodonite. وأشهر مناطق تواجده في فرنكلين في ولاية نيوجيرسي بالولايات المتحدة ومنها اشتق اسمه وقبلها الاسم الأول لأحد رؤساء الولايات المتحدة "فرانكلين روزفلت".

فرانكلينايت

صورة رقم (4-3)

مجموعة الهيماتايت
Hematite Group

هذه المجموعة تضم بجانب الهيماتايت كل من معدني الكورونـدم والالمنايت ومعادن هذه المجموعة ذات تركيب بلوري واحد فكلها تتبلور في النظام الثلاثي وذات شكل معيني الوجه حيث تنتظم ذرات الأكسجين في تراص سداسي الشكل يكون مسطحات موازية للوجه (1000) وتأخذ الكاتيونات مثل الألمونيوم والحديديك موقعها بين تلك المسطحات من عل ومن أسفل متحدة مع ثلاثة ذرات من الأكسجين فتكون وحدة الخلية Al_2O_3 أو Fe_2O_3 أو $FeTiO_3$.

والجدول أدناه يبين الصفات المتشابهة لمعادن المجموعة الأساسية:

	الكروندم Corundum	الهيماتايت Hematite	الالمينايت Ilmenite
التركيب الكيميائي	$6(Al_2O_3)$	$6\ (Fe_2O_3)$	$6(FeTiO_3)$
النظام البلوري	ثلاثي	ثلاثي	ثلاثي
النسبة بين المحاور البلورية a:c	1:2.7303	1:2.7307	1:2.7606
الصلادة	9	6–5	6–5
الوزن النوعي	4.00	5.26	4.75

كرونـــدوم
Corundum $6[Al_2O_3]$

التركيب الكيميائي : يحتوي المعدن علي 52.9 % الموتيوم و 47.1 % اكسجين وعنـدما يحتوي الكورندوم علي نسبة بسيطة من الانتمون محل الالمونيوم يصير لونه احمـر (الياقوت) وحين يحتوى على نسبة ضئيلة من الحديد و التيتانيوم يكون السافير الأزرق (Saphire).

النظام البلورى : فى نظام الثلاثى تأخذ بلورات الكرندوم هئية المثلثات الوجهية المزدوجة والبلورات عادة منشورية ربما تنتهى بإهرامات ويوجد المعدن أيضاً فى هئية كتل أو حبيبات دقيقة أو خشنة.

الصفات الفيزيائية: لبلورات الكرندوم إنفصام قاعدى [0001] أو معينى [1101] وربما تكون مستويات الإنفصام متعامدة فى الشكل المعينى وأهم صفاته المميزة **صلادته** العالية وهى 9 وبذلك فهو قبل الماس فى جدول الصلادة ، وبما أن الكرندوم قد يتحلل إلى معدن المايكا فيتعين عند قياس صلادته أن نختار سطحاً جديداً من المعدن. **وزنه النوعى** 4.02وله **بريق** ماسى إلى زجاجى وهو شفاف إلى نصف شفاف وهو غير قابل للإنصهار أو الذوبان، وكما نوهنا فإن **لونه** يتغير فهو أبيض إن كان نقياً **ومخدشه** كذلك، أما إذا إحتوى على عناصر أخرى فيعطى بعض الأحجار الكريمة منها:

1/ الياقوت Ruby: وهو ذو لون أحمر قاتم لوجود الكروم وهو نوع شفاف.

2/ السافير saphire: وهو النوع الشفاف الأزرق وبعض أنواعه صفراء أو خضراء أو بنفسجية حسب ما تحتويه من الحديد والشوائب الأخرى.

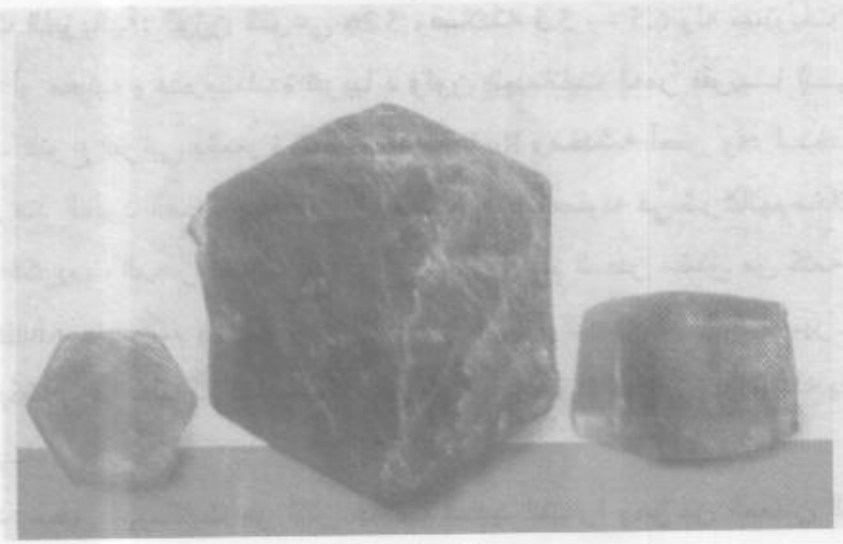
3/ الأميرى Emery: وهو مخلوط من الكروندوم والماغنتايت والهيماتايت وهو أيضاً من الأحجار الكريمة ولكنه أقل ثمناً .

4/ الكروندوم العادى فهو تجمعات بلورية ذات ألوان غير منتظمة وتكون فى شكل كتل متماسكة ذات بريق معتم.

التواجد: أكثر تواجده فى الصخور الإستحالية مثل الصخور الجيرية وفى الرخام كمعدن إضافى كما يتبلور كمعدن إضافى أيضاً فى الصخور النارية الفقيرة فى السليكا والغنية بالالمونيوم مثل صخور السايناىت والسايناىت الأولفينى. ونظراً لصلادته وبنيته الكيميائية يوجد الكروندوم فى هئية بلورات أو حبيبات مستديرة Detrital Grains بقيت بعد تفتت تلك الصخور نتيجة لعوامل التجوية فى الرواسب المنقولة إلى شواطئ البحار

والأنهار كما فى بلدان جنوب شرقى أسيا (بورما، تايلاند، سيرلانكا و كمبوديا) كما يوجد فى اليونان والولايات المتحدة.

الإستخدام: كما سبق أن ذكرنا تستخدم الأنواع النقية ذات الألوان الباهرة والشفافية كأحجار كريمة ثمينة أما بقية الأنواع بما فى ذلك بعض من الأميرى فيستخدم فى أغراض الصقل والبري والصنفرة بانواعها. أمكن الان تحضير الكرندوم العادى صناعياً من رواسب البوكسايت (أكاسيد الألمونيوم المائية) لأغراض الصقل كما إستعيض عنه جزئياً فى هذا المجال بمركب صناعى (كربيد السيلكون) له خواص الكروندم من حيث الصلادة كما أمكن تحضير الياقوت والسافير عن طريق صهر أكسيد الألمونيوم مع كميات محسوبة من الكروم والتيتانيوم ليعطى ناتجاً معدنياً صناعياً له خاصية اللألاه يصعب تميزها عن الأنواع الطبيعية.



الكرندوم

صورة رقم (4-4)

هيماتايت

Heamatite 6[Fe_2O_3]

التركيب الكيميائي: يحتوي المعدن علي 70% حديد و30 % أوكسجين وهو نقي عند تبلوره تحت درجات حرارة عالية ولكنه عادة ما يحتوي علي كميات قليلة من المغنيسيوم والتيتانيوم وإن زاد هذا العنصر الأخير يتحول الهيماتيت إلي ألمانيت. وغالباً ما يحتوي الهيماتيت علي شوائب طينية أو رملية.

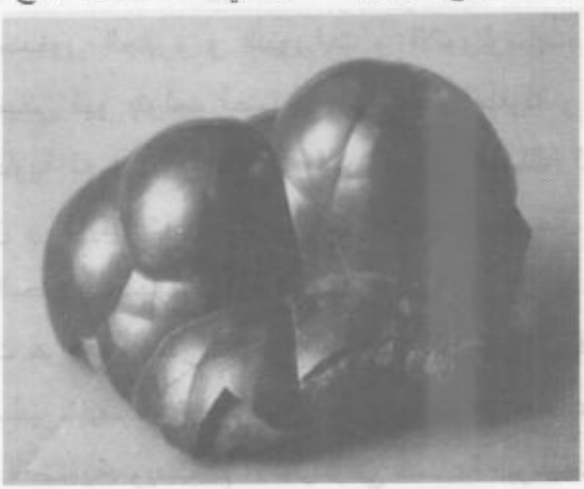
النظام البلوري: يتبلور الهيماتيت في النظام الثلاثي في شكل معيني الأوجه والبلورات عادة مسطحة أو في صفائح رقيقة أحيانا تجمع في هيئة وردة تشمل (iron roses). ولكن غالباً ما يوجد المعدن في صورة ترابية أو في كتل عنقودية أو كلوية (kidney ore) أو كتل ذات بلورات شعاعية.

الصفات الفيزيائية: الوزن النوعي 5.26 **وصلادته** 5.5 – 6.5 وله مستويات **انفصام** قاعدية أو معينيه وهذه متعامدة تقريبا . **ولون** الهيماتايت أحمر تقريبا إلي أسود ويعرف النوع الترابي بالمغرة الحمراء Redochre **ومخدشه** أحمر وقد استخدم كصبغة للتلوين منذ العهود القديمة ويعرفه أهل السودان ويستعملونه في شرافاتهم بخلاوي حفظ القرآن الكريم. والمعدن نصف شفاف إلي معتم .واسم المعدن مشتق من كلمة يونانية haimatite بمعني الدم وصفاً للونه الأحمر المميز. والهيماتايت لا ينصهر بسهولة ولكنه يكتسب مغناطيسية عند تسخينه في اللهب المختزل ذلك أن جزءا منه يتحول إلي ماجنتايت.

التواجد: معدن الهيماتايت هو أكثر خامات الحديد انتشاراً وهو من المعادن الشائعة في كل الصخور كمعدن إضافي .فهو يتواجد متبلورا حول فوهات البراكين. ويوجد في الصخور النارية الحمضية كالجرانيت وبكثرة في الصخور الاستحالية في كل من المتحولة بالحرارة أو تلك المتحولة إقليميا (حرارة وضغط) كما يُكون رواسب كبيرة من الهيماتيت نتيجة تحول الصخور الحاملة له وتراكمه في هيئة طبقات أو كتل غير

منتظمة في هيئة بطروخية (Oolite) وهذه هي الطريقة التي نشأت بهـا مـستودعات الحديد العظيمة في أوروبا .وهي كذلك طريقة تواجده في مناطق مستودعات الحديد في السودان (أبو تولو في جنوب غرب كردفان وفودكوان على ساحل البحـر الأحمـر) ويتواجد المعدن أيضا كطبقة خارجية مغلفة لبعض المعادن والصخور نتيجة لتحـول بعض المعادن الحاوية للحديد. ويوجد كذلك في العروق المائية الحرارية وفـي تربـة جنوب السودان يوجد في هيئة كتل بطروخية مع المعادن السطحية الرسوبية.

الاستخدام: يعتبر الهيماتيت أهم مصدر للحديد المستخدم في صناعة الصلب. وكما سبق الذكر فإن الأنواع الترابية تستغل في صناعة الأصباغ والبوهيات.



الهيماتايت الكلوى

صورة رقم (4-5)

ألمانيت

Ilmenite 6 [$FeTiO_3$]

التركيب الكيميائي:المحتوي المثالي للمعدن 36.8% حديد و31.6% تيتانيوم % 31.6 أوكسجين ويحل المغنيسيوم والمنجنيز محل الحديد وقد يحتوي المعدن علي بلورات من الهيماتيت متداخلة فيه.

النظام البلوري: يتبلور الالمانيت في النظام الثلاثي معيني الاوجه وبلوراته في الغالب مسطحة أو في هيئة صفائح غالباً في شكل كتل وحبيبات.

الصفات الفيزيائية: الالمانيت اسود **اللون** حديدي **ومخدشه** اسود أو بني **وصلادته** – 5.5–6 **ومكسره** محاري وله **بريق** فلزي **ووزنه النوعي** 4.7 **وله مغنطيسية ضعيفة** تزداد بالتسخين.

التواجد: منشأ الالمانيت الأولي في الصخور النارية القاعدية وفوق القاعدية حيث يتبلور في المراحل الأولي ليكون كتلاً أو عدسات داخل تلك الصخور كما في جبال الالمن Ilmen Moumtains بروسيا (ومنها جاء تسمية المعدن) وفي النرويج وفنلندا فهو قد يتواجد في صخور الجابرو و الديورايت و الانورثوسايت و نسبة لصلادته المرتفعة وثباته الكيميائي فهو يتواجد أيضا في الرواسب المنقولة و الناتجة من تفتت وتحلل الصخور الحاوية له. ويكون مع حبيبات المعادن المماثلة له مثل الماجنتيت والروتيل والزيركون و الهيماتيت و المونوزايت ما يسمى بالرمال السوداء Black Sands في شواطئ البحار ومصبات الأنهار.

الاستخدام : الالمانيت هو أهم مصدر لعنصر التيتانيوم الذي يستخدم في الصناعات السبائكية لتحضير صلب خفيف الوزن قوي التحمل يستخدم في صناعة هياكل الطائرات والمراكب الفضائية. ويستخدم الامانيت في صناعة البوهيات

مجموعة الروتيل

Rutile Group

هذه المجموعة تضم بجانب الروتيل TiO_2 معادن البيرولوسيت MnO_2 والكاستيرايت SnO_2 ومعدن رابع هو تابيوليت Tapiolite $[FeTi_2O_6]$ نادر الوجود. والمجموعة ذات تركيب بلوري واحد وهو النظام الرباعي حيث يحتوي التركيب علي وحدتين من خلية أوكسيد الفلز . وفي هذا التركيب يحتل عنصر الفلز الوسط في الهيكل الرباعي متناسقا مع ستة من الأوكسجين اثنان منها علي المسطوح (110) متوازيان مع الفلز واثنان في موقع أعلي المسطوح (110) واثنان عند اسفله في تواز مع الأوكسجين الذي يحتل ركن الشكل في الثمانية أوجه. والكل يحتل وحدة شبكية ممتدة علي المحور ج من النظام الرباعي. وتتصل حلقات هذه الوحدة الشبكية بعضها ببعض بتقاسم ذرة الأوكسجين عند الأركان.

رغم أن معادن مجموعة الروتيل متشابهة تركيبياً وبلورياً غير أنه لا يوجد سلسلة متصلة بين أعضاء المجموعة ويعزى ذلك للفارق الكبير في الحجم وبين أقطار ذرات الفلزات (Sn, Mn, Ti) مما يتعذر معه الإحلال اللازم في المتسلسلات. غير أنه في معادن المجموعة كل على حدة يتم إبدال العناصر الفلزية بعناصر فلزية أخرى كما سنبين.

الجدول أدناه يبين الصفات المناسبة للمجموعة.

المعـــــدن	روتيل Rutile	بيرولوسايت Pyrolusite	كاسترايت Cassiterite
التركيب الكيميائي	2 [$Ti O_2$]	2 [$Mn O_2$]	2 [$Sn O_2$]
النظام البلوري	رباعي	رباعي	رباعي
النسبة بين المحاور البلورية a:c	1:0.6439	1:0.651	1:0.6728
الصلادة	6.5-6	6.5-6	7-6
الوزن النوعي	4.25	5.06	6.99
اللون	بني	اسود	بني

روتيل

Rutile 2 [TiO_2]

التركيب الكيميائي: المحتوي المثالي 60% تيتانيوم و40% أوكسجين ولكنه غالباً ما يحتوي على نسبة بسيطة من الحديد والنيوبيوم(Nb) و التانتالم (Ta).

النظام البلوري: يتبلور الروتيل في النظام الرباعي وبلوراته منشوريه أو إبرية تنتهي باهرامات متشابكة وتوجد بها التوأمة بأنواعها كالكوعية وربما يكون وجه البلورة مخططاً straited كما يوجد المعدن في هيئة كتليه.

الصفات الفيزيائية: لون الروتيل الغالب أحمر بني ولكنه قد يكون أصفر أو أسود ونادراً ما يكون أصفراً أو أزرقاً **ومخدشه** بني باهت وله **بريق** ماسي إلي تحت فلزي وهو معتم إلى نصف شفاف.وللروتيل **انفصام** واضح علي الوجه (110) وأقل وضوحا علي الوجه (100) وصلادته 6 إلي 6.5 **ووزنه النوعي** 4.25. وهو غير قابل للانصهار ولايذوب في الأحماض.

التواجد: تواجد الروتيل الأولي في الصخور النارية الحامضية كالجرانيت والبجماتايت ويوجد كذلك في الصخور المتحولة كالنايس والشيست الميكائي والحجر الجيري المتحول. ويوجد كذلك كبلورات إبريه متداخلة في معدن الكوارتز ومع الاباتيت ويتواجد أيضا كنتاج المعادن الحاوية للتيتانيوم كالاسفين والالمانيت . كما يوجد في الرمال السوداء.

الاستخدام: يستخدم الروتيل كخام لفلز التيتانيوم ولنفس الاغراض التي وردت من قبل في استخدامات معدن الالمانيت.

معدن الروتايل

صورة رقم (4-6)

اناتيس
Anatase 4 [TiO_2]

بروكايت
Brookite 8 [TiO_2]

وهذان المعدنان هما والروتيل من أنواع التعدد الشكلي لأوكسيد التيتانيوم (TiO_2) ولذلك نجد أن كثيراً من صفاتهم متشابهة كما مبين في الجدول أدناه:

	اناتيس Anatase 4 [TiO_2]	بروكايت Brookite 8 [TiO_2]
التركيب الكيميائي		
النظام البلوري	رباعي	معيني قائم
الصلادة	6-5.5	6-5.5
اللون	اصفر إلى بني أو اصفر رمادي	بني مصفر
المخدش	لا لون – إلى اصفر باهت	لا لون – إلى رمادي
البريق	لؤلؤي	لؤلؤي فلزي
الوزن النوعي	2.9	4.14

ويبدو ان هذين المعدنين غير مستقرين إذ يتحول البروكايت إلي روتيل بتسخينه إلي 750° C والاناتيس إلي 915° C وهما نادرا التواجد غير أن طرق تواجدهما هي نفس طرق تواجد الروتيل في البجمانيت و الصخور المتحولة وفي الرواسب و الرمال السوداء. ولندرتهما فليس لهما أهمية الروتيل غير أن استخداماتهم جميعاً واحدة.

بيرولوسايت
Pyrolusite 2[MnO_2]

التركيب الكيميائي: يحتوي المعدن علي63.2%من المنجنيز و36.8%من الأوكسجين وقد يحتوي قليلا من الماء.

النظام البلوري : يندر وجود البلورات ولكن إن وجدت تتبلور في النظام الرباعي وأغلب تواجده في هيئة كتل شعاعية وشجرية أو حبيبية.

الصفات الفيزيائية: يتميز المعدن **بلونه ومخدشه** الأسود **وصلادته** المنخفضة (1-2) ولذلك يترك أثرا أسودا في الأصابع عند التعامل معه. غير أن صلادة بلوراته النادرة 6-6.5 وبها انفصام واضح ولها بريق فلزي. **ووزنه النوعي** من 4.7-5.

التواجد: المنجنيز عنصر يوجد بنسبة صغيرة في الصهير الأولي وبالتالي في الصخور النارية غالب تواجده في الكتل.

ولكن معادن المنجنيز توجد كمعادن ثانوية. وهذه العناصر تتكون من اذابة عنصر المنجنيز من الصخور المتبلورة ثم ترسبه مرة أخرى تحت ظروف الأكسدة في هيئة معادن المنجنيز المختلفة وأهمها البيرولوسايت. خامات المنجنيز الاقتصادية توجد متداخلة مع الصخور الرسوبية كطبقات أو عدسات وفي الصخور المتبقية من تحلل الصخور الجبرية الحاوية لمعدن المنجنيز الأخرى كمعدن الرودونايت Rhodonite والهوسمينايت Hausmanite. وتوجد كذلك عند ترسبها في البحار العميقة والبحيرات والمستنقعات فيما يعرف بكرويات المنجنيز Manganese nodules.

يطلق علي خامة المواد الحاوية علي معادن المنجنيز اسم الواد Wad والذي يتكون من مجموعه من معادن ذلك الفلز في هيئة أكاسيد أو اكاسيد مائية أهمها البيرولوسايت مثلما يقال عن اكاسيد الألمونيوم بوكسايت Bauxite.في السودان توجد معادن المنجنيز في منطقة حلايب في شمال البحر الأحمر في رواسب على الشاطئ تابعة لعصر الميوسين في صخور الكونجلوميريت Conglomerates ومع الحصى الجيري أو نجدها مالئة للشقوق والفواصل في تلك الرسوبيات هنالك دلائل على وجود خامات المنجنيز كذلك في منطقة ملكال بأعالي النيل.

الاستخدام: البيرولوسيت أهم خامات المنجنيز والذي يستخدم في صناعة الصلب والسبائك كما يستخدم في صناعة البطاريات الجافة وفي أغراض الطلاء ومادة ملونه للطوب والفخار والزجاج ويستخدم كذلك في بعض الصناعات الكيميائية كتحضير الكلور (Cl) والبروم (Br) والأوكسجين (O).

البيرولوسايت (4-7)

كـــاستر ايت

Cassiterite 2[SnO_2]

التركيب الكيميائي: يحتوي المعدن علي 78.6% قصدير و21.4% أوكسجين وقد يحتوي علي قليل من الحديد يصل إلي3% في محل القصدير.

النظام البلوري: يتبلور الكاستر ايت في النظام الرباعي والبلورات جميلة الشكل منشورية منتهية بأهرامات منعكسة وغالبا ما تكون توأميه فى شكل الكوع Shape –Elbow. ولكن يوجد عادة فى هئية كتل أو تجمع بلورات شعاعية أو إبرية او ربما تأخذ شكل ألياف دائرية فيما يسمى خشب القصدير (Tin – wood).

اللون: لون الكاستر ايت عادة بنى أو أسود لوجود الحديد ونادراً ما يكون أصفر أو أبيض ولكن **مخدشه:**أبيض وهو نصف شفاف الى معتم وله **بريق** ماسى الى شبه فلزى. **صلادته:** بين 6 الى7، **الوزن النوعى:** 6.8 الى7.1 فهو ثقيل. والكاستريت غير قابل للانصهار ولايذوب في الاحماض.

التواجد: يوجد الكاستريت كمعدن اضافي في الصخور النارية الحامضية كالجرانت والبجماتيت وفي العروق القاطعة لتلك الصخور ويكون بصحبة معادن التورمالين والتوباز والفلورايت والاناتيس. وكذلك يوجد مصاحباً لمعادن التنجستن كالولفرامايت

ولاجل صلادته ووزنه العالي يوجد الكاستريت في هيئة حبيبات مستديرة فى الرواسب النهرية وتراكمات هذه الرواسب المنقولة إلى شواطىء الانهار والوديان وهى الطريقة التى تهئ المصدر الرئيسى لخامات هذا المعدن.

الاستخدام: الكاستريت مصدر هام للقصدير الذى يستخدم في صناعة الواح الصفيح وكثيراً من السبائك الفلذية كالبرونز. كما يستعمل في الصناعات الخفيفة والسراميك.

يورانيتايت

Uraninite 4 [UO_2] (Pitch blende)

التركيب الكيميائى: فى الغالب فإن اليورانينايت يتأكسد ذاتياً مما يجعل التركيب الكيميائى بين UO_2 و U_3O_8 وتحل عدة عناصر محل اليورانيوم أهمها الثورنيوم Th ومنها Pb, Ra, Ce&Y وهنالك متسلسلة متصلة بين اليورانينايت والثورينايت $Th\ O_2$ والمعروف أن عنصر اليورنيوم له وزنان ذريان (Isotope) وهو يتفتت و يتحلل (Disintigrate) وكلاهما يتحولان إلى الرصاص Pb ذى الوزنين الذرين :

$$1)\ U^{238} \longrightarrow Pb^{206} + 8\ He$$
$$2)\ )\ U^{235} \longrightarrow Pb^{208} + 7\ He$$

مع إطلاق عنصر الهيليوم He (جزئيات بيتا β) والألكترونيات (جزئيات الفا α). ولما كانت عملية التفتت هذه تسير بوتيرة منتظمة وموقوتة (ينقص وزن اليورانيوم U^{238} (half life) فى 4.53×10^9 سنة فإنه يمكن معرفة مقدار الزمن الذى إستغرقته هذه العملية منذ تكوين بلورات اليورانيوم عند النشؤ بقياس تجمعات الرصاص الهيليوم الناتج من التفتت. وهذه هى طريقة تحديد العمر المحدد (Absolute Age) للصخور. هنالك نظائر آخرى أشهرها (Th,K,Ar) ، تستخدم الآن على نفس المنوال فى تحديد أعمار الصخور (Isotope Dating).

النظام البلورى: يتبلور اليورانينات فى نظام المكعب ذى الثمانية أوجه ولكن البلورات نادرة، ويوجد الأكسيد فى هئية كتلية أو عنقودية (فيما يسمى بتشبلند)(Pitch blende)

اللون:أسود حديد أو أسود بنى **المخدش:** أسود بنى. **المكسر:** محارى ، **الصلادة:** 5.5

الوزن النوعى : عالى عندما يكون نقياً وبلورى ربما يصل إلى 9.7 وينخفض وزنه مع الأكسدة ومع إحلال الثورانيوم Th وسيريوم Ce محل اليورانيوم. وفى حالته الكتلية (Pitch –blende) إلى 8.5 – 6.5.

الصفات المميزة: كما سبق القول فإن تفتته وتحلله يكسبه صفة الإشعاعية وعليه يمكن معرفة تواجده بإستخدام مقاس الإشعاع Geiger Counterأو Scintolometer وهو كذلك من أثقل الأكاسيد وزنا. وله لمعان قارى (pitchy).

التواجد: هنالك عدة طرق لتواجد اليورانيناتيت والبتشلند :

1) يوجد فى صخور الجرانيت والبجماتايت مصاحباً لمعادن مثل الزيركون والثورمالين والمونوزايت وبالطبع المايكا والفلسبار مع بعض العناصر النادرة مثل Ti–Nb – Ta كما فى الدرع قبل الكامبرى فى كندا و إفريقيا (كاتانقا).
2) يتواجد ككتل لقشور كروية(Pitch blende) فى العروق الناتجة من المحاليل الحرمائية الساخنة مع معادن الكاسيترايت والبابرايت والشالكوبارايت كما فى كورنول بإنجلترا.
3) أيضاً مرة أخرى كروية فى العروق الناتجة من المحاليل الحرمائية متوسطة الحرارة مع البايرايت والشالكوبرايت والفلورايت مع وجود معادن Co Ni – As أو عدمها كما فى تشيسلوفاكيا وكندا وربما كان البتشلند الموجود بحفرة النحاس ينتمى لهذه المجموعة.
4) يتواجد كحبيبات دقيقة فى رصيص المرو كما فى الترانسيفال فى جنوب إفريقيا. ورغم أن محتوى اليورانيوم متدنى إلا أن وجود الرصيص بكميات هائلة يجعل إستغلاله إقتصادياً.

كاستراىت

صورة رقم (4– 8)

الاكـــاسيد المـــائيـــة
Hydroxide Minerals

هذه المعادن فى الغالب هى معادن ثانوية تنشأ نتيجة لعوامل التجوية من المعادن الاوكسيدية. وفيها يحل ايون الهايدروكسيد (OH) محل الاكسجين مع او بدون جزيئات من الماء .وبما أن ترابط الهايدروكسيد ضعيف فى التركيب الذرى فأن اغلب هذه المعادن أقل صلادة من المعادن الاكسيدية ونعرض هنا وصفاً معدنياً لاهم معادن هذه المجموعة.

بروسايـــت
Brucite 1[$Mg(OH)_2$]

التركيب الكيميائى: بسيط كما مبين اعلاه ويحتوى على MgO 69.0% وH_2O 31.0 % وربما يحل كل من الحديد Fe والمانجنيز Mn محل الماجنيزيوم .

النظام البلورى : سداسى او ثلاثى ويظهر فى البلورات الشكل المعينـــى وغالبـــاً مـــا يتواجد فى كتل او متورقاً . وله انفصام جيد فى الوجه [0001]

اللون : ابيض وقليلاً ما يكون اخضر باهت او رمادى . **المخدش:** ابيض. **اللمعـــان** : شمعى او زجاجى ولؤلؤى فى سطح الانفصام .

الصفات المميزة : البروسايت شبيه بمعادن التالك والجبص ولكنه اكثر صلادة منهمـــا وملمسه ليس دهنياً كما التالك وهو سهل الذوبان فى حامض الهايدروكلوريك . وعندما يكون متورقاً فأن اليافه ليست حريرية كالياف الكريسوتايل وليست مرنـــة كـــصفائح المايكا .

التواجد : يتواجد البروسايت مع السربنتين والدولومايت والماجنزايت وهو نتاج تحول هذه المعادن خصوصاً بواسطة المحاليل الحرمائية منخفضة الحرارة .

وقد وردت معادلة هذا التحول عند دراسة السربنتين .

الاستخدام : يستغل كأحد مصادر عنصر الماجنيزيوم وفى صناعة المواد المقاومة للحرارة.

مانجنايت

Manganite 8[MnO(OH)]

التركيب الكيميائى : يحتوى المعدن على Mn 62.4% ، O 27.3% ، H_2O 10.3 % .
النظام البلورى : الميل الواحد وبلوراته منشورية مخططة طولياً وفيها التؤامة شائعة كما يوجد فى هيئة عمدانية او اليافية.**اللون :** اسود حديدى او رصاصى فاتح.
المخدش : بنى غامق.
اللمعان : فلزى ولكنه تقريباً معنم. **الصلادة :** 4.**الوزن النوعى :** 4.3. **التواجد :** يوجد بصحبة معادن المنجنيز الأخرى فى رواسب المحاليل الحرمائية ويتحلل بسهوله الى معدن البيرولوسايت Pyrolusite .

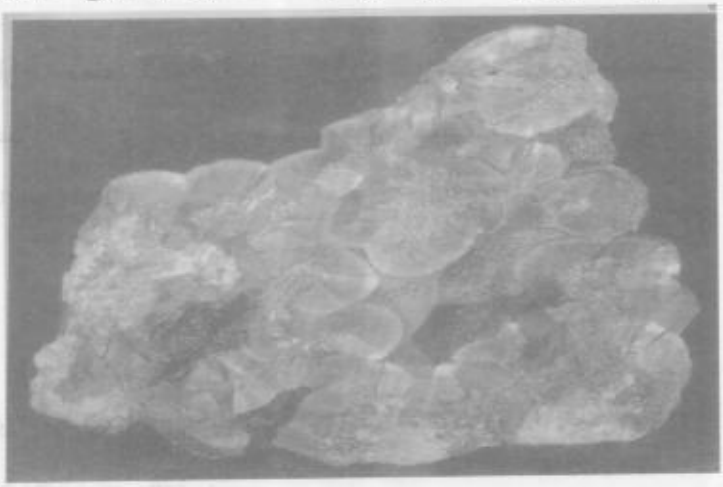
جيوثايت

Geothite 4[FeO(OH)]

التركيب الكيميائى : يحتوى المعدن على 62.9Fe % ، O 27 % ،H_2O 10.0 % وقد يحتوى على المنجنيز بنسبة تصل الى 5% .
النظام البلورى : المعينى القائم شكل الهرم المنعكس وبلوراته نادرة وان وجدت فمنشورية أو شعاعية أو كلوية أو اليافية ويمكن أن يتواجد فى كتل. **اللون:** اصفر او بنى داكن. **المخدش :** أصفر بنى . **اللمعان :** ماسى وأحياناً حريرى فى الانوع الاليافية .
الصلادة : 5.5 – 5 . **الوزن النوعى :** 4.73.
التواجد : الجيوثايت من المعادن الشائعة حيث أنه يتكون تحت ظروف الاكسدة ونتيجة لتحلل المعادن الحاوية للحديد كما أنه يترسب مباشرةً من محاليل المياه بالوسائل العضوية (الكائنات الحية وغير العضوية. ويكون عندئذ مستودعات هامة لخام الحديد. كما أنه يتواجد نتيجة لعوامل التجوية ضمن رواسب اللاترايت Laterite. ويكون جزءاً

هاماً فى غطاء الاكسدة السطحى لعروق التمعدن أو الهشيم Gossan. ويتكون كذلك فى الرواسب المتبقية من صخور السربنتين والصخور فوق القاعدية الغنية بالحديد خصوصاً فى مناطق الاستوائية كما فى جبال الانقسنا. وهنالك تجده على قمم الجبال فى صخر يعرف البيربيرايت Birbirite نسبة الى أحد روافد النيل الازرق فى اثيوبيا (بيرير) .

التسمية : جيوثايت سمى على شرف الشاعر الالمانى " Geoth ".



جيوثايت
صورة رقم
(4-9)

بوكسايت
Bauxite

البوكسايت من الخامات الاقتصادية الهامة اذ أنها المصدر الاساسى للالمنيوم . والبوكسايت هو خليط من اكاسيد الالمنيوم (فى الاساس) المائية . وهذا الخليط ربما يحتوى على معادن أخرى مثل الجيوسايت والبروسايت. وأهم المعادن فى هذا الخليط :

$H\ AlO_2$	Diaspor	دياسبور
$Al(OH)_3$	Gibsite	جبسايت
$AlO(OH)$	Boehmite	بوهمايت

أشتق أسم بوكسايت من منطقة بوكس بفرنسا حيث هنالك رواسب بكميات كبيرة .

ديـــاسبـــور
Diaspor $4[HAlO_2]$

النظام البلورى : رباعى والبلورات رفيعة وفى كتل مع التورق وللبلورات **انفصام** تام على الوجه (010) . **اللون**: ابيض او رمادى او اخضر بنى. **المكسر** : محارى وربما يكون قصيف Brittle .**اللمعان**: زجاجى لامع ولؤلؤى على سطوح الانفصام.**القساوة** : 6.5 –7. **الوزن النوعى**:3.3 –3.5 .

التواجد : يتواجد مع بقية معادن البوكسايت فى رواسب ذات منشأ ثانوى نتيجة لتحلل المعادن الحاوية للالمونيوم خصوصاً فى المناطق الاستوائية . ويبدو أن تعرض هذه الصخور لعوامل التجوية لمدة طويلة تتفتت وتنقل الاكاسيد القلوية (K_2O ، Na_2O) والسيلكا (SiO_2) وتبقى الرواسب Residual Deposit فى هيئة غروية Colloidal ومن ثم تترسب.

جبـــسايـــت
Gibbsite $8[Al(OH)_2]$

النظام البلورى: أحادى الميل والبلورات لوحية ذات انفصام فى الوجه (001) وفى كتل أحياناً ذات شكل أشعاعى دائرى . **اللون** : أبيض أو رمادى. **اللمعان** : زجاجى عامة ولؤلؤى على سطح الانفصام. **القساوة**:3.5 –2.5. **الوزن النوعى** : 2.4.

التواجد : نفس التواجد لمعادن البوكسايت الاخرى وربما يكون الرئيسى فى تلك الرواسب . يتواجد الجبسايت كذلك نتيجة للمحاليل الحرمائية منخفضة الحرارة فى عروق وفجوات فى الصخور الحامضية والحاملة للالمنيوم.

الباب الخامس

بوهمايـــت
Boehmite 8[Al(OH)$_2$]

النظام البلورى: ربـاعى والبلورات لوحية وغالباً فى تجمعات كرياتية Pisolite aggregate ولها **انفصام** ضعيف على المسطوح (010). **اللون:** أبيض. **الوزن النوعى:** 3.0 .

التواجد : البوهمايت من مكونات المستودعات الأساسية مع بقية معادن البوكسايت المذكورة أعلاه ومعها أكاسيد الحديد والتى تتكون فى الصخور السليكاتية الحاملة للالمنيوم خصوصاً فى المناطق الاستوائية.

المعـــادن الكـــربوناتية
CARBONATE MINERALS

تتكون هذه المجموعة من كربونات الكالسيوم والغنيسيوم والحديد (ثنائي التكافؤ Fe^{+2}) والمنجنيز والزنك وهذه هى مجموعة الكالسيت. تتبلور المجموعة في فصيلة الثلاثي Trigonal ولها شكل نظام المثلثات ذات الأوجه الثلاثية المزدوجة. أو في فصيلة المعيني القائم غير أنها لها شكل سداسي في المنظومة. تتميز المجموعة بالانفصام التام وغالباً ما يكون انفصاماً معيني الأوجه كاملاً وتتراوح زاوية الانفصام من $72° - 75°$.

هناك مجموعة أخرى (الاراجونايت) تتكون من الكالسيوم مرة أخرى والبيريوم والاسترونشيوم والرصاص وهي الزمرة التي تتبلور في النظام المعيني القائم orthorhombic ولذلك فإن معادن الكربونات تعتبر مثالاً لمجموعات المعادن ذات التشابه البنائي isostructure رغم اختلاف النظام البلوري ومثالاً أيضاً للمعادن متعددة الأشكال isomorphic. ويمكن تقسيم الكربونات العادية إلى المجموعات المعادن التالية:

(أ) مجموعة الكالسايت Calcite:

كاسايت	Calcite	$6[Ca\ CO_3]$	الثلاثي
ماجنيزايت	Magnesite	$6[Mg\ CO_3]$	الثلاثي
سيدرايت	Siderite	$6[Fe\ CO_3]$	الثلاثي
رودوكروزايت	Rhodochrosite	$6[Mn\ CO_3]$	الثلاثي
سمثونايت	Smithsonite	$6[Zn\ CO_3]$	الثلاثي

(ب) مجموعة الاراجونايت Aragonite group:

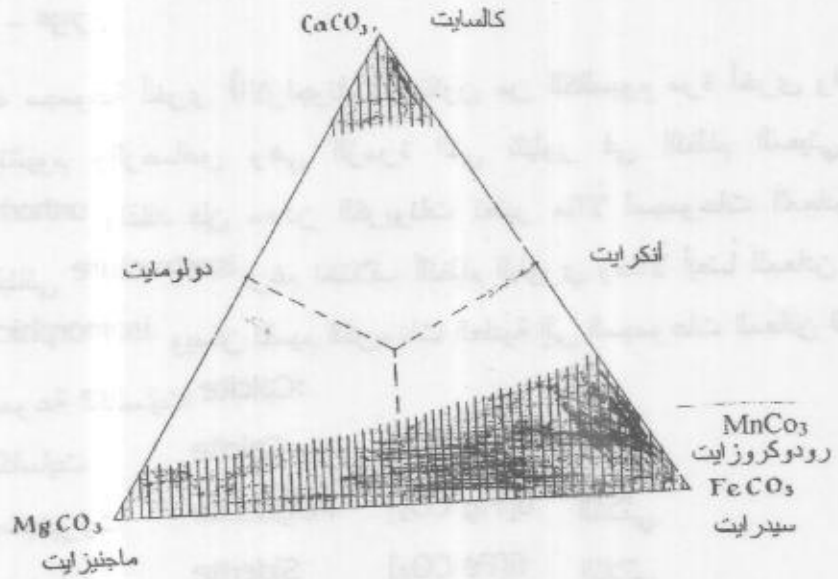
اراجونايت	Aragonite	$4[Ca\ CO_3]$	المعيني القائم
وزيرايت	Witherite	$4[Ba\ CO_3]$	المعيني القائم
سترونشينايت	Stontianite	$4[Sr\ CO_3]$	المعيني القائم
سيروسايت	Serussite	$4[Pb\ CO_3]$	المعيني القائم

(ج) مجموعة الدولومايت Dolomite group:

دولومايت	Dolomite	$3[CaMg(CO_3)_2]$	الثلاثي
انكرايت	Ankarite	$3[Ca(Mg,Fe)(CO_3)_2]$	الثلاثي

(د) وكربونات تحتوي على الهيدروكسيد وأمثلتها:

ملاكايت	Malachite	$Cu\ CO_3.(OH)_2$	الميل الواحد
ازورايت	Azurite	$Cu_3\ (CO_3)_2(OH)_2$	الميل الواحد



التنوع الكيميائى للكربونات، التظليل يوضح أكثرها تواجداً لاحظ المتسلسلة المتصلة بين المانجنيزايت والسيدرايت

الشكل رقم (5-1)

كـــالســـايت
Calcite 6[$CaCO_3$]

التركيب الكيميائي: $CaCO_3$ ويحتوي مثالياً على Ca 56 % O ، و CO_2 44 % ويحتوي كذلك على شوائب منها Mn, Fe, Mg وربما Sr , Zn.

النظام البلوري: يتبلور في فصيلة النظام الثلاثي وله شكل مثلث الأوجه ، أو المثلثات الوجهية المزدوجة وتوجد بلوراته في هيئات وأشكال كثيرة متعددة (اكثـــر مـــن 300 شكل بلوري) أبرز هذه الأشكال الشائعة الآتية:

i. هيئة معينية الأوجه في كلا النوعين المفلطح والحاد.

ii. هيئة منشورية قصيرة أو طويلة تنتهي بالمسطوح القاعدي أو بمعيني الأوجه.

iii. هيئة المثلثات الوجهية العادية والمزدوجة.

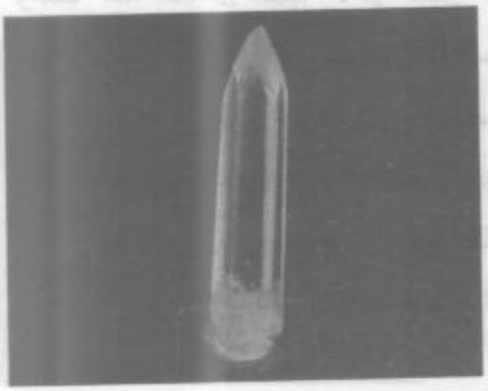
كثيراً ما توجد بعض البلورات على أشكال توأمية وعلى عدة مستويات منها المسطوح (2110) أو (1000) أو (1101) كذلك يوجد الكالسايت في هيئة كتلية أو حبيبات أو متماسك أو ترابي. **اللون:** عادة أبيض شفاف أو عديم اللون ولكن قد يكون مائلاً إلى الرمادي أو الأحمر أو الأزرق أو الأخضر أو الأصفر– وربما يكون اللون بنياً أو أسود وعندها يكون غير شفاف أو نصف شفاف. ويعرف النوع النقي كيميائياً وبلوري وشفاف بايسلاند سبار Iceland spar. **البريق:** زجاجي. **القساوة:** 3 (تذكر مقياس موهو). **الكثافة:** 2.6 – 2.8 اعتماداً على كمية الشوائب. **الانفصام:** انفصام تام غالباً على السطح (1011) وفي اتجاهين متقاطعين بزاويتين 75° و 105° وربما ينفصل المعدن علة مستوى التوأمة (2110).

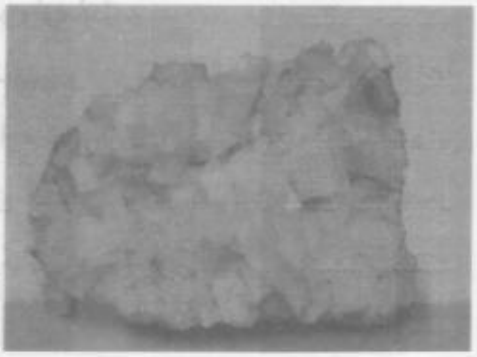
التواجد: الكالسايت أحد المعادن الشائعة والواسعة الانتشار ومجملاً فإن الكالسايت مكون رئيسي في الصخور الرسوبية (الحجر الجيري) والمتحول (Marble) المرمر. وشائع في الصخور النارية كمعدن غير أساسي Accessory أو نادراً كمعدن أساســـي

(صخور الكاربوناتايت) وفي كثير من الأحيان يوجد كعروق خصوصاً مع المعادن الاقتصادية Hydrothermal veins كما يترسب من المياه الباردة في الشقوق والمغاور ويتشكل من العمليات الكيميائية وعلى حساب الكائنات الحية والعضوية.

وهنالك العديد من أنواع الكالسايت حسب منشأه وتكوينه منها:

- **الكالسايت العادي:** وهذا النوع ذو بلورات نقية وذات انفصام واضح ومن أمثلته سن الكلب Dog teeth spar والاسلندي Iceland spar وهو شفاف و الحريري Satin spar وهو كذلك أليافي.
- **الأحجار الجيرية:** وهي واسعة الانتشار فتكون كثيراً من الصخور الرسوبية وهي صخور كتلية متماسكة مكونة من حبيبات معدن الكالسايت ربما تكون خشنة أو دقيقة وربما تحتوي قليلاً من الماء. يستغل في صناعة الأسمنت ومن هذا النوع ما يحتوي على المواد العضوية Bituminous أو على بقايا أصداف الحيوانات وقد تماسكت Pisolitic .
- **الطباشير أو الطفل الجيري:** وهو عبارة عن صخور رخوة ترابية وغالباً ما يتكون الطباشير من بقايا أصداف الفورامينفرا Foramenifera أما الطفل الجيري Marl فهو خليط من الجير والطين والرمل.
- **رواسب الينابيع والكهوف الجيرية:** وهي ناتجة عن فقدان غاز ثاني أكسيد الكربون وتحول ثنائي كربونات الكالسيوم $Ca(HCO3)_2$ الذائبة بفقدان ثاني أكسيد الكربون إلى كربونات الكالسيوم غير قابلة للذوبان المرسبة للكالسايت كما في الكهوف حيث تتدلى ترسباتها من السقف كما في الهوابط Stalctite والصواعد Stalagmite (قائمة من الأرض) في شقوق الكهوف Stalctite أو على أرضيتها Stalagmite. وربما تكون في شكل رواسب جيرية في العروق أو الصفوف المتموجة مثل الاباستر المصري Egyptian Alabaster.





كالسايت

صورة رقم (1-5)

مـــاغنيزايـــت

Magnesite 6[Mg CO_3]

التركيب الكيميائي: $Mg\ CO_3$ مع شوائب من Mn, Ca, Fe وتوجد متسلسلة كاملة متشابهة بين الماغنيزايت Mg CO3 والسيدرايت $Fe\ CO_3$. ولا يذوب الماغنيزايت في الحامض البارد كما يفعل الكالسايت لكن يفور بشدة في الحامض الساخن.

النظام البلوري: يتبلور في النظام الثلاثي في أشكال شبيهة بالكالسايت معينية الأوجه أو سكالينية. **اللون:** أبيض مائل للاصفرار أو الرمادي. **اللمعان:** زجاجي. **القساوة:** 4-4.5 **الانفصام:** تام وفق السطوح $(10\bar{1}1)$. **التواجد:** ينشأ الماغنيزايت بالترسيب والإحلال في الصخور الجيرية والدولوماتية حين يحل المغنيسيوم محل الكالسيوم.

1. $Ca\ CO_3 + Mg\ CO_3 \longrightarrow Ca\ Mg\ (CO_3)_2$
2. $Ca\ Mg\ (CO_3)_2 + Mg\ CO_3 \longrightarrow 2\ Mg\ CO_3 + Ca\ CO_3$

أو بواسطة التأثر بالمحاليل الحارة الغنية بغاز ثاني أكسيد الكربون على معادن الاوليفين والبايروكسين.

$$\underset{\text{Olivine}}{2Mg\ Si\ O_4} + 2H_2O + CO_2 \longrightarrow \underset{\text{Serpentine}}{Mg\ Si_2O_5\ .(OH)_4} + \underset{\text{Magnesite}}{Mg\ CO_3}$$

وأمثلة هذا التفاعل مشهورة في جبال الانقسنا وخصوصاً منطقة رميلك. ويوجد كذلك في توضعات متبلورة في صخور الكالسايت والدرولومايت.

استخداماته: يستخدم الماغنيسايت في صناعة التعدين والفلزات وذلك في صناعة المواد المقاومة للحرارة إذ أنه يتحمل درجة حرارة حتى 3000° فيصنع منه الطوب الحراري الذي يبطن به أفران صهر الفلزات من الداخل. وهو كذلك مصدر لعنصر المغنيسيوم ويستخدم في صناعة أملاح المغنيسيوم (الأدوية).

سيدرايت

Siderite6[Fe CO_3]

التركيب الكيميائي: كربونات الحديدوز $FeCO_3$ وهو 38 % CO_2 و 62% FeO وفيه شوائب من المنجنيز Mn والمغنيسيوم Mg.

النظام البلوري: النظام البلوري الثلاثي وبلوراته بشكل معيني الأوجه ويوجد المعدن في هيئة حبيبات أو كرات متماسكة أو عنقودية أو ثلاثية أو على هيئة دروز وأحياناً على بلورات منشورية واسكالينية. **اللون:** بني فاتح ، رمادي أو رمادي مصفر. **اللمعان:** زجاجي. **المخدش:** أبيض أو مائل للاصفرار. **الانفصام:** متوفر وتام ومعيني كامل (1101) بزاوية 73°. **القساوة:** 3.5 – 4.5 . **الوزن النوعي:** 3.9 .

تأثير الحامض: من خواصه التحلل بواسطة حامض الكلور البارد ببطء ولكن بسرعة عند التسخين.

الانصهار: رغم أنه صعب الانصهار ولكنه عندما ينصهر يتحول إلى كتلة مغناطيسية.

التواجد: يتكون السيدرايت عن طريق المحاليل الحرمائية hydrothermal مع فلزات أخرى في عروق المعادن الاقتصادية مثل الفضة والبيرايت والجالينا.

ويوجد كذلك في هيئة رواسب فيما يعرف بالصخر الحديدي iron stone ، كما يوجد في الطبقات السطحية iron laterite في جنوب السودان. وربما يكون في رسوبيات

ضخمة نتيجة إحلال للكالسيوم من الحجر الجيري بواسطة محاليل الحديدوز وفي هذه الحالة ربما يكون مكامن لمعدن الحديد وهذا من استخداماته.

سمثسونايت

Smithsonite 6[Zn CO_3]

التركيب الكيميائي: $ZnCO_3$ ويحتوي على 64.8% ZnO و 35.2% CO_2 ويحل الحديد بنسبة لا بأس بها محل الزنك وكذلك تفعل عناصر أخرى مثل المنجنيز والمغنيزيوم والكالسيوم والكوبالت والأخير يكسبه لوناً أخضراً.

النظام البلوري: ثلاثي ولكن بلوراته نادرة فهو يتواجد في أشكال كلوية أو عنقودية أو في هيئة حبيبات أو ترابية. وله تشقق معيني كامل.**اللون:** أبيض عندما يكون نقياً وكذلك المخدش وهو نصف شفاف وله بريق زجاجي. **القساوة** 4 – 4.5.

التواجد: السمثسونايت ذو نشأة ثانوية ويتواجد غالباً مع رواسب الزنك الأخرى خصوصاً في الصخور الجيرية مصاحباً لمعادن السفاليرايت والجالينا والسيروسايت والكالسايت.

استخداماته: السمثسونايت هو أحد خامات الزنك. وعندما يوجد في هيئة بلورات خضراء نصف شفاف فهو من أحجار الزينة.

رودوكروزايت

Rhodochrosite 6 [$Mn\ CO_3$] أو (Mn Fe) CO_3

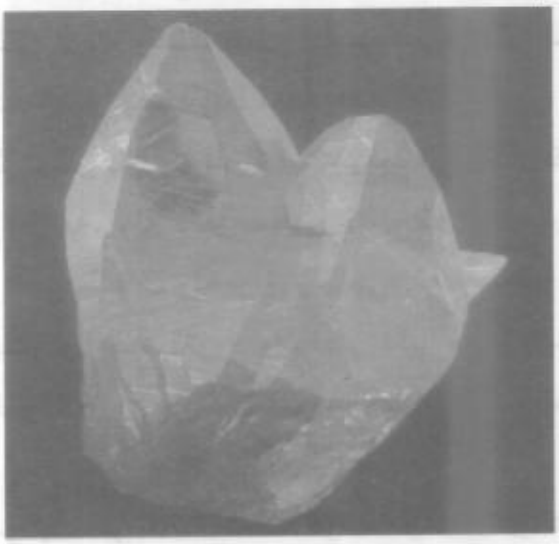
التركيب الكيميائي: $MnCO_3$ ويحتوي على 61.7% MnO و 38.3 % CO_2ويحل الحديد محل المنغنيز لتكون هناك سلسلة متكاملة بين الرودوكروزايت والسيدرايت $FeCO_3$. وقد يحل الكالسيوم جزئياً محل المنغنيز.

النظام البلوري: ينبلور في النظام الثلاثي ولكن البلورات المعينية نادرة وغالباً ما يتواجد في هيئة كتلية. **اللون:** أحمر وردي أو ارجواني باهت أو بني ولكن **مخدشه**

أبيض وهو شفاف إلى نصف شفاف وذو بريق زجاجي **وانفصام** معيني كامل **القساوة** من 3.5 – 4 **الوزن النوعي** 3.5 – 3.7 .

التواجد: الرودوكروزايت من المعادن النادرة ولكنه يتواجد مع معادن المنغنيز الأخرى في عروق المحاليل المائية الحرارية وبصحبته معادن الفضة والنحاس والرصاص.

استخداماته: لعدم انتشاره فليست له أهمية كمصدر لخام المنغنيز ولكن أنواعه ذات الألوان الجذابة تستخدم للزينة.



رودوكروزايت

صورة رقم (5-2)

مجموعـــة الاراجونايـــت
Aragonite Group

أهم المعادن التي تكون هذه المجموعة هي متسلسلة من كربونات الكالسيوم Ca (الاراجونايت $Ca\ CO_3$) والاسترونشيوم Sr (الاسترونشيايت $Sr\ Co_3$) والباريوم Ba (ويذيرايت $Ba\ CO_3$) والرصاص Pb (سيروسايت $Pb\ CO_3$).

وتتبلور جميعها في النظام المعيني القائم وثوابتها البلورية متشابهة وكذلك هيئاتها وأشكالها البلورية وبذلك فهي مجموعة متشابهة الأشكال isomorphous series وتتقاطع منشورات بلورات المجموعة على زوايا مقدارها 120° تقريباً لذلك فهي تبدو سداسية كاذبة pseodohexagonal.

	اراجونايت Aragonite $Ca\ CO_3$	ويزيرايت Witherite $Ba\ CO_3$	سترونشيانايت Strontianite $Sr\ CO_3$	سيروسايت Cerussite $Pb\ CO_3$
النظام البوري	المعيني القائم	المعيني القائم	المعيني القائم	المعيني القائم
الانفصام	غير كامل(010)	غير كامل(010)	جيد (110)	غير كامل(110)
القساوة	4-3.5	3.5-3	3.5	3.5-3
الوزن النوعي	2.94	4.29	3.72	6.55
اللون	لا لون أبيض	لا لون رمادي	لا لون رمادي	لا لون أبيض
التواجد	يتواجد ولكن أقل من الكالسايت	قليل الوجود وفي العروق	نادر الوجود وفي العروق الجيرية	واسع الانتشار كخام للرصاص
أشكال وجوده	كروية إبرية شعرية أو ليفية	كرات كتل أو درنات	حبيبية صفائحية شعرية موشورية	حبيبية شعرية تجمعات ترابية
التوأمة	غالباً متوائمة	دائمة التوأمة	تظهر متوائمة	توأمية ثلاثية

ملاحظات:

1. الصلادة أو القساوة تقريباً واحدة لاعتمادها على النظام البلوري الواحد.

2. اللون الغالب العدم أو الأبيض أو الرمادي ذلك لأنها كربونات.
3. اختلاف في الوزن النوعي فهو يتباين حسب العنصر فأكثرها كثافة هو الذي يحتوي على Pb ثم Ba ثم Sr ثم Ca انظر الوزن الذري.

الاراجـــونايـــت
Aragonite4[$CaCO_3$]

التركيب الكيميائي: كالسايت $CaCO_3$ وغالباً ما يتضمن شوائب من Zn, Fe, Mg, Sr.
النظام البلوري: المعيني القائم في شكل الهرم المنعكس وفي هيئة إبرية هرمية أو مسطحة وله توائم سداسية كاذبة، كذلك في مجموعات كلوية أو عمدانية استلاكتينية. **الانفصام:** غير كامل وموازي للمنشور (010) وقليلاً للمنشور (110). **الصلادة:** 3.5-4. **الوزن النوعي:** 2.95. **اللون:** عديم اللون أو أصفر باهت يميل للاحمرار أو الزرقة وربما يتخذ ألواناً مختلفة حسب الشوائب. **الشفافية:** شفاف أو نصف شفاف ومخدشه أبيض.
تأثير الحامض: يتحلل بتأثير الأحماض مع إطلاق CO_2 بشدة كما الكالسايت.
المنشأ: يتكون الاراجونايت في درجة حرارة منخفضة في الينابيع قرب السطح وفي الكهوف. والاراجونايت أقل استقراراً من الكالسايت وربما يتكون من إفرازات الحيوانات الكربونية في هيئة اراجونايت صدفي ثم بعد ذلك يتحول إلى الكالسايت.
ويتواجد مع الكالسايت في الفجوات مع المعادن الكاربونية والسلفية مثل الجبص ورواسب خام الحديد الكربونية وفي شكل مرجان (زهرة الحديد iron flower) وفي طبقات أليافية من صخور السربنتين serpentine وفي الامقدولايت amygdolite وفي العروق والفجوات مع البازلت.
التمييز: يتميز الاراجونايت عن الكالسايت بوزنه النوعي العالي وخلوه من الانفـصام الجيد المعيني الأوجه الذي يظهر جلياً في الكالسايت وهو أقل وزناً نوعياً أو كثافة من ويزيرايت والاستونشايت.
الاسم: سمي على مكان تواجده في اراجون بإسبانيا أول ما عرف.

ويـــزيرايـــت
Witherite 9 [$BaCo_3$]

التركيب الكيميائي: $BaCo_3$. BaO 77.7 % و $C O_2$ 22.2%.

النظام البلوري: المعيني القائم في شكل كرات ، تجمعات ، درنات ، كتل متراصة أو أشكال شعرية وهيئة بلورية دوماً متوأمة آخذة أشكال كاذبة ثنائي الهرم السداسي ولكن أغلب أشكاله في تجمعات وكرات وكتل متراصة وأشكال شعيرية وورقية.

الانفصام: غير كامل على الوجه (010).**اللون:** الرمادي والأصفر وأحياناً عديم اللون أو أبيض ومخدشه أبيض.**البريق:** زجاجي.**اللمعان:** زجاجي وعلى المكسر دهني.**الشفافية:** نصف شفاف.**الصلادة:** 3.5.**الوزن النوعي:** 4.3 .

التواجد: قليل التواجد نسبياً ويوجد في منشأ المحاليل الحرمائية مصاحباً الجالينا والبايرايت.

الفوائد: يستخدم كمصدر للبيريوم.

ستـــرونشـــيانايـــت
Strontianite 4[$Sr CO_3$]

التكوين الكيميائي: يتكون من SrO 70.2% و 29.8 % ثاني أكـسيد الكربـون وهـو كالوزيرايت لا تختلف من التكوين الطبيعي في حين أنه صناعياً توجد متسلسلة متصلة بين $Sr CO_3$ و والوزيرايت $Ba CO_3$.

النظام البلوري: المعيني القائم نظام الهرم المنعكس وبلوراته إبرية وشعاعية وتكثر بها التوأمة وتعطي أشكال سداسية كاذبة وله اشكال عمدانية وأليافية.**الإنفصام** :منـشوري جيد على الوجه [011].**اللون:** أبيض أو رصاصـي او أصـفر او أخـضر البريـق زجاجي. **الشفافية** : شفاف أو نصف شفاف. **الصلادة:** 3.5–4.**الوزن النوعي:** 3.7 .

لا ينصهر المعدن ولكن يتفاعـل مـع الأحمـاض ليعطـي لـون أحمـر قرمـزي (سترونشيوم).

التواجد : سترونشيانيت من المعدن النادرة ويوجد في العروق الموجودة بالصخور الجيرية في الشقوق والعروق في الصخور الرسوبية وبدرجة أقل في الصخور النارية وخصوصا في العروق المائية الحارة [هايدرومائية] وفراغات الصخور البركانية .
الفوائد: كمصدر للسترونشيوم.

سيروسـايـت
Cerussite 4[Pb CO_3]

التركيب الكيميائي: يتكون من 83.5 % PbO و 16.5 % ثاني أكسيد الكربون.
النظام البلوري: المعيني القائم ويوجد في أشكال توضعات متراصة ذات بنيات حبيبية أو شعرية وبلورات واضحة تكثر فيها التوأمة وخاصة الثلاثية أو شبه الثلاثية psuedotrigonal. **الشفافية**: شفاف وذو لمعان ماسي. **اللون**: أبيض ويميل أحياناً إلى الرمادي أو الأصفر أو البني وأحياناً عديم اللون. **القساوة**: 3-3.5. **الوزن النوعي**: 6.4-6.6.

تأثير الاحماض واللهب: يتحلل بالأحماض [الأزوت] وكذلك هايدروكسيد البوتاسيوم KOH وينصهر في لهب الحملاج آخذا اللون الاصفر وعلى الفحم يتم إرجاعه إلى الرصاص الصافي.

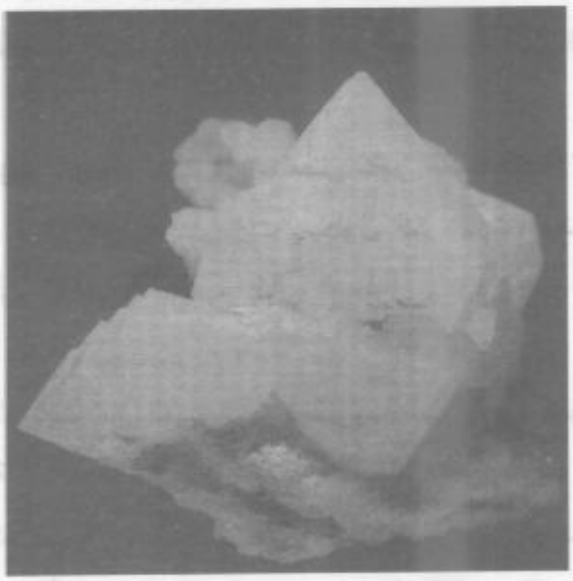
التواجد: يعتبر السيروسايت من معادن الرصاص الثانوية ولكنه هام إذ أنه واسع الانتشار ذلك لانه ينتج من تأثير المياه المحملة بثاني أكسيد الكربون على معادن الرصاص كالجالينا والإسفالارايت وهو لذلك ثانوي من معادن الإغناء الثانوي Secondary enrichment نتيجة أكسدة مكامن الرصاص ويتحول بعض الاحايين إلى معدن الإنجليزايت $PbSO_4$ عند وجود السلفا (S).

أنكرايـــت

Ankerite 3[Ca(MgFe)$(CO_3)_2$]

التركيب الكيميائى: كما يظهر هو فى الأساس ذات تركيب الدولومايت الكيميائى مع احلال الحديد محل الماجنيزيوم. وبالتالى هنالك سلسلة متصلة بين المعدنين (أنظر الشكل 5-1). وربما سمى المعدن الدولومايت الحديدى وفى بعض الاحيان يحل الحديد تماماً محل المغنزيوم .

النظام البلورى: ثلاثى وابعاد بلورته قريبة من بلورة الدولومايت. الانفصام : جيد فى الاتجاه (1011) كالدلومايت. الوزن النوعى : حوالى 3.0 . الصلادة: 2.5. التواجد: الأنكرايت هو المعدن الكربوناتى فى الصخور الجيرية الحاملة للحديد.



ويزرايت

صورة رقم (5- 3)

مجموعـــة الدلومـــايـــت

Dolomite Group

دولومايت

Dolomite 3[CaMg $(Co_3)_2$]

التركيب الكيميائي: نسبة الكالسيوم للمغنيزيوم كنسبة 1-1 وقد يحتوي المعدن على شوائب وعندما يكثر الحديد مكان الماغنيزيوم يسمى المعدن أنكيرايت.

النظام البلوري: يتبلور المعدن في النظام الثلاثي وفي شكل معيني قائم ويوجد كذلك في شكل كتل حبيبية دقيقة وتتميز بلوراته بالتوأمة في الشكل السرجي.

الانفصام: كامل ومعيني الاوجه [$1\bar{1}01$] وزاوية الإنفصام °45- °73. **اللون:** أبيض ويميل للاحمرار الخفيف وقد يكون رمادياً أو بنياً أو اصفراً. **البريق:** زجاجي أو لؤلؤي أحيانا ، **الشفافية** : شفاف أو نصف شفاف **الصلادة** : 3.5-4. **الوزن النوعي** 2.85.

تأثير الأحماض واللهب : ينحل ببطء في حامض كلور الماء ولكنه لا ينصهر في لهب الحملاج إنما يتشقق . إذا عولج الدلومايت بمحلول الكرومات الفضية فإنه لا ينصبغ بأي لون في حين أن الكالسايت يصبغ بلون المحلول وهذه إحدى طرق التمييز بينه والكالسايت.

التواجد : يشكل الدلومايت من المياه الحارة الحاوية للأملاح المغنيزية عندما يتفاعل مع الصخور الكلسية . وأحيانا من التوضع من المحاليل الحارة في العروق المعدنية . ولكنه في الغالب ينشأ نتيجة استحالة الصخور الجيرية ويكون الرخام الدلوميتي ولذلك فالدلومايت إسم للصخر أيضاً. وإحلال المغنيزيوم محل الكلس وفق المعادلة:

$$2\ CaCO_3 + MgCl_2 \longrightarrow CaMg(CO_3)_2 + CaCl_2$$

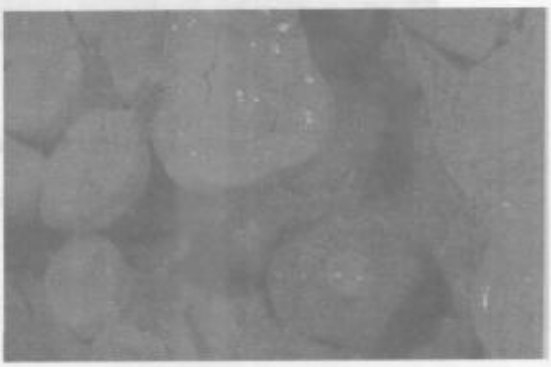
فوائده : يستخدم كمادة للبناء كصخر وحجر للزينة إذا كان لونه باهيا ويستخدم كمادة تتحمل الحرارة في الطوب الحراري لعمل البطانات الحرارية في المحولات المستخدمة في تجهيز الصلب.

(ب) كربونات تحتوي على الهايدروكسيد

مـــلاكايـــت

Malachite $4[Cu_2CO_3.(OH)_2]$

التركيب الكيميائي: $4[Cu_2CO_3.(OH)_2]$ ويمكن كتابتها $CuCO_3.Cu(OH)_2$.
النظام البلوري: نظام الميل الواحد والبلورات منشورية رفيعة ويتواجد المعـــدن فـــي ألياف شعاعية مكونة من مجموعات عنقودية أو إستلاكيتية وفـــي هيئـــة حبيبـــات أو ترابية. وفي شكل نطاقية ممركزة. **الإنفصام:** كامل على المـــسطوح القاعـــدي [100] ووسط في [010] .**اللون** : أصفر فاتح. **المخدش** : أصفر فـــاتح.**البريـــق** : ماســـي أوزجاجي على البلورات حريري على الالياف نصف شـــفاف. **الـــصلادة** : 3.5–4 .
الوزن النوعي: 3.9–4.3
تأثير اللهب والأحمـــاض: ينصهر المالاشايت بسهولة ويعطي لهبا أصفر ويذوب فـــي حامض الهايدروكلوريك مع فوران ويتحول المحلول بلون أصفر وبإضـــافة الأمونيـــا يتحول المحلول إلى أزرق عميق دلالة على النحاس.
تواجده : يعتبر من معادن خامات النحاس الثانوية ولكنه مهـــم لـــسهولة إســـتخلاص النحاس منه بالمقارنة مع الكبريتات ويوجد كذلك في المنطقة العليا [منطقة الأكسدة] في مناطق عروق النحاس الناتجة من المحاليل الحرمائية ويصاحبه معدن الأزورايت وكبريتات النحاس والنحاس العنصري وأكاسيد الحديد ، وبهذه الصفة يوجد في منطقة حفرة النحاس.
إستعمالاته: مصدر هام لخام النحاس كذلك في أعمال الزينة [الزهريات].



معدن الملاكايت
صورة رقم (4–5)

أزورايـــت

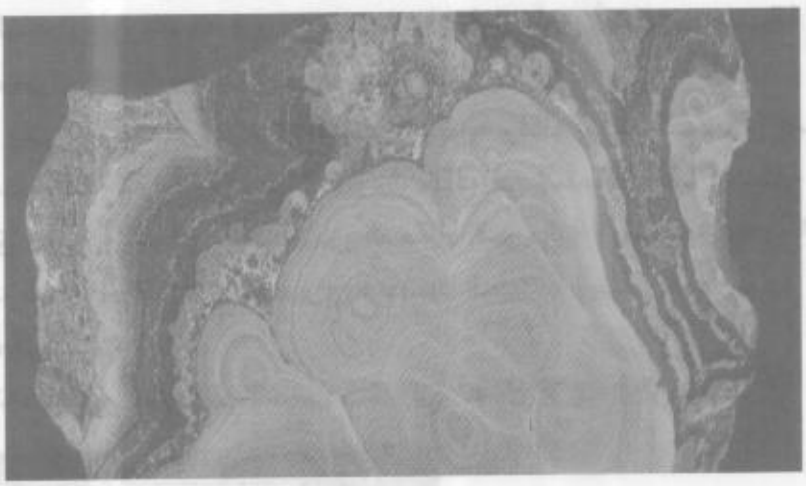
Azurite 2[Cu3(OH)2 (CO3)2]

التركيب الكيميائي: $2[Cu_3(OH)_2 (CO_3)_2]$ أو $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$.

النظام البلورى: فصيلة الميل الواحد ويبلور في شكل المنشور وكذلك في هيئة مركبة وغير قابلة التكوين وفي مجموعات كروية شعاعية.**الإنفصام** : جيد على السطح [001]. المكسر محاري. **اللون:** أزرق فاقع مثل زهرة الغسيل. **المخدش:** أزرق فاتح. **البريق:** زجاجي **الشفافية** شفاف ونصف شفاف. **الصلادة** : 3.5-4 **الوزن النوعي:** 3.77.

تأثير اللهب والاحماض: مثل الملاشايت.

التواجد: يوجد في الاحوال المماثلة للملاشايت ويصاحبه وكذلك يستخدم كخام النحاس.



معدن الأزورايت

صورة رقم (5-5)

(د) معادن التنجستن

والفـــرامـــايـــت

Wolframite 2[(Fe,Mn)WO_4]

التركيب الكيميائى: هنالك سلسلة متصلة بين فيربيرايت ($FeWO_4$) وهيوبيرايت ($MnWO_4$) غير أن نسبة أكسيد التنجستن تكاد تكون ثابتةفى الطرفين فهى 76.3% فى الفريبرايت 76.6% فى الهيوبينرايت.

النظام البلورى: يتبلور المعدن فى النظام أحادى الميل عادة فى هيئة لوحية. ولذلك يوجد فى مجموعات نصليه أو عمدانية. **اللون:** أسود الى بنى حسب التركيب الكيمائى. **البريق:** فلزى أو رانتجى وهو معتم. **الصلادة:** 4-4.5 **الوزن النوعى:** 7-7.5 ويزداد بزيادة الحديد.

التواجد : الولفرامايت من المعادن النادرة نسبـــياً وأغلب تواجده فى الصخور النارية الحمضية مصاحباً لمتداخلات الجرانيت والبجماتيت. ويوجد كذلك نتيجة للجرزنة greisen مصاحباً للعروق الحاملة للمرو. ويوجد كذلك نتيجة لتبلور المحاليل الحرمائية ذات الحرارة العالية مصاحباً للكاسترايت والشيلايت والكوارتز والفلورايت. ونسبة لارتفاع وزنه النوعى فهو يتواجد فى الرواسب الناتجة من تفتت الصخور الحاوية له قريباً من المصدر . فى السودان يوجد المعدن فى منطقة حلايب قرب جبل علبة وفى جبل أيوب فى جبال البحر الاحمر.

الاستخدام: يعتبر المعدن المصدر الاساسى لعنصر التنجستن الذى يستعمل فى صناعة الحديد والصلب والسبائك خصوصاً تلك التى تدخل فى صناعة الآلات سريعة الحركة ويستخدم التنجستن لأنتاج كربيد التنجستن (WC) وله صلادة أعلى من أى معدن طبيعى (ماعدا الماس) ولذلك يستعمل فى أليات حفر الصخور (Drlling pit) وفى الصقل والبرى. كما يستعمل فى صناعة المصابيح الكهربائية.

شيـــلايـــت

Scheelite $4[CaWO_4]$

التركيب الكيميائى : مثالياً يحتوى المعدن على CaO 19.4% وWO_3 80.6% وربما يحل المولبيديوم Mo محل التنجستن W وقليلاً يتجاوز الاحلال الى معدن بويلايت $CaMoO_4$ Powellite.

النظام البلورى: يتبلور الشيلايت فى النظام الرباعى حيث c=11.372A°، a=5.242 A° وبلوراته تأخذ شكل الاهرامات المنعكسة ولكن غالباً ما يوجد المعدن فى هيئة كتل حبيبية. **اللون**: لا لون أو أبيض وأحياناً أصفر أو أخضر. **ومخدشه**: أبيض وهو نصف شفاف **والبريق**: زجاجى أوماسى، له خاصية التضوء Luminescence عندما يتعرض للاشعة فوق البنفسجية فيكتسب لوناً مائل الى الخضرة. **الصلادة**: 5-4.5 **الوزن النوعى**: 6.1

التواجد: يتوجد مع الولفرامايت فى الترسبات ذات الحرارة العالية كما سبق أن ذكرنا. ويوجد كذلك فى نطاق التحول التماسى المحيط بالجرانيت والبجماتيت مصاحباً لمعادن التنجستن الأخرى والكاسترايت والأباتيت والفلورايت . قليلاً ما يوجد فى عروق المرو الحاملة للذهب والفضة .

الأستخدام : كما فى معدن الولفرامايت.

ولفرومايت
صورة رقم
(5- 6)

مجموعة الهاليدات
Halide Group

معادن هذه المجموعة مركبات مكونة من عناصر فلزية ذات أنصاف أقطار كبيرة ومنخفضة التكافؤ مثل الصوديوم (Na) والبوتاسيوم (K) والكالسيوم (Ca) مع أيونات من عناصر الهالوجينات كلور (Cl) وبروم (Br) وفلور (F) ويود (I) وهى أيضاً ذات ذرات كبيرة بيد أنها أصغر من الاولى. وهى تحمل شحنة كهربائية واحدة. هذه الميزات الذرية تجعل مركبات الهيلايد المثل الاعلى للترابط الايونى . ولما كانت هذه الفلزات جميعها (الكاتيون والانيون) تتخذ الشكل الكروى المتكامل فان البلورات تتصف باعلى درجات التماثل وأغلبها تتبلور فى النظام المكعبى . وتبعاً لما سبق فأن الهيلايد تتصف بقساوة منخفضة وتنصهر فى درجة حرارة عالية أو متوسطة وفى حالتها الصلبة فهى ضعيفة التوصيل للحرارة والكهرباء. أما فى حالتها السائلة فهى جيدة التوصيل للكهرباء بطريقة المسرى الالكترونى للمركبات Electrolysis.

هنالك حوالى 85 من الهيلايد ولكن تختصر الدراسة هنا على أربعة :

هيلايت	Halite	NaCl	فلورايت	Flourite	CaF_2
سيلفيت	Sylvite	KCl	كرايولايت	Cryolite	Ca_3AlF_6

(ج) الأملاح

هيلايـــت (الملح)
Halite 4[Na Cl]

التركيب الكيميائى : بسيط وسبق دراسته فى المقدمة .

النظـــام البلورى: المكعب ويؤخذ لمثل لهذا النظام. وهو من أوائل البلورات التى درست بواسطة الاشعة السينية بواسطة العالم براق Bragg وبعد الخلية $a - 5.6402\ A^o$ ويميز بانفصام ممتاز على الوجه (100). **اللون:** أبيض أو لا لون وربما يكون رمادى أو اصفر أو محمر وقليلاً ما يكون أزرق أو بنفسجى. **المخدش:** أبيض.

اللمعان: زجاجى وهو شفاف الى نصف شفاف. **القساوة:** 2.5. **الوزن النوعى:** 2.16. **الصفات المميزة:** مذاق الملح المشهور وانفصامه المكعبى وقساوته المتدنية.

التواجد: الهيلايت متواجد بكثرة فى طبقات يتراوح سمكها من عدة أقدام الى أكثر من 200 قدم. والملح كما يعرف المعدن يتكون نتيجة تبخر مياه البحار المحصورة وترسب الهيلايت ليكون طبقات متداخلة مع أخرى من الجبص والصخورالجيرية والصخور الطينية. ويوجد بعض الهيلايت فى فوهات البراكين كمادة متسامية ومن ترسبات الينابيع الحارة. عندما تتعرض الطبقات السميكة من الهيلايت للتشوه التركيبى ولقلة كثافتها فانها تتحرك وتتجمع وتغزو الطبقات الأخرى لتكون قباب الملح المشهورة Salt Dome فى كثير من مناطق العالم وربما تكون سداء plug. هذه القباب لها أهمية فى التنقيب عن البترول اذ انها تكون مصائد هامة للمواد الهايدروكربونية والرواسب البترولية. تستخرج كميات كبيرة من الهيلايت (الملح) من الملاحات الطبيعية منها والاصطناعية على شواطئ البحالر خصوصاً فى المناطق الحارة كما فى شاطئ البحر الاحمر فى السودان.

الاستخدام: معروف استخدامه فى الاغراض المنزلية وخاصة فى المطبخ. كما يستعمل فى حفظ اللحوم والاسماك وفى صناعة الالبان . ويستخدم كميات هائلة منه فى الصناعات الكيمائية لانتاج الصوديوم والكلورايت والمساحيق المبيضة (المزيلة للتلون bleaching). وينتج منه كربونات الصوديوم لاستعمالها فى صناعة الزجاج والصابون وصناعة الحبر وفى الطب . أما سيانيد الصوديوم فيستعمل لاستخلاص الذهب من مناجمه.

سـلفايـت
Sylvite 4[KCl]

النظام البلورى : المكعب وبعد الخلية $a=6.29\ A^{o}$ وغالباً ما يتواجد فى كتل أو نسيج حبيبى وله انفصام جيد على (100)

اللون: لا لون له او ابيض و ربما أخذ ألوان أخرى عند وجود الشوائب منها الاحمر عند تداخل الهيماتيت. **المخدش**: أبيض **اللمعان**: زجاجى وهو شفاف الى نصف شفاف. **المذاق**: كالملح ولكنه أكثر حرارة وهذه الصفة تميزه من الهيلايت ولكنه أقل تواجداً بكثير من الملح . وعند تبخر مياه البحار فان السلفايت اخر من يترسب من الاملاح. فى بعض المناطق تكون طبقاته مستودعات اقتصادية كما فى كندا والولايات المتحدة.

الاستخدام: هو المصدر الاساسى لمركبات البوتاسيوم والتى تستخدم بكثرة فى الاسمدة.

فلورايت
Fluorite 4 [$Ca F_2$]

التركيب الكيمائى : بسيط ولكن قليلاً ما يحل العناصر الارضية النادرة مثل Y و Ce محل الكالسيوم . ويحتوى Ca 51.3 % و F 48.7 % تتخذ كل اشكال النظام المكعبى وربما تتداخل مع بلورات أخرى . كما يوجد فى كتل وتجمعات حبيبية. ولبلوراته انفصام ممتاز على الوجه (111) . وتكثر بها التؤامة على نفس المحور (111).

اللون : لا لون له وشفاف عندما يكون نقياً ولكنه يتلون بالوان عدة منها الاصفر والازرق السمائى والبنى وربما يتصف بنطاقات ذات الوان مختلفة. وله خاصية التألق الفلورى Fluorescent عند التعرض للأشعة فوق البنفسجية. **اللمعان**: زجاجى وهو شفاف الى نصف شفاف. **القساوة**: 4. **الوزن النوعى**: 3.18.

التواجد : الفلورايت ذو منشأ أولى وهو متواجد فى العروق ومستودعات المعادن خصوصاً الحاملة للرصاص والفضة وربما يكون المكون الاساسى للعروق المعدنية

وغالباً مع الكوارتز والكالسيت والبايرايت · وأحياناً يتواجد فى فجوات الصخور الجيرية مع سليلستايت والانهايدرايت · كما يوجد الفلورايت فى بعض الصخور المتحولة بالجرزنة Greisens وعروق الكاسترايت عالية الحرارة بصحبة التوباز والتورمالين ونتيجة لتداخل المحاليل الحرمائية فى شقوق وفواصل صخر الجرانيت وفى الصخور البجماتية ·

الأستخدام : يستخدم الفلورايت أساساً كمادة صاهرة flux فى صناعة الحديد وصهر الالمونيوم · كما يستعمل كزجاج اوبالى وفى صناعة العدسات والبصريات· ويستخدم لذلك فى أدوات طلاء أدوات الطهى وفى تحضير حامض الهيدرفلوريك ·

كرايولايـــت

Cryolite 2[$Na_3Al F_6$]

التركيب الكيميائى : يحتوى المعدن على Na 32.8% ، Al % 12.8 ، F 54.4 % .

النظام البلورى : أحادى الميل ولكن يندر وجود البلورات وغالباً ما يكون فى كتل عند درجة حرارة (أعلى من c ° 550) يتحول الكرايولايت الى النظام المكعبى. **اللون:** لا لون له أو أبيض. **المخدش:** أبيض. الأنفصام: لا **انفصام** له بل انفصال Parting الى أجزاء مكعبية. **اللمعـــان:** زجاجى الى دهنى. **القســـاوة:** 2.5. **الوزن النوعى:** 2.97 .

التواجد: قليل التواجد وفى صخور البجماتيت المتفرعة من متداخلات الجرانيت granitic stocks صغيرة الحجم بصحبة معادن المايكروكلين وكوارتز والسيدرايت والفلورايت .

الأستخـــدام: يستغل فى حالته السائلة فى عملية الأختزال الكهربائى لخامات الألمونيوم (Bauxite) لانتاج الألمونيوم . ولاهميته فى هذه الصناعة ينتج معدن الكرايولايت صناعياً

الفلورايت

صورة رقم (5-7)

(هـ) المعادن الفوسفاتية
PHOSPHATE MINERALS

مونوزايت
Monazite 4[(Ce,La,Y, Th) PO_4]

التركيب الكيميائى: فوسفات العناصر الأرضية النادرة وخصوصاً السيريوم واللأنثوم واليتريوم والثوريوم الذى ربما نسبته إلى 20% وربما تحتوى المعادن السيليكا التى تحل مع الفوسفات.

النظام البلورى: الميل الواحد غير أن البلورات نادرة غالباً ولكن ما يوجد فى كتل حبيبية كالرمال. **اللون:** بنى أصفر وربما محمر وهو نصف شفاف. **مخدشه:** أبيض وله بريق راتيجى أو شمعى، **الصلادة:** 5-5.5، **الوزن النوعى:** 4.6-5.4 إعتماداً على التركيب الكيميائى.

التواجد: لحد ما منتشر كمعدن ثانوى فى كثير من الصخور كالجرانيت والسينايت والمايكا شيست وفى بعض سدود البجماتايت. ويوجد أيضاً فى الرواسب الرملية الناتجة من تفتت هذه الصخور مع معادن أخرى تقاوم التحلل مثل الماجنتيايت والألمانايت والروتايل والزيركون فى ما يعرف بالرمال السوداء وينتج المونوزايت من مثل هذه الرمال من شواطى البحار والأنهار وهو المصدر الرئيسى لأكسيد الثوريوم وهو عنصر مهم فى الحصول على الطاقة الذرية.

أباتايت
Apatite 2[$Ca_3(PO_4)_3(F,Ce,OH)$]

هنالك مجموعة من معادن الأباتايت وكما يظهر من التركيب الكيميائى يمكن تقسيمها إلى:

فلورابايت	Florapatite	$Ca_5(PO_4)_3F$
كلورابايت	Chlorapatite	$Ca_5(PO_4)_3Cl$
هايدركسايل أباتايت	Hydroxylapatite	$Ca_{10}(PO_4)_6(CO_3)H_2O$

ومجموعة الأباتايت ذات صلة تركيبية مع متسلسلة أخرى تسمى مجموعة بايروموفايت وهى تحوى:

بايروموفايت	Pyromorphite	$Pb_5(PO_4)_3Cl$
ميمتايت	Mimetite	$Pb_5(AsO_4)_3Cl$
فانادينايت	Vanadinite	$Pb_5(VO_4)_3Cl$

وسوف نختصر الدراسة هنا على الأباتايت العام.

التركيب الكيميائى: كما مبين أعلاه ويأخذ الإسم المعين عندما تكون هنالك غلبة لأى من الفلورايت (F) أو الكلورين (Cl)أو الهايدروكسيد (OH). والنوع الكربونى يطلق عندما يحل الكربون محل الفسور (P) وربما يحتوى على 44% CO_2 فى بعض أنواع الأباتايت المتواجدة فى البجماتايت يحل المنجنيز Mnمحل الكالسيوم Ca.

النظام البلورى: النظام السداسى والبلورات منشورية طويلة أو قصيرة وبعضها لوحية وربما تنتهى البلورات بإهرامات ظاهرة ولكن أغلب تواجدها فى هئية كتل حبيبية متماسكة، **اللون:** غالباً أخضر مع بعض الزرقة وربما يأخذ الوان أخرى مثل البنى،الأحمر والبنفسجى، **المخدش:** أبيض، **القساوة:**5، **الوزن النوعى:** 3.2-3.1.

التواجد: الأباتايت أكثر المعادن الفوسفاتية الموجودة فى القشرة الأرضية وهو يتواجد فى كتل شبه بلورية تسمى فى الحقل كلوفين Colophene. أغلب الاباتايت متواجد فى شكل فلورابايت وهو متواجد بشكل معادن ثانوية فى كل الصخور النارية وخصوصاً فى الصخور الناتجة من تمييز الصهير خصوصاً مع الصخور القلوية وكذلك فى صخور البجماتيت والصخور الناتجة من المحاليل الحرمائية ذات الحرارة العالية، ويتواجد الاباتايت كذلك فى الصخور المتحولة خصوصاً فى الصخور الجيرية المتبلورة غير أن أكثر تواجده فى الرسوبيات الفوسفاتية (كلوفين) فى كثير من بلدان العالم توجد مستودعات مهمة فى المغرب والجزائر وتونس ومصر والأردن والعراق.

الإستخدام: أهم إستخدمات الكلوفين هو صناعة الأسمدة.

المراجع العربية

توربرنايت

Torbernite $2[Cu(UO_2)(PO_4)_2.8\text{-}12H_2O$

التركيب الكيميائى: كما موضح أعلاه غير أن Ca و Ba يحلان محل النحاس Cu والزرنيخ As محل الفسفور P، وعندما يطغى الكالسيوم على النحاس يسمى المعدن أوتونايت Autunite، لذلك تتفاوت كمية الماء H_2O فإن كانت ثمانية 8 أو أقل سمى المعدن Meta Torbernite وهو معدن غير مستقر.

النظام البلورى: يتبلور المعدن فى النظام الرباعى فى شكل الهرم المنعكس ويوجد المعدن فى بلورات لوحية مربعة الشكل ولذلك فى هئية مجموعات قشرية أو صفائحية، **اللون:** أخضر مثل الحشائش أو التفاح، **مخدشه:**أخضر باهت وهو شفاف إلى نصف شفاف وذو بريق زجاجى أو ماسى وله تشقق ظاهر على المسطوح القاعدى [100]، **الصلادة:** 2-2.5 **الوزن النوعى:** 3.22، ينصهر المعدن بسهولة ليعطى كتلة سوداء، وعند تسخين المعدن إلى درجة حرارة بين 55° إلى 75° يفقد بعضاً من الماء ليعطى معدن Meta Torbernite.

التواجد: التوربيرنايت من المعادن الثانوية التى تتواجد نتيجة لأكسدة اليورانيوم فى الأجزاء العليا من العروق الحرمائية الحاملة للنحاس واليورانيوم، كما فى حفرة النحاس فى جنوب دارفور، وهو من أهم مصادر البورانيوم كما فى منطقة كاتانجا بالكنغو.

توربانايت

صورة رقم (5-8)

المراجع العربية

1. أحمد بلال

معجم المصطلحات الجيولوجية

دار طلاس ، دمشق ، سوريا

2. د. أحمد محمد بشارة و د. إبراهيم العوض عبد العزيز 1985م

أسس علوم الجيوكيمياء

دار العلوم – الكويت

3. د. أحمد محمد بشارة و د. ممدوح عبد الغفور حسن 1993م

المعادن تحت المجهر

الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة

4. د. أحمد مصطفى البصيلي و د. مظفر محمد محمود

المعادن والصخور

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي – العراق.

5. أحمد شفيق الخطيب 1994م

قاموس الجيولوجيا المصور

مكتبة لبنان – بيروت.

6. الك واط 1984م

قاموس الجيولوجيا المصور

مكتبة لبنان – بيروت.

7. المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم 1971م

معجم الجيولوجيا (إنجليزي ، فرنسي ، عربي)

8. الهيئة العليا للتعريب 1998م
معجم علوم الأرض الموحد
الهيئة العليا للتعريب – الخرطوم.

9. حسين عبد المحسن حسين 1992م
معجم الجيولوجيا
أكاديميا انترناشيونال – بيروت.

10. خالد إبراهيم التركي و محمد محمود أبو صقر 1975م
علم الأرض (بلورت ، معادن وصخور)
دار الكتاب العربي للنشر والتوزيع.

11. د. سالم محمد عبد الله الدباغ 1988م
الاستكشاف الجيوكيميائي للرواسب الخام
جامعة الموصل – العراق.

12. هـ. ج. سميث (تنقيح كامل بواسطة م. ك. ويلز) 1960م
ترجمة د. عزالدين حلمي ، د. أمين زغلول بسطا ود. فتح الله عوض الله
المعادن والميكروسكوب
المجلس الأعلى للعلوم – القاهرة.

13. عبد الرحيم سعد عمر 1999م
علم الفلزات
إدارة التعريب – جامعة الخرطوم – الخرطوم.

14. د. عبد العزيز عبد القادر حسين
معجم المعادن
جامعة الملك عبد العزيز – جدة.

15. فاروق صنع الله و د. عبد الهادي يحيى الصادق 1977م
الجيولوجيا العامة
مؤسسة دار الكتب – جامعة الموصل.

16. فخري موسى نخلة ، عبد العزيز عثمان، ونصري متري شكري 1961م
المعادن والرواسب المعدنية
مكتبة الانجلومصرية – القاهرة.

17. فائق .د.عيداس 1994م
الجيوكيمياء
الشركة العربية للنشر والتوزيع

18. محمد عبد الوهاب الشناوي 1961م
مقدمة في علم البلورات والمعادن والصخور
دار المعارف – مصر.

19. د. محمد عبد الغني مشرف، الطاهر عثمان إدريس،
حسين سالم عوض 1993م
الجيولوجيا العامة (معادن ، صخور ، أحافير ، خرائط)
دار المريخ للنشر – الرياض.

20. د. محمد فتحى عوض الله 1994م
المعادن والصخور والحفريات
الهئية العامة للكتاب

21. محمد فتحى عوض الله 1981م
محاضرات فى الجيولوجيا
دار المعارف

22. محمد عز الدين حلمي (التحرير الرابع) 1974م
علم المعادن
مكتبة الأنجلومصرية – القاهرة.

23. د. محمد عز الدين حلمي و د. زكي محمد زغلول 1973م
أسس بصريات المعادن
مطبعة جامعة عين شمس – القاهرة.

24. محمد غالب سيد
علم الفلزات (المنيرولوجيا)

25. د. محمد يوسف حسن ، د. عمر حسين شريف
و د. عدنان باقر النقاس 1988م
أساسيات علم الجيولوجيا
مركز الكتب الأردني – عمان.

26. مجمع اللغة العربية 1965م
معجم الجيولوجيا (إنجليزي – عربي)
الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية – القاهرة.

27. يوسف مصطفى الحاروني 1956م
قصة الحديد
العالمية للطبع والنشر – القاهرة.

ENGLISH BIBLIOGRAPHY

28.**Ahmed ,Y.S.& Babiker, I. M.** 1990

Feasibility Study of the Chromite . Mining Inustry in Sudan

A Study Comissioned by ACFT Limited

29.**Babiker, I. M.** 1971

Hofrat en Nehas Copper Deposit

Geological Survey Department (unpublished report)

29. **Babiker, I. M.** 1977

Aspects of Ore Geology of the Sudan with particular reference to the chromatiferous ultra basic rocks of the Ingessana Hills .E. Sudan

Ph. D Thesis . Unversity of Wales .

30. . **Babiker, I. M.** 1980

Lime Production Project . (Unpublished Report)

Sudanese Mining Coorperation

31. . **Babiker, I. M.** 1980

The Utilisation of Low grade Chromite Ore for the Production of Chromite Chemical Derivaties. (Unpublished Report)

Sudanese Mining Coorperation

32. **Babiker , I. M.** 1982

The Chromatiferous Ultrabasic Rocks of the Ingessana Hills , Eastern Sudan

Conference. Pan African Crustal Evolution in the Arabian Nubian Shield ,Jiddah

33. . **Babiker, I. M.** 1985

Shagroom Marble Deposit , Derudeb Area

Geological Survey Dept (UnpublishedCompilation).

34. **Babiker, I. M.** 1985

Jebale El Ingessana Chromite Mines

conference, Arab Mineral resources organization. Khartoum ,Feb. 1985.

35. **Babiker, I. M.** 1990
Ingessana Asbestos Mining Project
Mudawi Geological Consultancy
36. **Berry, L. G. & Mason**, B. (2nd edition)
Mineralogy (Concepts, Description & Determination)
W. H. Freeman & Co., New York.
37. **Bishop, A. C.**, (3rd edition), 1972
Outline of Crystal Morphology
Hutchison Scientific & Technical, London
38. **Blackburn. W. H. & Demon, W. H.**
Principles of Mineralogy
Wm. C. Brown, Dubuque, Iowa
39. **Boegel, H**. (edited by Sinkankas, J.), 1976
Minerals and Gemstones
40. **Clark, A. M**., (3rd edition), 1975
Hey's Mineral Index
Chapman Hall, London
41. **Cox, K. G.; Price, N. B. & Harte, B.**, 1974
The Practical Study of Crystal, Minerals & Rocks
McGraw Hill Book Co., London
42. **Deer, W. A.;Howe, R. A. & Zussman, J**., 1966
Introduction to Rock Forming Minerals
Longman, London
43. **Evan, Anthony**, (4th edition), 1992
Geology & Industrial Minerals
44. Evans Antony,M 1980
An Introduction to Ore Geology
45. **Ford, W. F**., 1985
DANA'S Textbook of Mineralogy
Wiley Eastern Ltd

46. **Frye, K.**, 1993
Mineral Science
Mc Millan Publishing Co., UK

47. **Garrels, R. M. & Christ, C. L.**, 1965
Solutions, Minerals & Equilibria
Harper & Raw, New York

48. **Gribble, C. D. & Hall, A. J.**, 1992
A Practical Introduction to Optical Mineralogy
Chapman & Hall, London.

49. **Harlaw, G. E.**, 1998
The Nature of Diamonds
Cambridge University Press, UK

50. **Hatch, F. H.; Wells, A. K. & Wells, M. K.**, 1984
Petrology of Igneous Rocks
CBS Publishers and Distributors, India

51. **Holden, M.**, 1991
The Encyclopedia of Gemstones & Minerals
Michael Friedman Publishing Group Inc., New York

52. **Harlbut, C. S. & Klein** (19th edition), 1977
Manual of Mineralogy (After James, D. Dana)
John Wiley & Sons, New York

53. **Kerr, Paul, F.** (4th edition), 1977
Optical Mineralogy
Mc Graw Hills Book Co., London

54. **Mc Kenzie & Guilford, C.** (3rd edition), 1982
Atlas of Rock Forming Minerals in Thin Section
Longman Group Ltd., UK

55. **Kirkaldy, J. F.**, (3rd edition), 1976.
Minerals & Rocks
Blandford Press, Dorset, UK

56. **Kuzin, M. & Egorov, N.**, (2^{nd} edition), 1979.
Field Manual of Minerals
Mir Publisher, Moscow

57. **Lamey, Carl, A.**, 1966
Metallic & Industrial Mineral Deposits
Mc Graw – Hill book Co., New York

58. **Lapidus, D. F.**, 1999.
Dictionary of Geology
Harper Callins Publisher, London

59. **Mason, B. & Berry L. G.**, 1968.
Elements of Mineralogy
W. H. Freeman Co., San Francisco

60. **Park, C. F. & Mc Diamond**, 1964.
Ore Deposits
W. H. Freeman Co., San Francisco

61. **Phillips, F. C.**, (3^{rd} edition), 1962.
An Introduction to Crystallography
Longman Green & Co., New York.

62. **Phillips Wm Rivel & Griffen Dana, T.**, 1986.
Optical Mineralogy (The non opaque minerals)
CBS Publishers & Distributors, Delhi, India.

63. **Potts, P. J.; Browles, F. W.; Reed, J. B. & Cave, M. R.**, 1995.
Microprobe Techniques in the Earth Sciences
Chapman & Hall, London.

64. **Reed, H. H.**, (24^{th} edition), 1956.
Rutley's Elements of Mineralogy
Thomas Murby & Co., London.

65. **Stanton, R. L.**, 1972.
Ore Petrology
Mc Graw – Hills Book Co., New York.

66. **Turner, F. J. & Verhoogan, J.,** 1960.
Igneous and Metamorphic Petrology
Mc Graw – Hills Book Co., New York.

67. **Vanders, I. & Kerr, P. F.,** 1976.
Mineral Recognition
John Wiley & Sons Inc., London.

68. **William, H.; Turner, F. J. & Gilbert, C. M.,** 1985.
Petrography
Mc Graw – Hills Book Co., New York.

69. **Winchell, A. N.,** (5^{th} edition), 1949.
Elements of Optical Mineralogy
John Wiley, New York.

70. **Zussman, J.,** 1967.
Physical Methods in Determinative Mineralogy
Academic Press, London & New York.

فهرس المعادن

مع فهرس أسماء المعادن
(التركيب الكيميائى ، النظام البلورى ، الوزن النوعي ، الصلادة)

3/ التركيب الكيميائى 4/ النظام البلورى Mineral 1/ المعدن 2/

7/النتوء 8/رقم الصفحة H 6/ الصلادة gm/cm^3 5/ الوزن النوعي

8	7	6	5	4	3	2	1
أ							
190	1.63	5	-3.2 3.15	سداسى	$Ca_5(Po_4)_3(F,Cl,OH)$	Apatite	أباتايت
—	1.46	-2 2.5	1.75	معينى قائم	$MgSO_4.7H_2O$	Epsomite	إيسومايت
53	1.75	7-6	-3.4 3.5	احادى الميل	$Ca_2(Al,Fe)_3 Si_3O_{12}$ (OH)	Epidote	ابيدوت
126	1.68	-3.5 4	2.95	معينى قائم	$CaCO_3$	Aragonite	اراجونايت
88	1.52	6	3.9	معينى قائم	$K Al Si_3O_8$	Orthoclase	ارثوكليز
107	—	-2 2.5	7.3	احادى الميل /مكعب	$Ag_2 S$	Argentite	ارجانتايت
122	—	-6 5.5	6.07	احادى الميل	Fe AsS	Arsenopyrite	ارسينوبايرايت
182	1.76	-3.5 4	3.77	احادى الميل	$Cu (CO_3) (OH)_2$	Azurite	ازورايت
82	1.53	6	2.62	ثلاثى الميل	$Na Al Si_3O_8$	Albite	البايت
36	1.83	7	4.32	مكعب	$Fe_3 Al_2 Si_3O_{12}$	Almandine	الماندين
153	—	-5.5 6	4.7	معينى	$FeTiO_3$	Ilmenite	الميناىت
148	—	—	—	—	انظرCorundum	Emery	اميرى
76	1.55	4	-2.5 2.6	احادى الميل	$Mg_3 Si_2 O_5 (OH)_4$	Antigorite	انتجورايت
59	1.65	-5.5 6	-2.85 3.2	معينى قائم	$(Mg Fe)_7 Si_8O_{22} (OH)_2$	Anthro-phyllite	انثوفيلايت
131	1.88	3	-6.2 6.4	معينى قائم	$Pb SO_4$	Anglesite	انجليزايت
30	1.64	7.5	3.18	معينى قائم	$Al_2 Si O_5$	Andalusite	اندالوسايت
37	1.98	7	3.86	مكعب	$Ca_3 Fe_2 Si_3 O_{12}$	Andradite	اندرادايت
82	1.55	6	2.69	ثلاثى الميل	$(Ca_7 Na_3) Al_2 Si_2O_8$	Andesine	انديسين

انستاتايت	Enstatite	$Mg\ Si\ O_3$	معينى قائم	-3.2 3.5	5.5	1.65	40
انهايدرايت	Anhydrite	$Ca\ SO_4$	معينى قائم	2.9	-3 3.5	1.58	131
انورثايت	Anorthite	$Ca\ Al_2\ Si_2O_8$	ثلاثى الميل	2.7	6	1.58	82
اوجايت	Augite	$(Ca\ Na)\ (Mg, Fe,Al)\ (Si\ Al)_2\ O_6$	احادى الميل	-3.2 3.4	6 -5	1.70	45
اناتيس	Anatase	$Ti\ O_2$	ثلاثى	3.9	6 -5.5	2.6	157
اكمايت	Acmite	$NaFeSi_2\ O_6$	احادى الميل	3.5	-6 6.5	1.82	43
اكتينولايت	Actinolite	$Ca_2\ (Mg,Fe)\ Si_8\ O_{22}\ (OH)_2$	احادى الميل	-3.1 3.3	6 -5	1.64	58
انورثوكليز	Anorthoclase	$K\ Al\ Si_3\ O_8 - NaAl\ Si_3O_8$	ثلاثى الميل	2.58	6	1.53	87
اندولاريا	Andularia	نوع من الفلسبار القلوى	—	—	—	—	87
امازونايت	Amazonite	نوع من الفلسبار القلوى	—	—	—	—	90
انكرايت	Ankerite	$Ca\ Fe\ (CO_3)_2$	معينى	-2.95 3	3.5	1.75	179
اموسايت	Amosite	نوع من الامفيبول (اسبستوس)	—	—	—	—	60
ايجرين	Aegirine	مطابق لاكمايت	—	—	—	—	44
ايدوكريس	Idocrase	$Ca_{10}\ Mg_2\ Al_4\ (SiO_4)_5\ (Si_2O_7)\ (OH)_4$	رباعى	-3.45 3.35	6.5	1.72	53
اوربيمنت	Orpiment	$As_2\ S_3$	احادى الميل	3.5	-1.5 2	2.8	118
اوليجوكليز	Oligoclase	$(Na_9\ Ca_1)\ Al_2Si_2\ O_8$	ثلاثى الميل	2.65	6	1.54	82
اوليفين	Olivine	$(Mg,Fe)_2\ Si\ O_4$	معينى قائم	-3.3 4.3	7 -6.5	1.69	25
ايجرايت (ايجرين)	Aegerite (Aegerine)	$NaFe\ Si_2O_6$	احادى الميل	3.5	-6 6.5	1.82	44
ايسلندسبار	انظر الكالسيت	—	—	—	—	—	169
اينارجايت	Enargite	$Cu_3As\ S_4$	معينى قائم	4.45	3	—	126
انالسايم	Analcime	$Na\ Al_2Si_2O_8.H_2O$	مكعب	2.2	4-5	—	95
امفيبول	Ampheibole	مجموعة معادن	—	—	—	—	57
انتيمونى	Antimony	Sb	ثلاثى	6.7	3-3.5	—	8
ابوفيلات	Apophyllite	$KCa_2\ (Si_4O_{10})F.8S_2O$	ثلاثى	2.3	5-4.5	1.54	74

(ب)

8	7	6	5	4	3	2	1
129	1.64	3.5-3	4.5	معينى قائم	$Ba SO_4$	Barite	باريت
82	1.57	6	2.74	ثلاثى الميل	(Ca.7Na.3) Al2Si2O8	Bytownite	بايتونايت
68	-1.6 1.7	-2.5 3	-2.8 3.2	احادى الميل	K(Mg,Fe)3 (AlSi3O10)(OH)2	Biotite	بيوتايت
125	3.09	-2 2.5	5.57	معينى	Ag3 As S3	Proustite	بروستايت
—	—	7 -6	-3.7 4.7	معينى قائم	(Ba,Mn)3Mn8O16 (O,OH)16	Psilomelane	بسيلوميلين
85	-1.53 1.59	6	-2.62 2.76	ثلاثى المل	(Na Ca) Al2Si2O8	Plagioclase	بلاجيوكليز
7	—	4.5-4	19 -14	مكعب	Pt	Platinum	بلاتين
—	1.47	-2 2.5	1.7	احادى الميل	Na2 B4 O5(OH)4.8H2O	Borax	بوراكس
105	—	3	-5.06 5.08	ثلاثى /مكعب	Cu5FeS4	Bornite	بورنايت
127	—	-2.5 3	5.8	معينى قائم	Pb Cu Sb S4	Bournonite	بورنونايت
164	—	1-3	-2.0 2.5	—	Mixture of Al minerals	Bauxite	بوكسايت
125	3.08	2.5-2	5.85	معينى	Ag3 Sb S2	Pyrargyrite	بيرارجيرايت
120	—	6.5 -6	5.02	مكعب	Fe S2	Pyrite	بايرايت
113	—	4	-4.58 4.65	احادى الميل/ سداسى	Fe1-x S	Pyrrhotite	بيرونايت
157	2.6	5.5-5	4	معينى قائم	Ti O	Brookite	بروكايت
157	—	2-1	4.75	ثلاثى	Mn O2	Pyrolusite	بيرلوسايت
191	2.06	-3.5 4	7.04	سداسى	Pb5 (PO4)3 Cl	Pyromorphite	بيرومورفايت
37	1.71	7	3.58	مكعب	Mg3 Al2 Si3O12	Pyrope	بيروب
48	1.59	8-7.5	-2.65 2.8	سداسى	Be3 Al2 (Si6 O18)	Beryl	بيريل
143	—	—	—	—	Spenil rich in Cr	Picotite	بيكوتايت
40	1.68	5.5	3.3	معينى قائم	(Mg ,Fe) Si O3	Bronsite	برونزايت
115	—	4-3.5	5-4.5	مكعب	(FeNi)9 S8	Pentlandite	بنتلانديت

بروسايت	Brucite	Mg(OH)2	معينى قائم	2.9	6-5	1.6	162
بروسيايت	Proustite	AgAsS4	ثلاثى	5.5	3-2.5		—
بريهنايت	Prehnite	Ca2Al(alSi3)O10.(OH)2	معينى قائم	2.9	6-5	1.6	75
باروكسين	Pyroxene	مجموعة معادن	—	—	—	—	39
بوهمايت	Bochmite	AlO(OH)	رباعى	3.0	—	—	166
بزموس	Bismoth	Sb	ثلاثى	9.7	2-2.5	—	8
براعونايت	Parogonite	$Na\ Al_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	احادى الميل	2.8	6	1.44	65
بيركليز	Periclase	Mg O	مكعب	3.58	5.5	1.74	139

(ت)

تتراهيدرايت	Tetrahedrite	$Cu_3\ Sb_4\ Si_{13}$	مكعب	-4.6 5.1	4.5-3	—	126
تريدومايت	Tridymite	$Si\ O_2$	احادى الميل /معينى قائم	2.26	7	1.47	102
تريمولايت	Tremolite	$Ca_2\ Mg_5\ Si_8\ O_{22}\ (OH)_2$	احادى الميل	-3.0 3.2	6-5	1.61	60
توباز	Topaz	$Al_2SiO_4(F,OH)_2$	معينى قائم	3.5	8	1.62	33
توربيرنايت	Torbernite	$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2\ 8\text{-}12H_2O$	ثلاثى	3.2	-2 2.5	1.59	192
توركويز	Turquoise	$Cu\ Al_6\ (PO_4)(OH)_8\ .4H_2O$	ثلاثى الميل	-2.6 2.8	6	1.62	—
تورمالين	Tourmaline	$(Na,Ca)\ (Li,Mg,Al)(Al,Fe,Mn)_6(BO_3)_3(Si_6O_{18})\ (OH)$	معينى	-3.0 3.25	7.5-7	1.66	49
تيتانايت	Titanite	انظر معدن الاسفين	—	—	—	—	55
تلك	Tale	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	احادى الميل	-2.7 2.8	1	1.59	78
تفروبات	Tephroite	$Mn_2\ Si\ O_4$	معينى قائم	4.1	6	1.79	—
تيبولايت	Tapiolite	$FeTa_2O_6$	رباعى	8.17	6-6.5	—	—

(ج)

35	-1.71 1.88	7.5- 6.5	4.3-3.5	مكعب	$A_2B_3(SiO_4)_3$	Garnet	جارنيت
77	1.59	3-2	2.8-2.2	احادى الميل	$(Ni,Mg)_3\ Si_2O_5\ (OH)_4$	Garnierite	جارنيرايت
142	1.92	7.5-8	4.03	مكعب	$Mn\ Al_2\ O_4$	Galaxite	جالاكسايت
99	—	—	—	—	انظر كورتز	Jaspar	جاسبر
108	—	2.5	7.6-7.4	مكعب	Pb S	Galena	جالينا
132	1.52	2	2.32	احادى الميل	$Ca\ SO_4\ .2H_2O$	Gypsum	جبس
14	—	1-2	2.23	سداسى	C	Graphite	جرافايت
37	1.73	6.5	3.6	مكعب	$Ca_3\ Al_2\ Si_3\ O_{12}$	Grossulite	جروسيولايت
163	2.39	5.5-5	4.37	معينى قائم	Fe. OH	Geothite	جوثايت
93	1.66	7-6.5	3.5-3.3	احادى الميل	$Na\ Al\ Si_2\ O_6$	Jadeite	جيدايت
—	1.80	7.5-8	4.55	مكعب	$Zn\ Al_2\ O_4$	Gahnite	جهنايت
165	1.57	3.5-2.5	2.4-2.3	احادى الميل	$Al(OH)_3$	Gibbsite	جبسايت
58	1.71	6	3.6	احادى الميل	$Fe_7\ Si_8\ O_{22}\ (OH)_2$	Grunerite	جرونرايت

(د)

41	1.67	6 -5	3.2	احادى الميل	$Ca\ Mg\ Si_2O_6$	Diopside	ديوبسايت
166	1.68	3.5-4	2.86	معينى	$Ca\ Mg(CO_3)_2$	Dolomite	دولومايت
165	—	7-6.5	3.4	رباعى	$HalO_2$	Diaspor	دياسبور

(ذ)

2	1.68	2.5-3	15-19.3	مكعب	Au	Gold	ذهب

(ر)

156	2.61	6.5-6	-4.25 4.18	ثلاثى	TiO_2	Rutile	روتايل
173	1.81	3.5-4	3.5-3.7	معينى	$Mn\ C\ O_3$	Rhodochrosite	رودوكروزايت
47	1.74	6-5.5	-3.7 3.45	ثلاثى الميل	$Mn\ SiO_3$	Rhodonite	رودونايت
117	-1.71 1.66	5	3.4	احادى الميل	$As\ S$	Realgar	ريالجار
58	1.63	5	3.4	احادى الميل	$NaFe_3Fe_2Si_9O_{22}(OH)$	Riebackite	ريبكايت

(ز)

25	—	—	—	—	—	Olivine	زبرجد
54	1.94	7.5	4.68	ثلاثى	$ZnSiO_4$	Zircon	زيركون
48	—	—	—	—	انظر البريل	Beryl	زمرد
138	2.01	4	5.68	سداسى	ZnO	Zincite	زنكايت
—	—	0	18.6	—	Hg	Mercury	زئبق
95	—	—	—	—	انظر مجموعة الزيولايت	Zeolite	زيولايت
53	1.69	6	3.35	معينى قائم	$Ca_2Al_30(SiO_4)(Si_2O_7)OH$	Zeosite	زيوسايت

(س)

90	1.53	6	-2.62 2.56	احادى الميل	$KAlSi_3O_8$	Sanidin	ساندين
36	1.80	7	4.18	مكعب	$Mn_3Al_2\ Si_3O_{12}$	Spessartite	سبسارتايت
43	1.67	6.5-7	3.17	احادى الميل	$LiAlSi_2O_6$	Spodumene	سبودمين
143	1.80	7	4.18	مكعب	$Mg\ Al_2O_4$	Spinel	سبايندل
118	—	2	-4.52 4.62	معينى قائم	Sb_2S_3	Stibnite	ستبنايت
177	1.67	3.5-4	3.7	معينى قائم	$Sr\ CO_3$	Strontianite	سترنشيانايت

32	1.75	7-7.5	3.7	احادى الميل	$Fe_2Al_9O_6(SiO_4)_4(O.OH)_2$	Straurolite	ستروليت
76	1.55	5 -3	2.3 -2.6	احادى الميل/معينى	$Mg_3Si_2O_5(OH)_2$	Serpentine	سيربنتين
110	2.37	3.5 -4	3.9 -4.1	مكعب	Zn S	Sphalerite	سفاليرايت
55	1.91	5-5.5	3.4-5.5	احادى الميل	$CaTiO(SiO_4)$	Sphene	سفين
160	1.85	4-4.5	4.3 -4.4	معينى	$Zn\ CO_3$	Smithsonite	سميثونايت
106	—	5.5-6	6.7	مكعب	$(Co\ Ni)As_3$	Skutterudite	سكوتروديايت
187	1.49	2	1.99	مكعب	KCl	Slyvite	سيلفايت
67	—	—	—	—	نوع من المايكا الدقيقة	Serucite	سيروسايت
149	—	—	—	—	نوع من الكروندوم الاخضر	Saphire	سافـــير
99	—	—	—	—	انظر المروQuartz	Citrine	سيترون
172	1.88	3.5-4	3.96	معينى	$FeCO_3$	Siderite	سيدرايت
28	1.55	6 -7	3.23	معينى قائم	Al_2SiO_5	Sillimanite	سيليمانايت
132	—	—	—	—	انظر الجبصGypsum	Selenite	سيلينايت
130	1.62	3 -3.5	3.96	معينى قائم	$SrSO_4$	Celestite	سيليستايت
95	1.5	4-5	2.3	أحادى الميل	$CaAl_2Si_7O_{18}.7H_2O$	Stlbite	ستلبايت
94	1.5	6	2.2	مكعب	$Na_3(AlSiO_4)_6Cl_2$	Sodalite	سودالايت
178	2.5	4.5-5	6.6	معينى قائم	$PbCO_3$	Cerussite	سيروسايت
98	—	7	4.3	معينى قائم	SiO_2	Steshovit	سيتشوفيت
98	—	5.5	5.0	أحادى الميل	SiO_2	Coesite	سويسايت
116	—	25	8.1	ثلاثى	HgS	Cinnabar	سينيبار

(ش)

111	—	3.5 -4	4.1 -4.3	ثلاثى	Cu Fe S_2	Chalcopyrite	شالكوبايرايت
107	—	2.5-3	5.5 -5.8	معينى قائم عداسى	Cu_2 S	Chalcosite	شالكوسايت
30	—	—	—	—	نوع من الانذلوسايت	Chiastolite	شياستولايت
99	—	—	—	—	نوع من المرو	Chalcedony	شالسيدونى
184	1.92	4.5-5	5.9-6.1	ثلاثى	Ca WO_4	Scheelite	شيلايت
95	—	5-4	3-2	ثلاثى	$CaAl_2Si_4O_{12}.6H_2O$	Chabazite	شابازايت

(ف)

191	2.3	3	6.9	عداسى	$Pb_5(VO_4)_3Cl$	Vanadinite	فانيونايت
80	—	—	—	—	اسم لمجموعة	Feldspar	فلسبار
5	—	2.5 -3	10.5	مكعب	Ag	Silver	فضة
65	—	2.5-3	2.9	الميل الواحد	K Mg_3 $(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	Phlogopite	فلوجوبايت
25	1.63	6.5	3.2	معينى قائم	Mg_2 SiO_4	Forsterite	فورستريت
25	1.63	6.5	4.39	معينى قائم	Fe_2SiO_4	Fayalite	فيالايت
187	1.43	4	3.18	مكعب	Ca F_2	Flourite	فلوريت
72	1.56	1.5	2.4	احادى الميل	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2.2H_2O$	Vermiculite	فيرميكولايت
183	—	5	7-7.5	احادى الميل	Fe WO	Verberite	فيربرايت
92	—	—	—	—	اسم المجموعة	Feldspathoide	فلباتويد
148	—	6	5.15	مكعب	(Zn,Fe,Mn) $(Fe,Mn)_2O_4$	Franklinite	فرانكلينايت
52	—	—	—	—	انظرIdocrase	Vesuvianite	فيسوفيانايت

(ك)

كارنوتايت	Carnotite	$K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 .3H_2O$	احادى الميل	4.7-5	Soft	1.93	—
كاسترايت	Cassiterite	$Sn\ O_2$	رباعى	6.8-7.1	6-7	2.00	159
كاولينايت- كاولين	Kaoline-Kaolinite	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	ثلاثى الميل	2.6	2	1.56	72
كالسايت	Calcite	$Ca\ CO_3$	معينى	2.71	3	1.66	169
كلورايت	Chlorite	$(Mg,Fe,Al)_6(Al,Si)_4O_{10} .(OH)_3$	احادى او ثلاثى الميل	2.6-3.3	2-2.5	1.62	73
كامبريرايت	Kaemmerite	كلورايت يحتوى الكروم	—	—	—	—	74
كبريت	Sulphur	S	معينى قائم	2.07	-2.5 1.5	2.04	9
كلكانثايت	Calcanithite	$Cu\ SO_4.5H_2O$	ثلاثى الميل	2.2	2.5	1.54	—
كروماىت	Chromite	$(FeMg)Cr_2O_4$	مكعب	4.6	5.5	2.16	145
كرونديوم	Corudum	Al_2O_3	معينى	4.02	9	1.77	149
كرايولايت	Cryolite	Na_3AlF_6	احادى الميل	3.0	2.5	1.34	189
كروكوايت	Crocoite	$Pb\ CrO_4$	احادى الميل	6.0	2.5-3	2.36	—
كريسولايت	Chrysolite	نوع من السربنتين	—	—	—	—	76
كريستابولايت	Cristabolite	$Sn\ O_2$	رباعى-مكعب	2.32	6.5	1.48	97
كوفيلايت	Covellite	CuS	سداسي	4.8-4.6	2-1.5	—	116
كوبرايت	Cuprite	Cu_2O	مكعب	6.1	3.5-4	—	137
كوبالتايت	Cobaltite	$(Co,Fe)As\ S$	معيني قائم	6.33	5.5	—	—
كورديرايت	Cordierite	$Mg\ Fe)_2Al_4Si_5($	معيني قائم	2.63	7.5-7	1.55	50
كمنجتونايت	Cummingtonite	$(MgFe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	احادى الميل	3.1-3.3	6 -5.5	1.67	58
كوروديت	Chondrodite	$Mg_5(SiO_4)_2 (F,OH)_2$	احادى الميل	3.1-3.3	6-5.5	1.67	—
كرايسوبيرل	Chrysoberyl	$Be\ Al_2\ O_4$	معينى قائم	3.8-3.65	8.5	1.75	48
كرايسوكولا	Chrysocolla	$Cu\ Al)_2H_2Si_2O_{10} (OH)_4\ nH_2O$	أحادى الميل	2.4-2.0	2-4	1.40	75
كرايسوتايل (اسبستوس)	Chrysotile	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	احادى الميل	2.5-2.6	4	1.55	76
كورتز	Quarts	SiO_2	سداسى	2.6	7	1.54	99
كيتايت	Keatite	SiO_2	معينى قائم	2.5	7	1.52	99
كاينايت	Kyanite	Al_2SiO_5	ثلاثى الميل	3.6	6-7	—	29
كلوريتيد	Chloriteid	$(FeMg)Al_4O_2(SiO_4)_2(O H)_4$	ثلاثى الميل أحادى الميل	3.8-3.5	6.5	1.7	65
كانكريتايت	Concretite	$Na_5(AlSiO_4)_6(HCO)_2$	سداسى	2.5	5-6	1.5	94

(ل)

82	1.56	6	2.17	ثلاثى الميل	$(Na_{0.3-0.5}Ca_{0.7-0.5})$ $Al_{1-2}Si_{2-3}O_3$	Labradorite	لابرادورايت
—	1.64	5-5.5	2.4	مكعب	$(Na\ Ca)_8(AlSiO_4)_6$ $SO_4,S,Cl)_2($	Lazurite	لازورايت
—	—	—	—	مكعب	Ca O	Lime	لايم
66	1.57	2.5-4	2.85	احادى الميل	$K(Li,Al)_2$. $(AlSi_3O_{10})(OH,F)$	Lepidolite	ليبدولايت
(من مجموعة الكلورايت والسربنتين)				احادى الميل	$Mg_3Si_2O_5(OH)$	Lirardite	لزارديايت
(المغنطيس الطبيعى)						Lodestone	لودستون
—	1.67	8	3.1	رباعى	$Ca\ Al_2(Si_2O_4)(OH)_2.H_2O$	Lawsonite	لوسونايت
—	—	5-5.5	3.6-4.0	لابلورى	$FeO.OhnH_2O$	Limonite	ليمونايت
92	1.51	5.5-6	2.47	ثلاثى-مكعب	$KalSi_2O_6$	Leocite	ليوسايت
95	-	4-5	2.2	احادى الميل	$Ca\ Al_2Si_{4\ 12}.12H_2O$	Loumontite	لومونتايت

(م)

144	—	6	5.18	مكعب	Fe_3O_4	Magnetite	ماجنتايت
171	1.7	5-3.5	3.1	معينى	$Mg\ CO_3$	Magnesite	ماجنيزايت
122	—	6-6.5	4.9	معينى قائم	$Fe\ S_2$	Marcasite	ماركزايت
13	2.42	10	3.51	مكعب	C	Diamond	مـاس
66	1.60	2-2.5	-2.76 2.88	احادى الميل	$Kal_2(AlSi_4O_{10})(OH)$	Muscovite	ماسكوفايت
163		4	4.3	احادى الميل	$MnO(OH)$	Manganite	مانجنايت
99	(انظر المرو)					Quartz	مرو
181	1.88	3.5-4	4.0	احادى الميل	$Cu_2CO_3(OH)_2$	Malachite	مالاكايت
123	—	1.5-1	4.7-4.6	سداسى	$Mo\ S_2$	Molybdenite	مولبدينايت
190	1.79	5-5.5	5.4-4.6	احادى الميل	$(Ce,La,Y,Th)PO_4$	Monozite	مونازايت
99	انظر المرو				Smoky quartz	Morion	موريون
—	1.67	6-7	3.23	معينى قائم	$Al_6\ Si_3O_{15}$	Mullite	مولايت
64					اسم مجموعة معادن	Mica	ميكا
89	1.53	6	2.55	ثلاثى الميل	$Kal\ Si_3O_8$	Microcline	مايكروكلين
—	1.48	2	1.90	احادى الميل	$FeSO_4.7H_2O$	Melanterite	ميلانترايت
72					$Al_2Si_4O_{10}.(OH)_2.XH_2O$	Montomorillonite	منتومورلونايت

(ن)

95	1.48	5-5.5	2.25	معيني قائم	$Na_2Al_2Si_3O_{10}.2H_2O$	Natrolite	نترولايت
6	—	2.5-3	8.9	مكعب	Cu	Copper	نحاس
—	1.50	2	2.1	معيني قائم	$K NO_3$	Nitre	نيتر
—	1.59	2 -1	2.29	معيني	$Na NO_3$	Soda Nitre	نيتر صودى
—	—	—	—	احادى الميل	$Na_2 CO_3.10H_2O$	Natron	نترون
94	1.50	6	2.3	مكعب	$Na_8(AlSiO_4)_6 SO_4$	Noselite-Noseen	نوزيلزنوزلايت
—	—	5	8.2-7.8	مكعب	Fe -Ni	Nickel-Irion	نيكل-حديد
114	—	5	7.78	سداسى	Ni As	Nicolite	نيكولايت
93	1.54	6 -5.5	-2.60 2.65	سداسى	$(Na,K)AlSiO_4$	Nephline	نيفلين

(هـ)

40	1.70	6 -5	3.5-3.4	معيني قائم	$(Mg,Fe)SiO_3$	Hyperthene	هايبرثين
61	-1.6 1.7	6 -5	3.4 -3.0	احادى الميل	$(Ca,Na)_3(Mg,Fe,Al)$ $Si_6(SiAl)_2O_{22}.(OH)_2$	Hornblende	هورنبلند
—	1.64	6	3.2 -3.1	معيني قائم	$Mg_7(SiO_4)_3(F,OH)_2$	Humite	هوماىت
39	1.73	6 -5	3.55	احادى الميل	$CaFeSi_2O_6$	Hedenbergite	هدنبرجايت
152	—	-5.5 6.5	5.26	معيني	$Fe_2 O_3$	Hematite	هيماتايت
—	1.80	8 -7.5	4.39	مكعب	$Fe Al_2 O_4$	Hercynite	هرسينايت
—	1.62	5 -4.5	3.5 -3.4	معيني قائم	$Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2.H_2O$	Hemimorphite	هميمورفايت
94	1.50	6 -5.5	2.5 -2.4	مكعب	$(Na,Ca)_{4-8}(SiAlO_4)_6$ $(SO_4)_{1-2}$	Hayne-Hauynite	هوين- هوينايت
184	1.54	2.5	2.16	مكعب	Na Cl	Halite	هيلايت
94	—	5-4	2.2	أحادى الميل	$Ca Al_2Si_9 O_{18}. 6H_2O$	Heulandite	هيولانديت

(و)

—	—	—	—	—	خام المنجنيز ...(Mn)	Wad	واد
—	1.54	4 -3.5	2.36	معيني قائم	$Al_3(PO_4)_2(OH)_3$ $.5H_2O$	Wavellite	وافيلايت
46	1.63	5.5 -5	2.9 -2.8	ثلاثى الميل	$Ca SO_3$	Wollastonite	ولاستونايت
183	—	4.5 -4	7.5 -7.0	احادى الميل	$(Fe,Mn)WO_4$	Wolframite	ولفرامايت
—	2.4	3	8 -6	ثلاثى	$Pb Mo O_4$	Wulfenite	ولفينايت
—	1.69	5.5	4.2– 3.9	معيني	$Zn_2 Si O_4$	Willemite	وليمايت
—	2.35	4	3.98	سداسى	Zn S	Wurtzite	ويرتزايت
177	1.68	3.5	4.3	معيني قائم	$Ba CO_3$	Witherite	ويزارايت

(ى)

ياقوت	Ruby	نوع من الاسبنيل $Mg\ Al_2O_4$		حجر كريم احمر			143
يورانينايت	Uraninite	$U\ O_2$	مكعب	9.7 -7.5	5.5	—	160
يوفاروفايت	Uvarovite (garnet)	$Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$	مكعب	3.9	7.5	1.89	37

تم إيداع هذا الكتاب في المجلس الاتحادي
للمصنفات الأدبية والفنية تحت الرقم 647 – 2004م
بتاريخ 26/12/2004م.

وتم تسجيله بنفس المجلس تحت رقم التسجيل
2139 – 2004م بتاريخ 27/12/2004م.