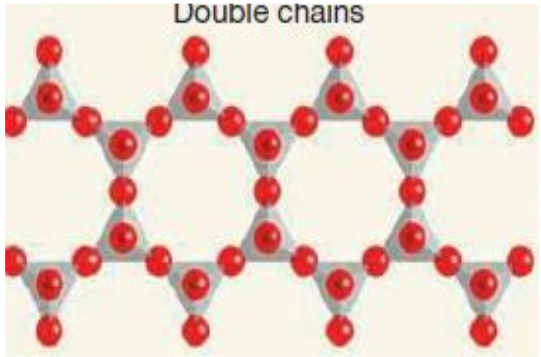
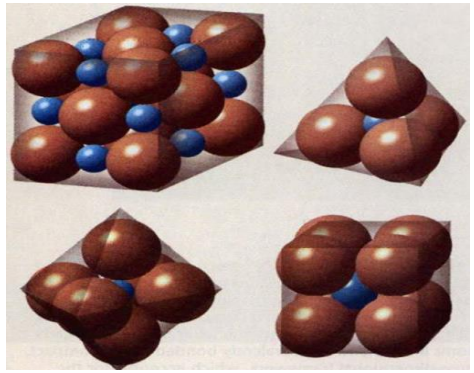
مقرر تكنولوجيا المواد

مدرس المقرر

د.م. مهند سليم مهنا





ما هي المنيرالات؟ متى عرف الانسان المنيرالات وكيف استخدمها؟

ما هي الغاية من دراسة المنيرالات؟

مم تتكون المنيرالات؟

ما البلورات وخواصها؟

ما أنواع الروابط الذرية ضمن البنية الداخلية المنيرالات؟

ما أهم العناصر والمنيرالات المشكلة للقشرة الأرضية؟

كيف تصنف المنيرالات وما هي المجموعات التي تقسم إليها؟

ما الخواص الفيزيائية للمنيرالات؟

ما هي المنيرالات؟ ومتى عرفها الانسان وكيف استخدمها؟

كل انسان يستخدم يوميا منتجا صنع من المنيرالات:

ملح الطعام الذي نستخدمه يوميا في طعامنا ما هو إلا منيرال الهاليت (Halite)،

معجون الأسنان يدخل في تركيبه منيرال الفلوريت (Fluorite)،

الجزء الداخلي لقلم الرصاص مكون من منيرال الغرافيت (Graphite) ومنيرالات غضارية.

منيرال الفلوريت

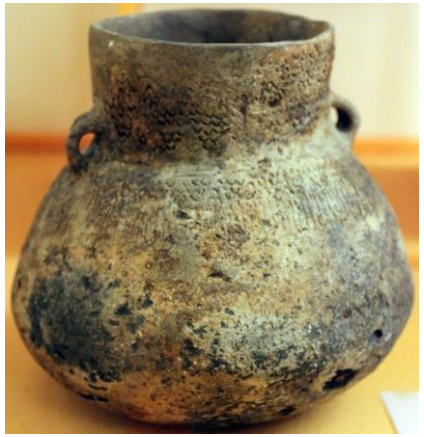
منيرال الغرافيت

منيرال الهاليت

أول استخدام الانسان للمنيرالات كانت باكتشافه لحجر الصوان في العصر الحجري (Stone Age)، واستخدمه لصناعة الادوات والأسلحة (3.2My- 3200 BC)،

كما عرف الانسان الأصبغة بحل منيرالات أكاسيد الحديد في الماء ورسم بها على جدران الكهوف، وعرف أيضاً صنع الأواني الفخارية بحرق المنيرالات الغضارية، كما عرف الأحجار الكريمة واستخدمها كحلي.

ومنذ 3700 سنة قبل الميلاد استخرج المصريون القدماء المنيرالات الطرية مثل الذهب والفضة والنحاس.



أدوات صوانية من العصر الحجري

اكتشف الانسان حوالي 2200 قبل الميلاد النحاس والقصدير وعرف كيف يمزجهما ليحصل على البرونز وسمي **العصر البرونزي (Bronze Age)**.

أهم المنيرالات ذات التأثير الكبير في تطور الجنس البشري هو منيرال **الهيماتيت** (Hematite) لأن الهيماتيت أحد المنيرالات التي تعتبر خام للحديد، فمنذ اكتشاف الحديد (1400 BC)، بدأ عصر جديد **العصر الحديدي (Iron Age)**، فأخذ الإنسان بتشكيل أدواته التي ساعدته في شتى مجالات الحياة ولا تزال حتى اليوم وخلطوا الحديد مع الكربون فحصلوا على الفولاذ، وصنعوا منه أدواتهم الحربية كالسيوف والمعدات الزراعية

تعريف المنيرال:

يعتبر المنيرال حسب الجيولوجيين المتخصصين في علم المنيرالوجيا بأنه المادة التي يجب أن تحقق المتطلبات أو الاشتراطات الخمسة التالية:

- ✓ مادة صلبة(Solid).
- ✓ غير عضوية (inorganic).
- ✓ تتواجد في الطبيعة (غير صنعية).
- ✓ لها تركيب كيميائي محدد (Chemical Formula).
- ✓ لها بنية داخلية بلورية ثابتة (مادة متبلورة) crystalline structure.

هل الزجاج أو الفحم الحجري أو البترول، الماء، الثلج ... من المنيرالات؟ ولماذا؟

تعتبر المنيرالات هي وحدة البناء الأساسية للصخور. رغم أن الجيولوجيون ينظرون نظرة أقل تشدداً للصخور من المنيرالات حيث يعتبرون أن الصخور تتكون من اتحاد مجموعة منيرالات مع مواد أخرى طبيعية حتى لو لم تحقق شروط المنيرالات، مثل المواد ذات الأصل العضوي، أو المواد غير المتبلورة.

فالفحم الحجري هو صخر وليس منيرال لأنه (ذو أصل عضوي) كذلك الزجاج البركاني/ الأوبسيديان (ليس له بنية بلورية محددة).

البترول والماء سوائل وبالتالي هي ليست منيرالات ،

الزئبق يعتبر استثناء فهو لا يحقق الشرط الأول (المادة الصلبة)، و ذلك لأنه يتواجد بشكل سائل في الطبيعة.

الزئبق حالة خاصة فعلى الرغم من كونه سائل يفتقد للبنية البلورية فإنه يعتبر من المنيرالات.

الفحم الحجري

الأوبسيديان

القشرة الأرضية تتكون من مجموعات مختلفة من الصخور، فالصخر هو المكون البنائي للقشرة الأرضية.

تتشكل الصخور المكونة للقشرة الأرضية إما من منيرال واحد صخور(أحادية المنيرال) وهي قليلة نسبيا مثل (الصخر الكلسي المكون من منيرال الكالسيت) أو من اتحاد عدة منيرالات (صخور متعددة المنيرالات) وهي حالة أغلب الصخور.

المنيرال هو المكون الأساسي للصخور. ولكن بالمقارنة بين الصخر و المنيرال نجد أن الصخر مكون من مجموعة منيرالات و ليس له تركيب كيميائي محدد في حين أن المنيرال له تركيب كيميائي محدد، كذلك يمكن أن يتضمن الصخر مواد أخرى طبيعية غير منيرالية.

الصخر	مقابل	المنيرال
صخر البيريدوتيت		منيرال الأوليفين

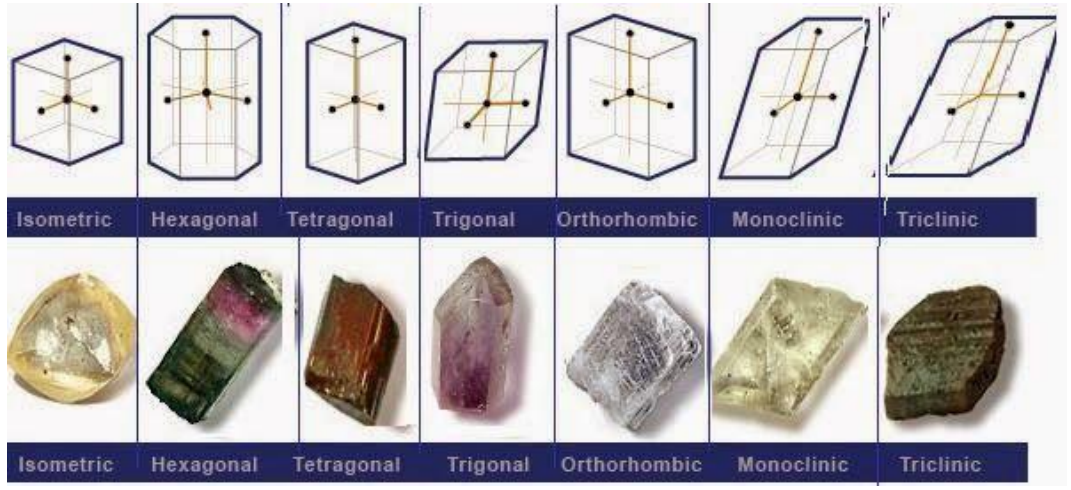
الغاية من دراسة المنيرالات

هناك اهتمام كبير بدراسة المنيرالات لأسباب اقتصادية تتعلق بتطبيقات المنيرالات في العديد من المجالات كالبناء، الصناعة، الزراعة ومصادر الطاقة

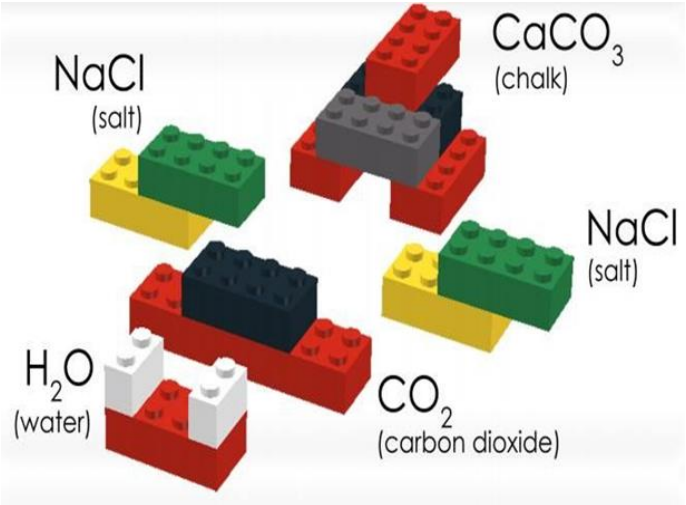
صخر الغرانيت مثلاً يتكون من ثلاث منيرالات أساسية هي:

- منيرال الأورتوكلاز (الفلدسبار البوتاسي) ذو اللون الزهري
- منيرال الهورنبلند (أمفيبول) ذو اللون الأسود الغامق
- منيرال الكوارتز ذو اللون الفاتح: الأبيض أو الرمادي
- اضافةً لهذه المنيرالات الأساسية هناك عدد من المنيرالات الثانوية

تتكون المنيرالات من بلورات. ما هي البلورة؟



تتكون المنيرالات من اتحاد مجموعة عناصر كيميائية وفق ترتيب هندسي محدد في الفراغ يعكس البنية الداخلية للمنيرال (الوحدات البنائية/ Unit-cells)
وهي أبسط عنصر هندسي في البلورة والتي تتكرر بالانتقال لتشكيل الشبكة البلورية،



يمكن تشبيه وحدات البناء الأساسية بأحجار لعبة (Lego) التركيبية التي تتكرر لتعطي شكل البلورة، ويمكن أن تأخذ وحدة البناء أشكال مختلفة مثل (مكعب، رباعي وجوه، ثماني وجوه)، ....

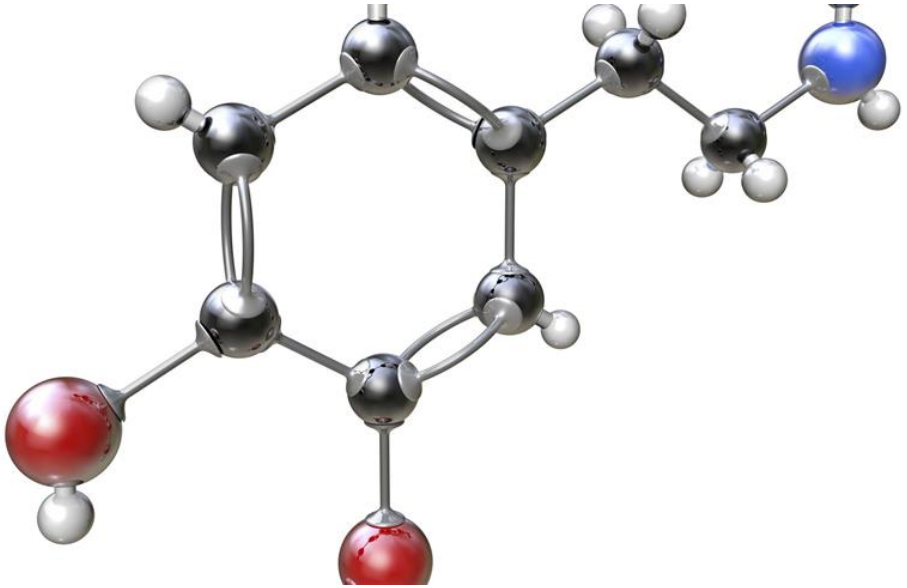
تتكون الشبكة البلورية من تكرار محدد لما يسمى الوحدات البنائية

عدد العناصر في الطبيعة هي 100 عنصر تقريباً (عناصر الجدول الدوري) وحوالي 20 عنصر تم صنعه في المخابر.

جميع هذه العناصر نشأت في مراحل لاحقة للانفجار العظيم (مايسمى النجوم الضخمة SuperNova) باستثناء الهيدروجين والهليوم التي نشأت قبل ذلك من الانفجار الكبير.

- معظم المنيرالات هي عبارة عن مركبات كيميائية لذرات عنصرين أو أكثر.

- لماذا تتحد ذرات العناصر؟ وما هي القوى التي تربط بين ذرات العناصر عند تفاعلها لتكوين مركب كيميائي؟



ما هي أنواع الروابط الذرية للبلورات و المنيرالات Atomic bonds؟

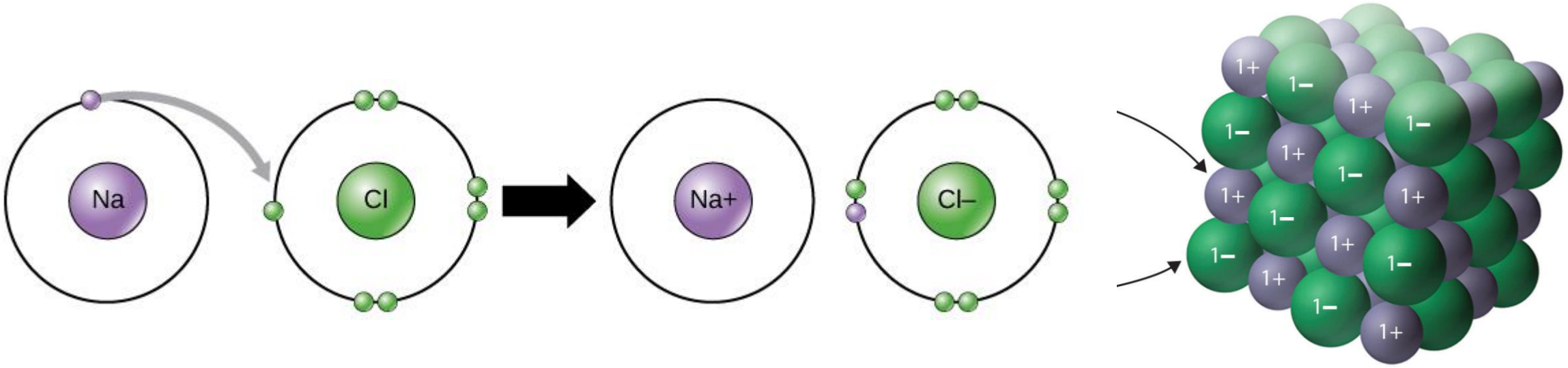
باستثناء مجموعة العناصر الخاملة (العمود اليميني من الجدول الدوري) تسعى ذرات العناصر للاتحاد مع بعضها بشروط محددة من الحرارة والضغط المتوفرة على الأرض. أثبتت التجارب أن هناك قوى كهربائية تجمع ذرات العناصر وتربط بينهما وأهم أنواع الروابط بين الذرات:

- الروابط الأيونية ionic bond
- الروابط التشاركية أو التساهمية covalent bonds
- الروابط المعدنية Metallic bonds
- روابط قوى فان دير فالس Van der Waals bonds
- الروابط الهيدروجينية H– bonds

الروابط الأيونية ionic bond

عندما تتخلى ذرة عن الكتروناتها على المدار الخارجي لذرة أخرى تتحول الذرة التي تخلت عن الالكترونات إلى أيون (ion) شاردة أي ذرة مشحونة كهربائياً.

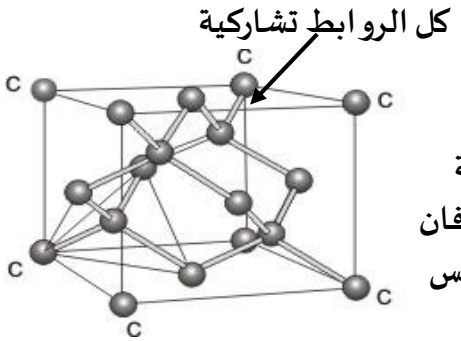
وتدعى عندها الذرة التي تخلت عن الالكترونات بالشاردة الموجبة كاتيون (Cation) أما الذرة التي ضمت الكترونات جديدة فتصبح شاردة سالبة أنيون (Anion) عندها يحصل تجاذب كهربائي بين الأيونين الموجب والسالب وتنشأ قوى ترابط بينهما ندعوها بالروابط الأيونية، كما هو الحال في منيرال الهاليت (NaCl)، حيث أن الروابط الرئيسية الأكثر تواجداً هي أيونية.

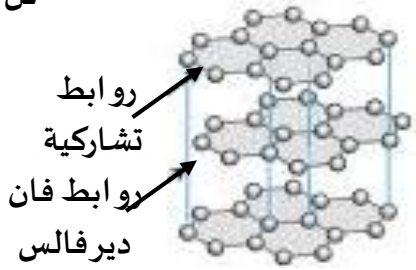


Solid sodium chloride, NaCl

الروابط التشاركية أو التساهمية covalent bonds

تحدث هذه الروابط بين الذرات عندما تقع الكترونات ذرة تحت تأثير الكترونات ونواة ذرات أخرى، حيث أن كل ذرة تسعى للوصول للوضع المثالي عن طريق إكمال المجال الخارجي لها بالإلكترونات المناسبة.



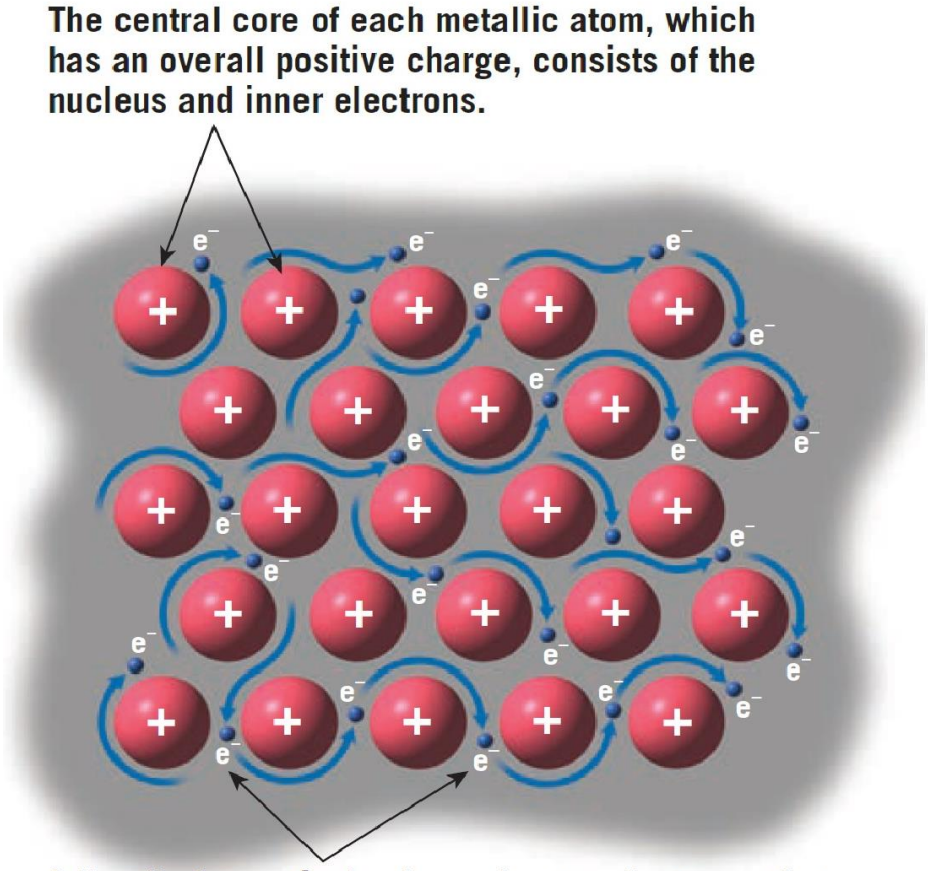


مثال على الرباط التشاركي: منيرال الألماس

يتكون الألماس من ذرات الكربون، حيث أن كل ذرة كربون تتشارك مع أربع ذرات كربون مجاورة بإلكتروناتها الأربعة على المجال الخارجي والنتيجة ترابط الذرات بقوى تشاركية قوية جداً في ثلاثة اتجاهات، حيث أن الألماس أقسى أنواع المنيرال المعروفة H=10

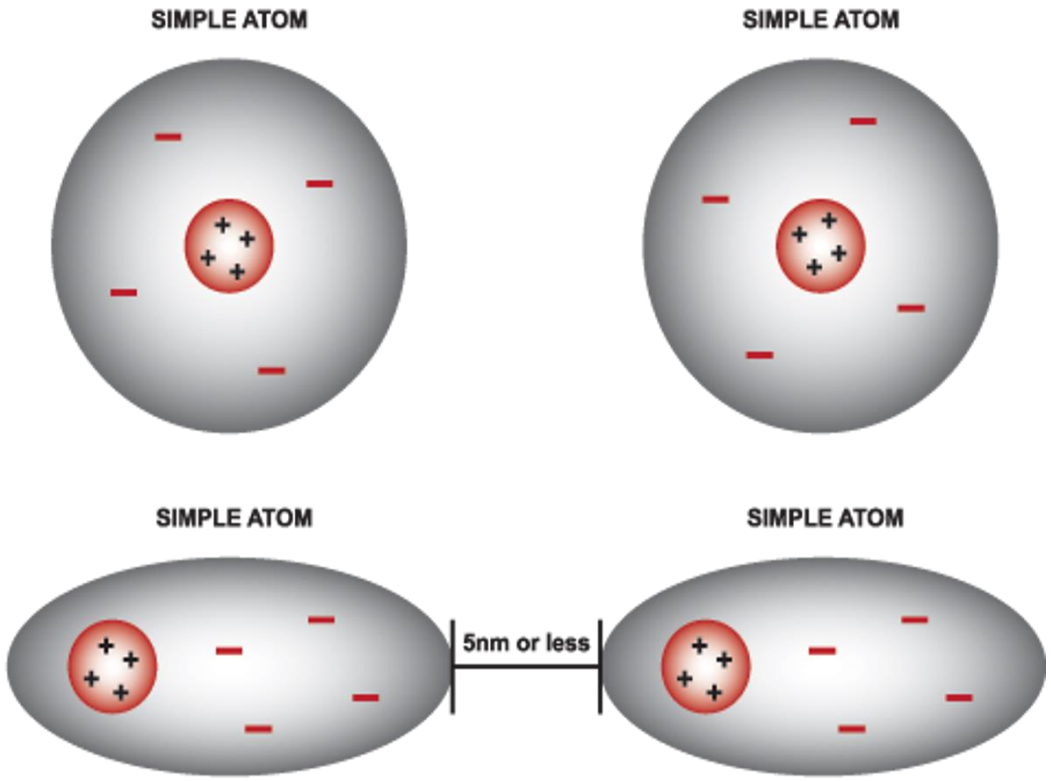
يتكون منيرال الغرافيت أيضا من ذرات الكربون فقط، لكنه من المنيرالات ذات القساوة المنخفضة لأن القوى الرابطة لذرات الكربون تكون تشاركية قوية فقط في مستوي واحد (ورقة) في حين أن الوريقات تترابط فيما بينها بقوى فان ديرفالس الضعيفة في الاتجاه العمودي على الوريقة، وهذا يفسر أيضا قابلية الانفصام التام باتجاه واحد(القاعدي) للغرافيت.

الروابط المعدنية Metallic bonds



هذا النوع من الروابط يتواجد في ذرات العناصر المعدنية، حيث أن ذرات المعادن لديها نزعة قوية للتخلي عن الكتروناتها في المجال الخارجي بسهولة وبالتالي تتشارك ذرات المعدن الكتروناتها الحرة مع كل الذرات الأخرى وليس فقط الذرات المتجاورة ولذلك تعتبر المعادن ذات ناقلية جيدة للكهرباء. ومثال على الرباط المعدني هو الرباط في منيرال النحاس والألمنيوم و البيريت الذي يتألف من ذرات حديد Fe وذرات الكبريت S التي تترابط برباط معدني.

روابط قوى فان ديرفالس Van der Waals bonds



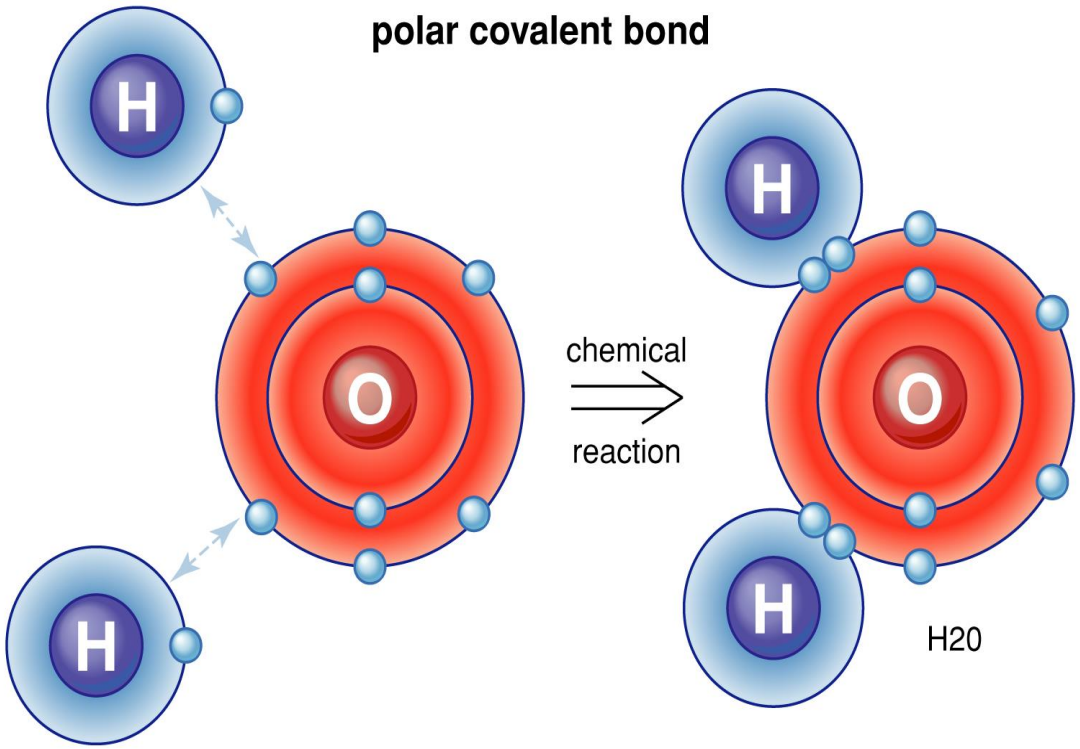
هي نوع ضعيف من الروابط في الذرات التي يحدث فيها استقطاب كهربائي نتيجة تركز جزء من الالكترونات في منطقة معينة من سطح الذرة نتيجة حركتها العشوائية حول النواة وتصبح سالبة الشحنة في هذه الحالة والمنطقة الأخرى من سطح الذرة التي فيها عدد أقل من الالكترونات تصبح موجبة الشحنة فيحدث بين الذرات المتجاورة قوى جذب كهربائي لحظي بين القطب الموجب والسالب.

تفسر روابط فان ديرفالس القساوة الضعيفة جداً لمنيرالات مثل الغرافيت والتالك، ...

الروابط الهيدروجينية H- bonds

الروابط الهيدروجينية من الروابط الضعيفة و مثال عليها الماء. بسبب بقاء الكترون ذرة الهيدروجين حول نواة الأوكسجين فترة زمنية أطول من تواجده حول نواة ذرة الهيدروجين تصبح ذرة الأوكسجين مشحونة بشحنة كهربائية سالبة ضعيفة أما ذرة الهيدروجين فتكون مشحونة بشحنة كهربائية موجبة ضعيفة.

و بالتالي تنجذب ذرة الأوكسجين (شحنة سالبة ضعيفة) من جزيئة ماء لذرة الهيدروجين في الجزيئة الأخرة (شحنة موجبة ضعيفة) و هذا الرابط ندعوه رابط هيدروجيني و هو من الروابط الضعيفة جداً.



© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

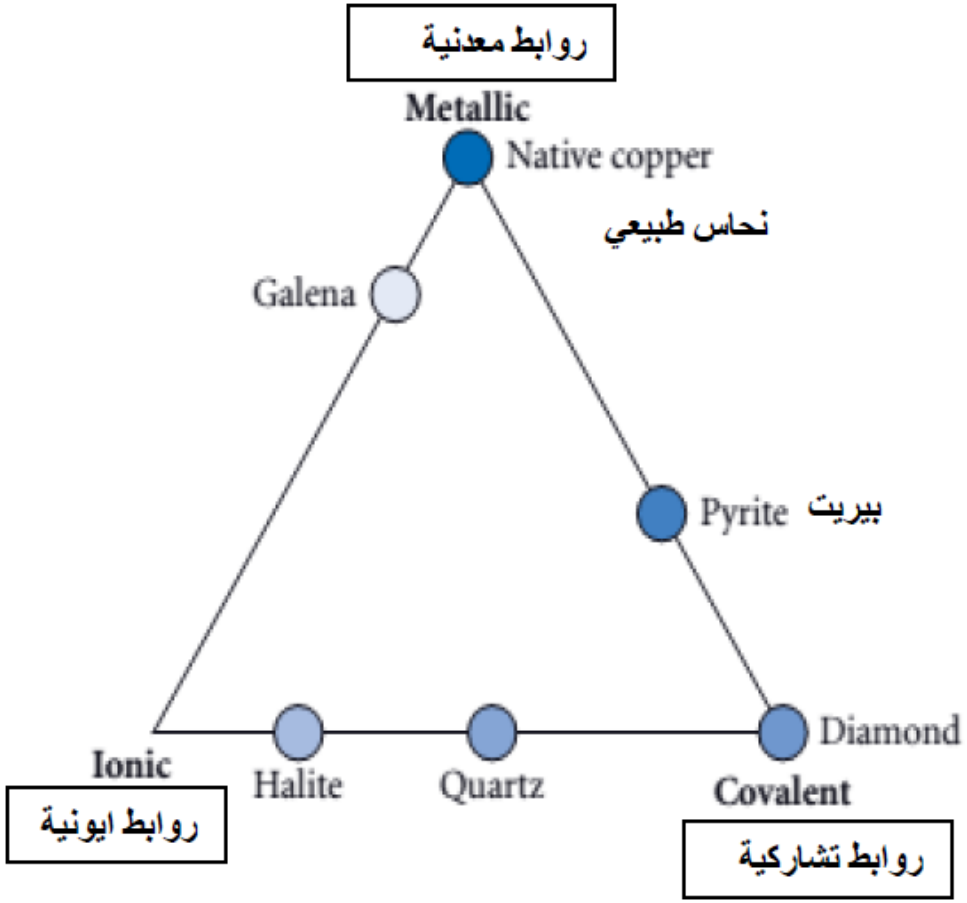
الروابط المختلطة Hybrid bonds

وهي تمثل اشتراك نوعين أو أكثر من الروابط المذكورة أعلاه (روابط ايونية – تشاركية – معدنية)، فمثلاً يمكن أن يتشارك نوعين من الروابط بين الذرات (ايونية-تشاركية) بنسب مختلفة، أو (معدنية-تشاركية) أو (معدنية –أيونية)

وأغلب الروابط ضمن المنيرالات والمواد على الأرض عموماً هي روابط مختلطة.

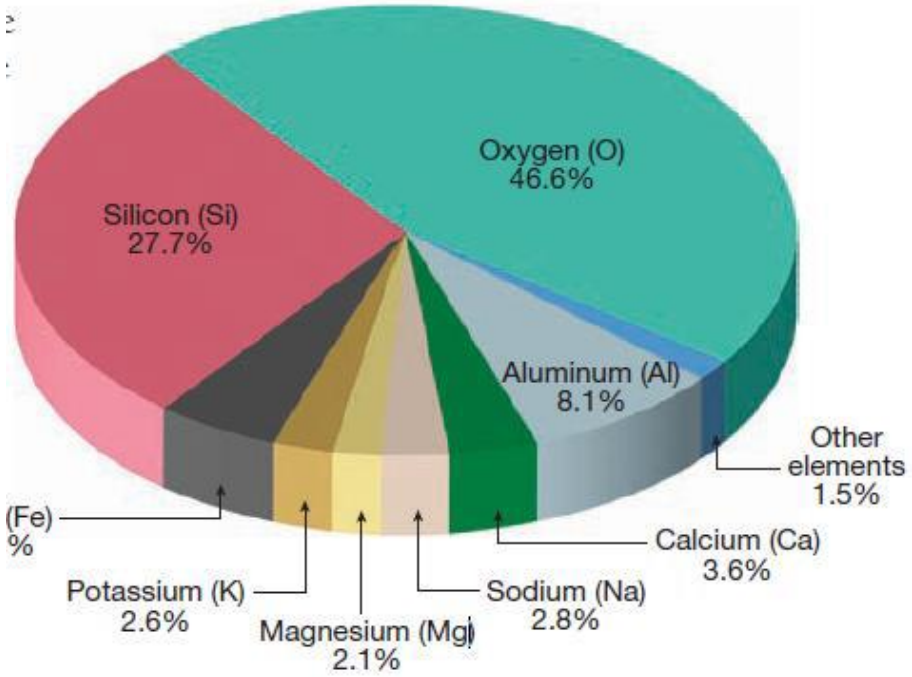
أمثلة:

- منيرال الألماس له روابط تشاركية 100 %
- منيرال النحاس، الذهب، الفضة،...روابط معدنية 100 %
- منيرال الهاليت روابطه تشاركية 25 % و أيونية 75%
- منيرال الكوارتز روابطه تشاركية 50 % و أيونية 50 %
- منيرال البيريت روابطه تشاركية 60 % ومعدنية 40 %



ما أهم العناصر المكونة للقشرة الارضية؟

ثمانية عناصر تشكل حوالي 98.6 % وزناً من صخور القشرة الأرضية . بينما بقية العناصر تشكل أقل من 2%، كما أن الأوكسجين هو أكثر العناصر تواجداً بنسبة 46.6 % وزناً، و يليه السيلسيوم بنسبة 27.72 % وزناً، وبالتالي فإن الأوكسجين و السيلسيوم يشكلان أكثر من 75 % وزناً من القشرة الأرضية، و بالتالي هما العنصران الأكثر أهمية في تكوين المنيرالات المشكلة لصخور القشرة الأرضية، بينما بقية العناصر الأخرى مثل (Al,Fe,Ca,Na,k,Mg) تشكل حوالي 25 وزناً.



Vo.%	% وزناً	Elements	العناصر
93.77	46.6	O	الأوكسجين
0.86	27.72	Si	السيليسيوم
0.47	8.13	Al	الألمنيوم
0.43	5	Fe	الحديد
0.29	2.09	Mg	المغنيزيوم
1.03	3.63	Ca	الكالسيوم
1.32	2.83	Na	الصوديوم
1.83	2.59	K	البوتاسيوم
%100	%98.59		المجموع

ما أهم المنيرالات المكونة لطبقات القشرة الأرضية؟

يوجد عدد كبير من المنيرالات المشكلة لصخور القشرة الأرضية، ويعرف منها (أكثر من 4000 منيرال)، غير أن هناك 25 منيرال أساسي واسع الانتشار في صخور القشرة الأرضية.

ومن هذه الـ 25 منيرال هناك 7 منيرالات أساسية وهي المنيرالات السيليكاتية التي تشكل حوالي 92 % حجماً من الصخور و 8 % للمنيرالات اللاسيليكاتية..

وهناك مجموعة من المنيرالات السيليكاتية تسمى الفلدسبار وتضم حوالي 51 % حجماً من الصخور تشمل مجموعتين جزئيتين:

- مجموعة الأورتوكلاز (الفلدسبار البوتاسي) وتشكل حوالي 12 %
- مجموعة البلاجيوكلاز (الفلدسبار الصودي والكلسي) وتشكل حوالي 39 %

	المجموعات المنيرالية	Vol. %		
المنيرالات السيليكاتية 92 %	البلاجيوكلاز	39	51%	الفلدسبار
	الأورتوكلاز	12		
	الكوارتز	12		
	البيروكسين	11		
	أمفيبول	5		
	الميكا	5		
	الغضار	5		
	المنيرالات السيليكاتية الأخرى	3		
المنيرالات اللاسليكاتية		8		
	المجموع	100		

4000 منيرال موجود في الطبيعة

منها 25 منيرال أساسي في تشكيل الصخور

25 منيرالاً واسع الانتشار في صخور القشرة الأرضية.

7 منيرالات أساسية وهي المنيرالات السيليكاتية تشكل حوالي 92 % حجماً من الصخور

تضم مجموعة من المنيرالات السيليكاتية تسمى الفلدسبار حوالي 51 % حجماً من الصخور

الأورتوكلاز	البلاجيوكلاز

كيف تصنف المنيرالات؟

هناك عدة معايير لتصنيف المنيرالات منها:

1- حسب الشكل البلوري والأنظمة البلورية.
2 - حسب التركيب الكيميائي للمنيرالات.

تصنيف المنيرالات حسب التركيب الكيميائي:

جميع المنيرالات المعروفة يمكن تصنيفها حسب التركيب الكيميائي و انتشارها إلى مجموعتين أساسيتين:

- المنيرالات السيليكاتية: وتضم حوالي 92 % من المنيرالات المكونة لصخور القشرة الأرضية

- المنيرالات اللاسيليكاتية وتضم حوالي 8 % من المنيرالات المكونة لصخور القشرة الأرضية

المنيرالات السيليكاتية:

منيرالات هذه الفصيلة عديدة جداً وتشكل حوالي أكثر من 90% من كتلة القشرة الأرضية. المنيرالات السيليكاتية معقدة التركيب الكيميائي ولا يمكن تصنيفها إلاَّ من بنيتها البلورية، ويمكن تقسيم المنيرالات السيليكاتية إلى مجموعتين أساسيتين:

مجموعة المنيرالات السيليكاتية الغنية بالحديد والمغنيزيوم (Fe,Mg)	مجموعة المنيرالات السيليكاتية غير الغنية بالحديد والمغنيزيوم (Fe,Mg)
- كثافتها أعلى	- كثافتها أقل
-ألوانها غامقة نسبياً	- ألوانها فاتحة إلى شفافة
- غنية بالحديد والمغنيزيوم	- غنية بالألومنيوم
منيرال الأوليفين	منيرال البلاجيوكلاز
منيرال الهورنبلند	منيرال الأورتوكلاز
منيرال البيروكسين	منيرال الميكا
منيرال الميكا (البيوتيت)	منيرال الكوارتز

يمكن تصنيف المنيرالات غير السيليكاتية حسب مجموعات مختلفة في تركيبها الكيميائي والبنية البلورية وهي:

-المنيرالات العنصرية الحرة : (الذهب، النحاس،الفضة، الكبريت...)

- المنيرالات الكبريتيدية (Sulphide): (الغالينا، البيريت، الكالكوبيريت...)

- الأكاسيد :الأكاسيد المائية: (الهيماتيت، الماغنيتيت، الكوروندوم...)

- الهالوجينات(الهاليدات): (الهاليت، الفلوريت...)

- المنيرالات الكربوناتية: (الكالسيت، الدولوميت...)

-الكبريتات (Sulphate): (الجبس، الانهدريت...)

-الفوسفات

المنيرالات اللاسيليكاتية:

Common Nonsilicate Mineral Groups

اسم المجموعة والجذر الكيميائي	Mineral Groups [key ion(s) or element(s)]	Mineral Name	Chemical Formula	Economic Use	الاستخدام
المنيرالات الكربوناتية	Carbonates (CO_3^{2-})	Calcite	$CaCO_3$	Portland cement, lime	صناعة الاسمنت
		Dolomite	$CaMg(CO_3)_2$	Portland cement, lime	صناعة الاسمنت
الهالوجينات(الهاليدات)	Halides (Cl^{1-}, F^{1-}, Br^{1-})	Halite	NaCl	Common salt	ملح طعام
		Fluorite	CaF_2	Used in steelmaking	صناعة معجون الأسنان والفولاذ
		Sylvite	KCl	Fertilizer	
الأكاسيد	Oxides (O^{2-})	Hematite	Fe_2O_3	Ore of iron, pigment	خام الحديد
		Magnetite	Fe_3O_4	Ore of iron	خام الحديد
		Corundum	Al_2O_3	Gemstone, abrasive	حجر كريم وأدوات الجلخ والقطع
		Ice	H_2O	Solid form of water	-
المنيرالات الكبريتية	Sulfides (S^{2-})	Galena	PbS	Ore of lead	خام الرصاص
		Sphalerite	ZnS	Ore of zinc	خام الزنك
		Pyrite	FeS_2	Sulfuric acid productio	صناعة حمض الكبريت
		Chalcopyrite	$CuFeS_2$	Ore of copper	خام النحاس
		Cinnabar	HgS	Ore of mercury	خام الزئبق
الكبريتات	Sulfates (SO_4^{2-})	Gypsum	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Plaster	ديكورات معمارية
		Anhydrite	$CaSO_4$	Plaster	ديكورات معمارية
		Barite	$BaSO_4$	Drilling mud	سائل الحفر
المنيرالات العنصرية الحرة	Native elements (single elements)	Gold	Au	Trade, jewelry	مجوهرات
		Copper	Cu	Electrical conductor	اسلاك الكهرباء
		Diamond	C	Gemstone, abrasive	حجر كريم وأدوات الجلخ والقطع
		Sulfur	S	Sulfa drugs, chemicals	صناعات كيميائية
		Graphite	C	Pencil lead, dry lubricant	أقلام الرصاص
		Silver	Ag	Jewelry, photography	مجوهرات والتصوير
		Platinum	Pt	Catalyst	

الخواص الفيزيائية للمنيرالات؟

هناك خواص للمنيرالات يمكن بواسطتها التعرف على المنيرال وتحديد نوعيته، إلا أن العديد من المنيرالات قد تشترك فيما بينها في بعض الخواص لذلك كان لا بد من تحديد أكبرعدد ممكن من الخواص الفيزيائية لتسهيل عملية التحديد الدقيق لنوع المنيرال والتعرف عليه مخبرياً وحقلياً وأهم هذه الخواص:

- **الخواص الضوئية**: اللون (Color)، البريق(Luster)، الشفافية، ...
- **الخواص التماسكية**: القساوة (Hardness)، المخدش (Streak)، المكسر Fracture، الانفصام والتشقق Cleavage، ..وترتبط بشكل مباشربنوع الروابط الذرية للمنيرال.
- **الخواص الحسية**: المذاق (Taste)، الملمس (Feel)
- **الكثافة والوزن النوعي** (Specific gravity)
- **الخواص الحرارية والكهربائية والمغناطيسية والاشعاعية**

مقياس موس (Mohs Scale) هو مقياس لصلادة المنيرالات مرتب من (1-10) وضعه عالم المعادن الألماني فريدرش موس عام 1812م. يستخدم للدلالة على قدرة المواد المختلفة على مقاومة الخدش، وذلك باستخدام مادة معلومة القساوة مسبقاً مثل الظفر (2.5)، عملة نحاسية (3.5) ، الزجاج (5.5) أو أداة معدنية (6.5).

يعتبر مقياس موس مقياساً ترتيبياً، أي أنه يعطي المنيرالات ترتيباً معيناً في قائمة المنيرالات ولا يعطي القيمة المطلقة للصلابة.

فمثال ذلك الألماس يلي الكورندم حسب مقياس موس مع أن صلابته تقارب أربع أضعاف صلابة الكورندم.

أي من المنيرالات التالية أعلى قساوة من الكوروندوم؟			
التالك	أباتيت	كوارتز	الألماس
أي المنيرالات التالية يخدش الزجاج؟			
الجبس	كالسيت	تالك	كوارتز
المنيرال المكون للجزء الداخلي من قلم الرصاص هو:			
الهاليت	الفحم الحجري	الميكا	الغر افيت
اكتشف الانسان معدن البرونز منذ أكثر من 4000 سنة وذلك بمزج معدنين هما ؟			
النحاس والزنك	القصديروالحديد	النحاس والقصدير	القصديروالكربون

يعتبر الفحم الحجري صخراً وليس منيرالاً لأنه:			
ذو أصل عضوي	غير متبلور	يتواجد بشكل سائل في الطبيعة	مادة صناعية
المنيرال المكون لملح الطعام:			
الهاليت	الفحم الحجري	الميكا	الغر افيت
من المنيرالات الكربوناتية الداخلة في صناعة الاسمنت			
الكالسيت والدولوميت	الاوليفين والتالك	فلوريت وغر افيت	الميكا والنحاس
أي مما يلي لا يعتبر منيرالاً:			
الجبس	الاورتوكلاز	الماء	الكوارتز