أنواعها المعادن السليكاتية

يمكن أن تقسم المعادن السليكاتية الناتجة عن عملية البلمرة لمكونات الصهير الصخري مع انخفاض درجة حرارته كما هي موجودة في سلسلة باوين التفاعلية بالاعتماد على طريقة ارتباط الوحدات السليكاتية فيما بينها والشكل الهندسي الناتج عن ذلك الارتباط بما يأتي:

1- رباعية الاوجه المستقلة

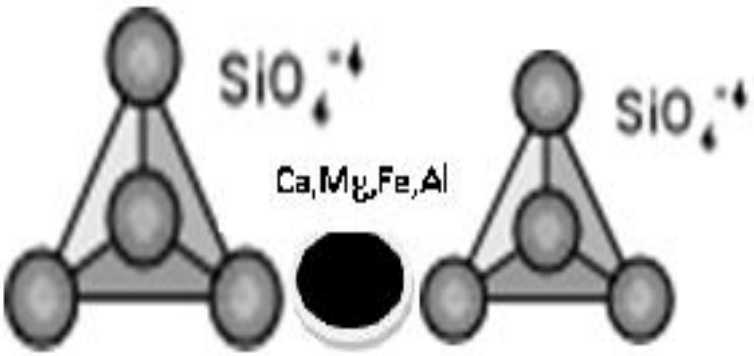
Isolated Tetrahedra Nesosilicate (Orthosilicate)

معادن هذه المجموعة متكونة من وحدات مستقلة من رباعي الاوجه مرتبطة مع بعضها بآصرة ايونية عن طريق كاتيونات اخرى مثل , Al , Ca , Mg , Fe وان البناء الذري لهذه المعادن تعتمد على الشحنة ونصف القطر الذري لهذه الكاتيونات البينية Interstitial Cations وان معادن هذه المجموعة هي:

- معدن الكارنيتGarnet– Mg, Al (Sio4)3
- معدن الاولفينOlivine– (Mg, Fe) Sio4
- معدن الزركونZircon– Zr Sio4

ان المعادن الرباعية الاوجه المستقلة نتجت عن المراحل الأولى من تبلور الصهير الصخري بحيث لا تسمح درجات الحرارة المرتفعة للصهير الصخري بأن ترتبط الوحدات السليكاتية فيما بينها، وإنما ترتبط بأيونات موجبة مثل الكالسيوم أوالمغنيسيوم أوالحديد والألمنيوم(الشكل5)، لذلك سميت هذه المعادن بمجموعة رباعي الأوجه المستقلة(Isolated Tetrahedra) مثل معادن الأوليفين الماغنيسي(Mg_2SiO_4) والأوليفين الحديدي(Fe_2SiO_4) التي تتبلور في نظام المعيني القائم، ومجموعة الكارنت التي تتبلور في النظام المكعبي، ومجموعة الزركون التي تتبلور في النظام الرباعي، وكذلك مجموعة سليكات الألمنيوم التي تضم الأندلوسايت والسليمانيت وتتبلور في نظام المعيني القائم، والكينايت الذي يختلف عنهما في نظامه الميول الثلاثة ودرجة التحول تحت الظروف والعوامل المؤثرة، إضافة الى التوباز الذي يتبلور في نظام المعيني القائم. ويعتمد البناء الذري لمعادن هذه المجموعة على الشحنة ونصف القطر الذري للأيونات الموجبة البينية تجعل الذرات معبئة بشكل متقارب لتكون بوزن نوعي ثقيل وصلابة عالية نسبيا. ولكون وحدات رباعي الأوجه

السـليكاتية غير مرتبطة مع بعضـها مباشـرة تتميز بلورتها بهيئة متسـاوية الأبعاد وليس فيها تشقق واضح.



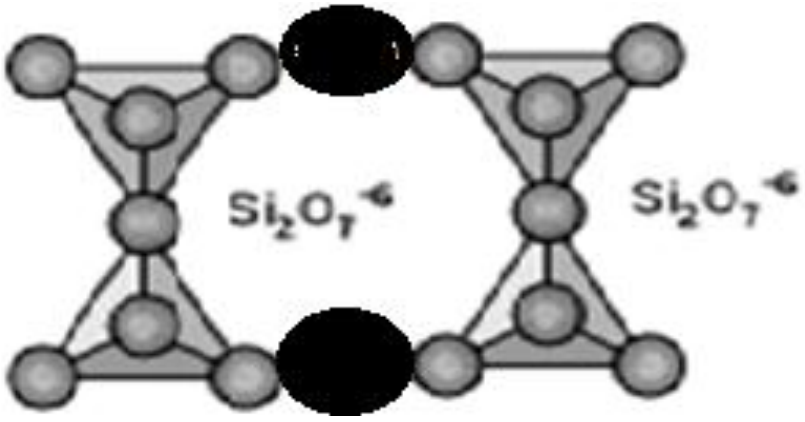
الشكل(5) ارتباط الوحدات السليكاتية في المعادن النيزوسليكاتية عن طريق الأيونات الموجبة.

2- رباعية الاوجه المزدوجة Double Tetrahedral Sorosilicate

معادن هذه المجموعة تحتوي على وحدتين رباعية الاوجه والتي ترتبط باشتراكهما ايون واحد من الاوكسجين وتكون نسبة السليكون الى الاوكسجين 2 ; 7 وان اهم معادن هذه المجموعة هو

الابيدوتEpidote– $Co_2(Al\ Fe)_3\ Si3O_{12}OH$

ان المعـادن الربـاعيـة الاوجـه المزدوجـة تتشـــكـل من وحـدات ربـاعي الأوجـه الســـليكـاتيـة المزدوجة(Double Tetrahedra) لكون انخفاض درجة حرارة الصـهير الصـخري تسمح بارتباط وحدتين من السليكا مع بعضها باشتراكهما في أنيون من الأوكسجين لتصبح النسبة بين السليكون الى الأوكســجين(7:2) كما هي مبينة في الشــكل(6). وتضــم هذه المجموعة أكثر من ســبعين معدن نادر الوجود في الطبيعة، لكن الأكثر شيوعا لها مجموعة معادن الأبيدوت(Epidote).

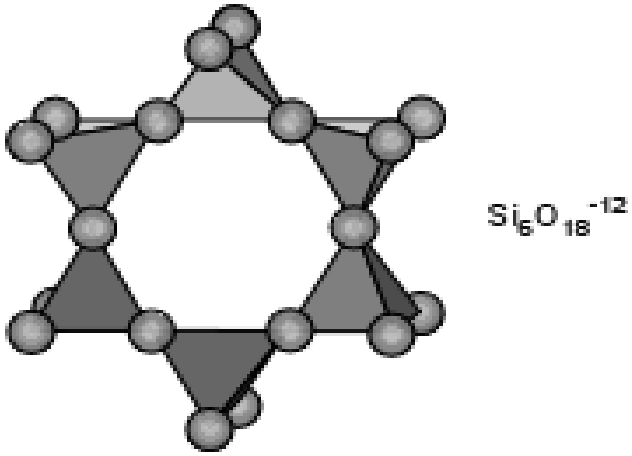


الشكل(6) ارتباط الوحدات السليكاتية في المعادن السوروسليكاتية.

3- **السليكات الحلقية** Ring Silicate Cyclosilicate

وهي المعادن السـليكاتية التي تتشـكل من ارتباط الوحدات السـليكاتية بهيئة حلقية اذ يسـمح لها انخفاض درجة حرارة الصـهير الصـخري وعملية البلمرة بأن تمتلك شـكل هندسـي حلقي، لذلك سـميت هذه المجموعة بالمعادن الحلقية وتمتاز معادن هذه المجموعة بوجود ثلاث وحدات رباعية الاوجه والتي تربط مع بعضها على هيئة حلقية وتكون نسبة السليكون الى الأوكسجين 3 :1 اذ توجد ثلاث انواع من السليكات الحلقية وهي:

a) **ثلاثي الحلقات** $(Si_3O_9)^{-6}$ او **السـليكات الحلقية الثلاثية** Si_3O_9 اذ ترتبط فيه ثلاثة من الوحدات السـليكاتية وتسـهم في ارتباطها ثلاثة أنيونات من الأوكسـجين، إذ تكون فيها نسـبة السليكون الى الأوكسجين(9:3) وتعد السليكات الحلقية الثلاثية Si_3O_9 من ابسط الانواع الحلقية كما في البينوتايت.Benotite ($BaTiSi_3O_9$)
b) **رباعي الحلقات** $(Si_4O_{12})^{-8}$ **او السـليكات الحلقية الرباعية** Si_4O_{12} حيث ترتبط فيه أربعة وحدات من السـليكا تسـهم في ارتباطها أربعة من أنيونات الأوكسـجين، وتكون النسـبة بين السليكون الى الأوكسجين فيه(12:4) مثل معدن الأكسينايت(Axinite) ذو التركيب الذري المعقد.
c) **سداسـي الحلقات** $(Si_6O_{18})^{-12}$ **او السليكات الحلقية السداسية** Si_6O_{18} وهي عبارة عن سـت وحدات من رباعي الاوجه تشـترك فيه سـتة من الوحدات السـليكاتية تسـهم في ارتباطها ستة من أنيونات الأوكسجين، وتصبح فيه نسبة السليكون الى الأوكسجين(18:6) مثل معدن التورمالين (Tourmaline) والبيريل (الشكل7).



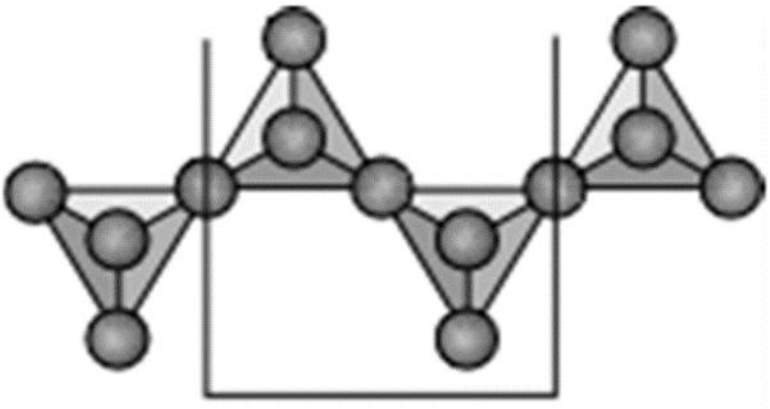
الشكل (7) المعادن الحلقية السداسية السايكوسليكاتية.

4- السليكات السلسلية Chain Silicate Inosilicate

تتكون عندما تنخفض درجة حرارة الصهير الصخري وتزداد درجة بلمرته الى الحد الذي يسمح بارتباط الوحدات السليكاتية فيما بينها بهيئة سلسلة لانهائية، لذلك سميت معادن هذه المجموعة بالسلسلية، وتتكون معادن هذه المجموعة من ارتباط وحدات الرباعية الاوجه Sio_4 مع بعضها في هيئة سلسلة لا نهائية Infinite وقد تكون هذه السلسلة اما:

- سلسلة منفردةSingle Chain
- سلسلة مزدوجةDouble Chain

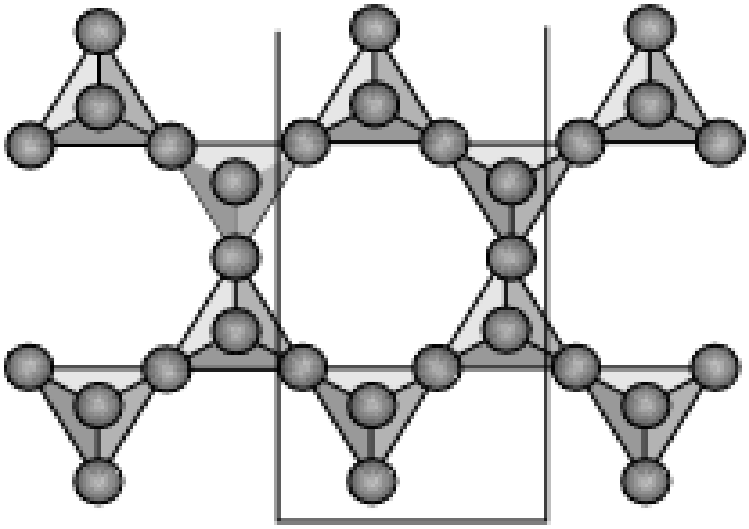
في السلسلة المنفردة تكون اتجاه السلسلة موازي للمحور البلوري الرأسي(C) وكما في الشكل8 ويكون فيها نسبة السليكون الى الأوكسجين إما (6:2) عندما تسهم في ارتباط الوحدات السليكاتية أنيونين من الأوكسجين، أو تشترك كل وحدة رباعية الاوجه مع جارتها بذرتي اوكسجين وتصبح نسبة السليكون الى الاوكسجين 3:1 $(Sio_3)^{-2}$ عندما تسهم في ارتباط الوحدات السليكاتية أنيون واحد من الأوكسجين. وكلاهما تمنح هذه المعادن شكل هندسي ذو سلاسل مفردة كما هو الحال في معادن البيروكسينات أشهر معادنها الأوكايت(Augite) الذي يتبلور في نظام أحادي الميل.



$(Si_2O_6)^{-4}$ or $(SiO_3)^{-2}$

الشكل (8) ارتباط الوحدات السليكاتية في المعادن السلسلية المفردة

اما في حالة السلسلة المزدوجة فترتبط وحدات رباعية الاوجه مع بعضها عن طريق اشتراكها في ذرتين او ثلاث ذرات من الاوكسجين على التوالي بمعنى ان يكون نصف عدد رباعي الاوجه مشترك مع جيرانه في ذرتي اوكسجين والنصف الاخر يرتبط عن طريق ثلاث ذرات اوكسجين وتكون نسبة السليكون الى الاوكسجين 11:4 $(Si_4O_{11})^{-6}$ كما في الشكل 9 أي تشترك في تكوينها أربعة وحدات من السليكا تسهم في ارتباطها خمسة من أنيونات الأوكسجين، وتصبح النسبة بين السليكون الى الأوكسجين (11:4) كما في معادن الامفيبولاتAmphiboles والتي أشهر معادنها الهورنبلند(Hornblende) اذ يتبلور في نظام أحادي الميل أيضا.



$(Si_4O_{11})^{-6}$

الشكل (9) ارتباط الوحدات السليكاتية في المعادن السلسلية المزدوجة

5 -السليكات الصفائحيةSheet Silicates Phyllosilicate

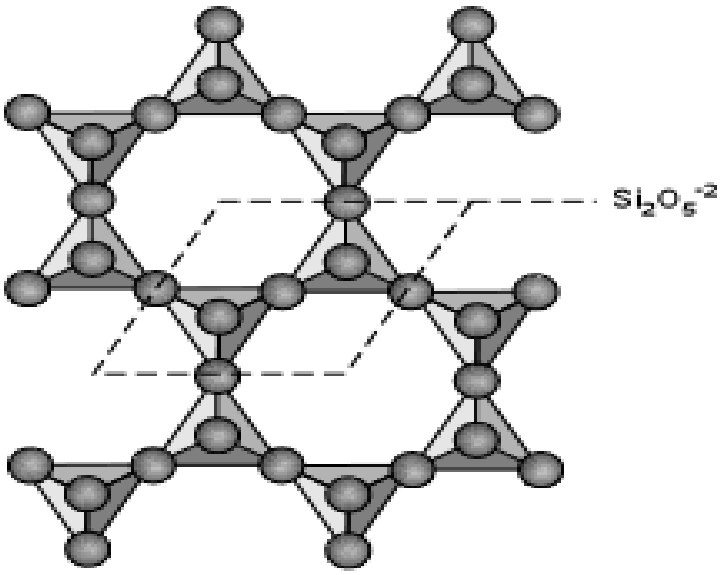
اشتق الاسم " Phillo " ومعناها ورقة " Leaf " وذلك اشارة الى الهيئة الصفائحية لبلورات معادن هذه المجموعة حيث تتميز بتشقق قاعدي واضح يمكن بواسطة فصل المعدن الى صفائح رقيقة مرنة، حيث ترتبط كل وحدة من الوحدات المجاورة عن طريق ثلاث ذرات اوكسجين وتصبح نسبة السليكون الى الاوكسجين 5:2 (Si_2O_5) واهم معادن هذه المجموعة:

- معادن الطينClay Minerals اذ تشمل

Kaolinite, Montmorillonite, Chlorite

- معادن المايكا Mica Minerals

يطلق عليها بالمعادن السليكاتية الصفائحية اذ ترتبط فيها أثنين من الوحدات السليكاتية التي تسهم في اشتراكهما ثلاثة أنيونات من الأوكسجين مما تجعلها بهيئة صفائحية(الشكل 10).
إذ تكون نسبة السليكون الى الأوكسجين في معادن هذه المجموعة (5:2) كما هو الحال في معادن المايكا المتمثلة في سلسلة باوين التفاعلية بمعدني البيوتايت والمسكوفايت، وكذلك التالك والمعادن الطينية الناتجة عن التجوية الكيميائية للمعادن الأولية مثل معدني الكاؤولينايت والمونتموريلونايت، فضلا عن الألايت الذي يطلق عليه بالمايكا المتأدرتة. وتتميز معادن هذه المجموعة بتشقق قاعدي واضح يمكن بواسطته فصل المعدن الى صفائح رقيقة أو قابلة للانثناء.



الشكل(10) التركيب البنائي للمعادن السليكاتية الصفائحية

6- السليكات الشبكية ذات الابعاد الثلاثة

Three Dimensional Network Silicate Tectosilicate

تعتبر هذه المجموعة من اهم انواع المعادن السليكاتية (.imp) حيث تكون ما يقارب من ثلاثة ارباع القشرة الأرضية وتنتج من اتحاد كل من وحدات رباعية الاوجه SiO_4 مع الوحدات الوحدات المجاورة عن طريق المشاركة بذرات الاوكسجين الاربعة بمعنى انها تتحد مع اربعة اركان رباعي الاوجه Tetrahedron وبالتالي فان وحدات رباعية الأوجه تتكرر في الابعاد الثلاثة على هيئة

شبكية وتكون عندئذ نسبة السليكون الى الاوكسجين هي 2 ;1 (SiO2) ويلاحظ في هذه الحالة انه متعادل كهربائياً، ولذلك فأنه يتبلور على هيئة ثاني اوكسيد السليكون SiO2 وهو الكوارتز الذي يعتبر أكثر المركبات استقراراً في الطبيعة لأنه متعادل كهربائياً وتتمتع المعادن السليكاتية بصورة عامة وكما أشرنا سابقاً بخاصية الأحلال المتماثل والتي يمكن ان تساعد على ان يحل الالمنيوم محل السليكون في وحدات رباعية الاوجه ضمن السليكات الشبكية مكونة معادن اخرى وكما في المعادلات التالية:

$$4\,(SiO_2) \longrightarrow Si_4O_8$$

$$Si_4O_8 + Al^{+3} \longrightarrow (AlSi_3O_8)^{-1} + Si^{+4}$$

$$(AlSi_3O_8)^{-1} + K^{+1} \longrightarrow KAlSi_3O_8\ (K-feldspar)$$

$$(AlSi_3O_8)^{-1} + Na^{+1} \longrightarrow NaAlSi_3O_8\ (Na-feldspar)$$

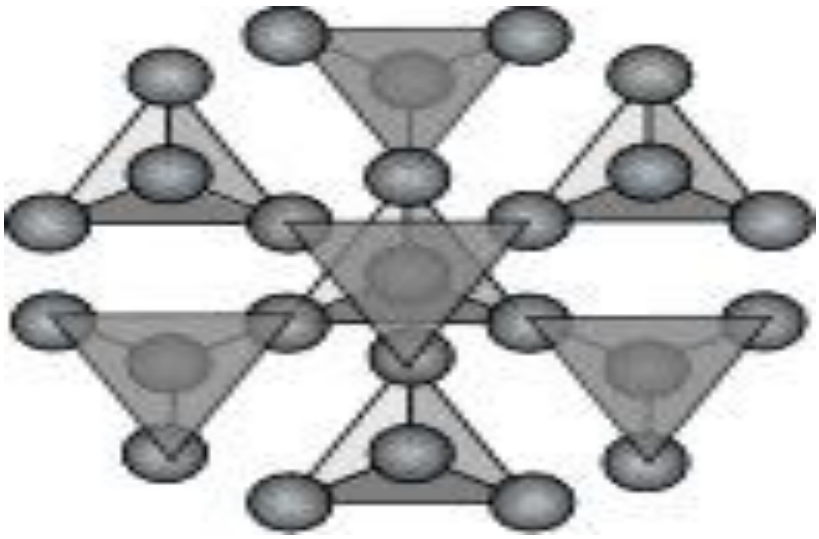
$$Si_4O_8 + 2Al^{+3} \longrightarrow (Al_2Si_2O_8)^{-2} + 2Si^{+4}$$

$$(Al_2Si_2O_8)^{-2} + Ca^{+2} \longrightarrow CaAl_2Si_2O_8\ (Ca-feldspar)$$

واهم معادن هذه المجموعة هي مجموعة ثاني اوكسيد السليكون SiO_2 Group والتي اهمها معدن الكوارتز .Quartz وكذلك مجموعة معادن الفلدسبارات " Feldspar " والتي تشمل الفلدسبارت البوتاسية K – Feldspar والتي اهمها معدني المايكروكلاين Microcline و الاورثوكليز Oethoclase وكذلك تضم هذه المجموعة مجموعة الفلدسبارات الباجيوكلازية Plagioclase feldspar والتي تضم معدني الألبايت Albite والانورثايت. Anorthite .

ان السليكات الشبكية ذات الابعاد الثلاثة وكما ذكرنا سابقا تعد من أهم المعادن السليكاتية لكونها تشكل ما يقارب ثلاثة أرباع القشرة الأرضية ناتجة عن اتحاد رباعي الأوجه مع الوحدات المجاورة عن طريق المشاركة بجميع أنيونات الأوكسجين الأربعة الفائضة التي تحيط باركان رباعي الأوجه (الشكل 11)، بحيث يكون فيها صافي الشحنات الموجبة والسالبة مساويا الى الصفر لتمنحها أكثر استقرارية في الطبيعة ومقاومة للتجوية الطبيعية كما هو الحال في معدن الكوارتز الذي يعد نهاية المطاف في سلسلة باوين التفاعلية، وأن نسبة السليكون الى الأوكسجين في معادن هذه المجموعة (2:1). وقد سميت بالمعادن الشبكية بسبب الوحدات السليكاتية التي تتكرر في الأبعاد الثلاثة بهيئة شبكية. كذلك تضم مجموعة معادن الفلدسبارات البلاجيوكليزية

الكالسية والصودية المتمثلة بمعدن الأنورثيت والألبايت في سلسلة باوين التفاعلية المستمرة على التتابع، وكذلك الفلدسـبارات الأورثوكليزية البوتاسـية المتمثلة بمعدن الأورثوكليز الذي يعد محطة التقاء لسلسلتي التفاعل المستمرة وغير المستمرة في سلسلة باوين.



الشكل(11)التركيب البنائي الشبكي للمعادن التكتوسليكاتية.