الباب الثاني

المعادن

يعيش الإنسان على سطح الأرض فوق القشرة الأرضية يأكل من زراعة تربتها ويسكن في منازل يبنيها من مواد يستخرجها من صخورها ومعادنها، ولذلك فإن حياة الإنسان ترتبط بصورة وثيقة بما هو موجود على سطح الأرض أو بالقرب منه، **ولذلك ينبغي على الإنسان التعرف على مكونات القشرة الأرضية، لكي**:

١. ليتعلم كيف يستفيد من خيراتها على أفضل وجه.
٢. يتقي شرورها من الزلازل والبراكين والسيول التي تؤثر على سطحها.

- ولا يتم ذلك الا بدراسة مواد القشرة الأرضية من الصخور والمعادن المكونة لها، والتي يعيش فى تلامس مباشر معها بل وتصعب الحياة بدونها سواء في السلم أو الحرب.

عرف الانسان المعادن والصخور منذ قديم الأزل، حيث:

١. استخدم انسان العصر الحجري صخر الصوان فى عمل سكاكين وحراب، كانت أسلحته لصيد الحيوان والدفاع عن نفسه.
٢. استعمل الأصباغ المعدنية الحمراء والصفراء، ممثلة فى (الهيماتيت والليمونيت) للرسم على جدران الكهوف التي كان يعيش فيها.
٣. ازدهرت صناعة الفخار من معادن الطين بعد أن عرف الإنسان النار.
٤. كان الإنسان المصري القديم أول من استخدم الأحجار ذات الألوان الزاهية من (فيروز وجمشت ومالاكيت وزمرد) كأحجار للزينة.

- تستخدم المعادن الآن فى الكثير من الصناعات واستخدامات الحياة المتعددة، مثل:

١) الكالسيت في صناعة الأسمنت.
٢) الكوارتز (الرمل) في المصنوعات الزجاجية.
٣) أكاسيد الحديد (الماجنتيت والهيماتيت) في صناعة الحديد والصلب اللازمة فى البناء وصناعة السيارات وسكك الحديد.
٤) الفلسبار في صناعة الخزف (الأطباق الصيني).
٥) الفلزات (النحاس والذهب) شكلها الإنسان لتناسب استخدامات الحياة المتعددة.

علاقة تركيب صخور القشرة الأرضية بالمعادن:

- تتركب القشرة الأرضية من ثلاثة أنواع من الصخور هي (النارية والرسوبية والمتحولة).
- تشترك الصخور فى أنها تتكون من مجموعة معادن، وأحيانا نجد أن الصخر يتكون من معدن واحد، كالتالي:

صخور متعددة المعادن (أغلب الصخور)	صخور وحيدة المعدن (أحيان قليلة)
- تتكون من حبيبات من المعادن متماسكة مع احتفاظ كل منها بخصائصه. - مثل الجرانيت الذي يتكون من (الكوارتز والفلسبار والميكا).	- تتكون من معدن واحد فقط. - مثل صخور الحجر الجيري التي تتكون من (معدن الكالسيت).

- تشترك المعادن المكونة للصخر عادة فى بعض الصفات أو الخواص، فنجد أن:

١) الصخور النارية: تكونت من تبلور صهير(ماجما) يتكون من مجموعة من المعادن تبلورت مع انخفاض صغير نسبيا من درجات الحرارة والضغط.
٢) الصخور الرسوبية: هي التي نقلت وترسبت ولذلك فإنها تشترك فى خواص متقاربة بالنسبة لحجم الحبيبات ووزنها النوعي – مثل رواسب السهل الفيضي لنهر النيل من الغرين والصلصال المتواجدان فى التربة الزراعية فى مصر.

المعادن:

- المعدن: هو الوحدة الأساسية التي يتكون منها الصخر.
- المعدن بالنسبة للجيولوجي: هو مادة صلبة غير عضوية تتكون في الطبيعة ولها تركيب كيميائي محدد (يمكن التعبير عنه) ولها شكل بلوري مميز.

ملحوظة

لا يعتبر الفحم والبترول من المعادن، لأن الفحم من أصل عضوي وليس له شكل بللوري مميز، وكذلك البترول من أصل عضوي وليس له شكل بللوري مميز وأيضا يعتبر مادة سائلة وليس له تركيب كيميائي محدد.

- **تكون المعادن:**

المعادن كغيرها من المواد الطبيعية تتكون من العناصر المعروفة لنا حيث تتكون من:

١) بعض المعدن عنصرية: تتكون من عنصر واحد فقط.

مثل: الذهب والكبريت والنحاس، وكذلك الجرافيت والماس اللذان يتكونان من عنصر الكربون.

٢) غالبية المعادن مركبة: تتكون من اتحاد عنصرين أو أكثر كيميائيا، حيث ترتبط لتكون مركبا ثابتا حسب القوانين الكيميائية الخاصة بالروابط.

مثل: الكوارتز (المرو) الذي يتكون من ثاني أكسيد السليكون SiO_2 - والكالسيت الذي يتكون من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$.

ملحوظة

مع أن الإنسان تعرف على أكثر من مائة عنصر فى الطبيعة إلا أن عددا قليلا منها يكون غالبية صخور الأرض، وبالتحديد فإن ثمانية عناصر تكون حوالي ٩٨,٥ % بالوزن من صخور القشرة الأرضية، وهذه العناصر هي:

العناصر الشائعة في القشرة الأرضية									
العنصر	الأكسجين	السيليكون	الألومنيوم	الحديد	الكالسيوم	الصوديوم	البوتاسيوم	الماغنسيوم	الباقي
نسبة وزنه	٤٦,٦%	٢٧,٧%	٨,١%	٥%	٣,٦%	٢,٨%	٢,٦%	٢,١%	١,٥%

ومن هنا يتضح أن باقي العناصر المعروفة مثل (النحاس والذهب والكربون والرصاص والبلاتين) لا تتعدي مساهمتها فى تكوين صخور الأرض أكثر من ١,٥%.

- **عدد المعادن في الطبيعة:**

١. المعادن المعروفة: تمكن العلماء من تعريف أكثر من ألفي معدن (٢٠٠٠)، وان كان أغلبها يوجد بكميات قليلة فى الطبيعة.
٢. المعادن الشائعة (ذات القيمة الإقتصادية): لا تتجاوز المائتي معدن (٢٠٠).
٣. المعادن المكونة لصخور القشرة الأرضية: تعد بالعشرات، وتنقسم إلى عدة مجموعات معدنية، وهي بالترتيب:

أ) مجموعة السيليكات (الأكثر شيوعا).
ب) مجموعة الكربونات.
ج) المعادن الاقتصادية من أكاسيد وكبريتيدات وكبريتات.
د) معادن عنصرية منفردة وغيرها.

المجموعات الكيميائية المكونة للمعادن		
الترتيب	المجموعات المعدنية	أمثلة المعادن
الأكثر شيوعا ↓ الأقل شيوعا	السيليكات SiO_3^{-2}	الكوارتز - الفلسبار (الأرثوكليز - البلاجيوكليز) - الميكا [المسكوفيت (الميكا البيضاء) - البيوتيت (الميكا السوداء)] - الأمفيبول - البيروكسين - الأوليفين - الصوان.
	الكربونات CO_3^{-2}	الكالسيت - الدولوميت - المالاكيت.
	الأكاسيد O^{-2}	الهيماتيت - الليمونيت - الماجنيتيت.
	الكبريتيدات S^{-2}	البيريت - الجالينا - السفاليريت.
	الكبريتات SO_4^{-2}	الجبس - الأنهيدريت - الباريت.
	معادن عنصرية	الذهب - الكبريت - النحاس - الجرافيت - الماس.

- **التركيب الكيميائي للمعادن:**

من الأركان الأساسية فى تعريف المعدن ان له تركيب كيميائي محدد وبناء ذري ثابت، وبالتالي:

القليل من المعادن	الغالبية العظمى من المعادن
- ذات تركيب كيميائي ثابت ومحدد. - مثل: الكوارتز (المرو) الذي يتكون من ثاني أكسيد السيليكون.	- تركيبها يتغير بإحلال عنصر محل آخر، لكن فى نطاق ضيق بحيث لا يغير من الترتيب الذري للهيكل البنائي للمعدن.

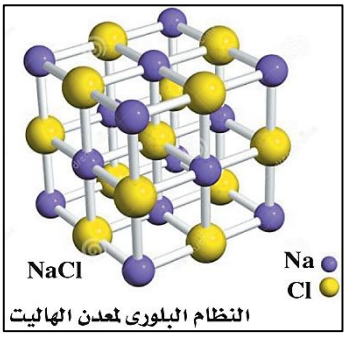
ملحوظة

الشق الأساسي فى تعريف المعدن هو كونه مادة متبلرة يتحكم النظام البلوري لها فى شكل المعدن وخصائصه الطبيعية من لون وصلابة وانفصام ومكسر، بل وفي خصائصه الكيميائية أيضا.

التركيب البلورى للمعادن:

- **تكوين الهيكل البنائي للمعدن:**

يتكون المعدن من ترتيب ذرات العناصر داخل المعدن الواحد ترتيبا منتظما متناسقا مكونة ما يعرف بالشكل البلوري.



النظام البلورى لمعدن الهاليت

- **البلورة** هي جسم هندسي مصمت لها أسطح خارجية مستوية تعرف بالأوجه البلورية.
- **الأوجه البلورية** هي الأسطح المستوية الخارجية للبلورة.

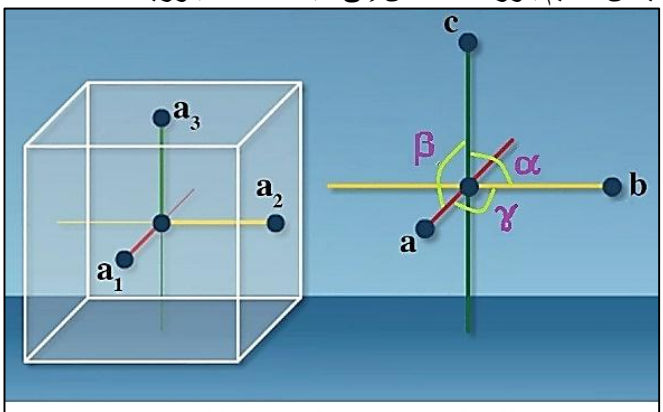
- **تكوين الهيكل البنائي لمعدن الهاليت (مثال):**

النظام البلوري لمعدن الهاليت (كلوريد الصوديوم) والمعروف بالملح الصخري الذي يتكون من إتحاد أيونات الصوديوم الموجبة مع أيونات الكلور السالبة في نظام تكراري ينتج عنه نظام بلوري مميز لمعدن الهاليت يكون على شكل مكعب.

- **العناصر الأساسية لدراسة بلورات المعادن:**

١. **<u>المحاور البللورية</u>:** ويرمز لها (a, b, c) في حالة اختلاف اطوالها أو (a_1, a_2, a_3) عند تساوي اطوالها، ومن أمثلتها محور التماثل الرأسي.
   - **محور التماثل الرأسي** هو الخط الذي يمر بمركز البلورة وتدور حوله فيتكرر ظهور اوجه او حروف أو زوايا البلورة مرتين او اكثر.
٢. **<u>الزوايا بين المحاور</u>:** ويرمز لها (α, β, γ) ويتوقف درجة التماثل البلوري على أطوال المحاور والزوايا بينهم.
٣. **<u>مستوى التماثل البلوري</u>:** وهو المستوى الذي يقسم البلورة إلى نصفين متشابهين تماما.

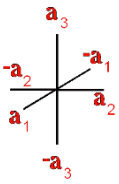
وفي ضوء ذلك يمكن تقسيم بلورات المعادن إلى سبعة فصائل بلورية.



المحاور البلورية لفصيلة المكعب

- **الفصائل (الأنظمة) البلورية:**

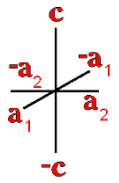
يمكن تقسيم بلورات المعادن إلى عدة فصائل (أنظمة) بلورية مختلفة، ويعتمد التقسيم على أطوال المحاور البلورية والزوايا بين هذه المحاور، كما يلي:



١) **<u>النظام المكعبي (Cubic)</u>:** تشتمل البلورة على ثلاثة محاور بلورية متعامدة الزوايا، ومتساوية في الطول، ويتميز هذا النظام بأكبر قدر من التماثل البلوري.

مثال: معدن الجالينا.

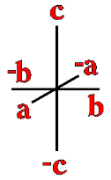
$(\alpha = \beta = \gamma) \text{ ، } (a_1 = a_2 = a_3)$



٢) **<u>النظام الرباعي (Tetragonal)</u>:** تشتمل البلورة على ثلاثة محاور بلورية متعامدة الزوايا، محوران متساويان والثالث يختلف عنهما في الطول.

مثال: معدن الزيركون.

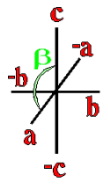
$(\alpha = \beta = \gamma) \text{ ، } (a_1 = a_2 \neq c)$



٣) **<u>النظام المعيني القائم (Orthorhombic)</u>:** تشتمل البلورة على ثلاثة محاور بلورية متعامدة الزوايا، ومختلفة في الطول.

مثال: معدن الباريت.

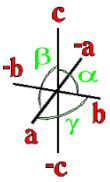
$(\alpha = \beta = \gamma) \text{ ، } (a \neq b \neq c)$



٤) **<u>النظام احادي الميل (Monoclinic)</u>:** تشتمل البلورة على ثلاثة محاور بلورية مختلفة في الطول، محوران منهما متعامدان والثالث مائل عليهما، ومعظم المعادن تنتمي إلى هذه الفصيلة.

مثال: معدن الجبس.

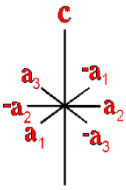
$(\alpha = \gamma \neq \beta) \text{ ، } (a \neq b \neq c)$



٥) **<u>النظام ثلاثي الميل (Triclinic)</u>:** تشتمل البلورة على ثلاثة محاور بلورية مختلفة في الطول، وغير متعامدة.

مثال: معدن الأكسينيت.

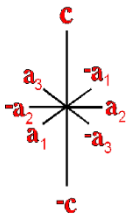
$(\alpha \neq \gamma \neq \beta) \text{ ، } (a \neq b \neq c)$



٦) **<u>النظام السداسي (Hexagonal)</u>:** تشتمل البلورة على ثلاثة محاور بلورية أفقية متساوية في الطول، وتتقاطع مع بعضها في زوايا متساوية، ويتعامد عليهم محور رأسي سداسي التماثل يختلف عنهم في الطول، كما تحتوي على مستوى تماثل أفقي.

مثال: معدن البيريل.

$(a_1 = a_2 = a_3 \neq c)$



٧) **<u>النظام الثلاثي (Trigonal)</u>:** تشتمل البلورة على ثلاثة محاور بلورية أفقية متساوية في الطول، وتتقاطع مع بعضها في زوايا متساوية، ويتعامد على مستواهم الأفقي محور بلوري رأسي ثلاثي التماثل يختلف عنهم في الطول، ولا يوجد مستوى تماثل أفقي.

مثال: معدن الكالسيت.

$(a_1 = a_2 = a_3 \neq c)$

ملحوظة

كل الأنظمة لديها ثلاث محاور ما عدا النظام البلوري السداسي والثلاثي فلهما أربعة محاور بلورية.

الخواص الفيزيائية للمعادن

يتعرف الجيولوجي على اماكن تواجد المعادن في الحقل عن طريق التالي:

- استخدام الخواص الظاهرة والتي تسهل ملاحظتها في العينة اليدوية ليتوصل إلى تعريف المعدن مبدئيا.
- تأكيد التعرف على المعدن بالطرق المعملية وذلك باستخدام أجهزة وتحاليل معقدة.

معدن البيريت (بريق فلزي)

أولا: الخواص البصرية (Optical Properties):

هى خواص تعتمد على تفاعل المعدن مع الضوء الساقط عليه والمنعكس منه، وأهمها:

١. **البريق Luster**

هو قدرة المعدن على عكس الضوء الساقط عليه.

أ) **بريق فلزي:** بعض المعادن له بريق فلزي، أي أن لها مظهر الفلزات التي تعكس الضوء بدرجة كبيرة بحيث يكون المعدن ساطعا أو لامعا، مثل (البيريت – الجالينا – الذهب).

معدن الكوارتز (بريق زجاجي)

ب) **بريق لا فلزي:** المعادن التي لها بريق لا يشبه بريق الفلزات، بريقها يعتبر لا فلزي ويوصف بما يشابهه، ومن الأمثلة المألوفة لنا:

١) بريق زجاجي مثل الكوارتز والكالسيت.
٢) بريق لؤلؤي مثل الفلسبار.
٣) بريق ماسي مثل الماس.
٤) بريق ترابي أو أرضي، أقلها بريقا هو ما كان سطحه مطفيا أو غير براق مثل (الكاولينيت).

٢. **اللون Color**

يعتمد لون المعدن على طول الموجات الضوئية التي تنعكس منه وتعطي الإحساس باللون.

تقسم المعادن حسب درجة ثبات اللون إلى:

أ) **معادن ذات لون ثابت:** وهو يمثل اللون الحقيقي أو الأصلي للمعدن.

مثل: معدن الكبريت ذو اللون الأصفر – معدن المالاكيت (كربونات النحاس المائية) ذو اللون الأخضر.

ب) **معادن ذات ألوان متغيرة:** حيث تتغير ألوان غالبية المعادن نتيجة:

- اختلاف تركيبها الكيميائي (في الحدود المسموح بها والتي لا تغير من الترتيب الذري المميز للمعدن).
- احتوائه على نسبة من الشوائب.

لذا فإن لون المعدن هو أكثر صفاته وضوحا إلا أنه صفة قليلة الأهمية نسبيا في التعرف على المعادن، ومن أمثلة ذلك:

معدن الكوارتز (المرو) SiO_2	معدن السفاليريت (كبريتيد الزنك) ZnS
١. اللون الوردي لوجود شوائب من المنجنيز. ٢. اللون البنفسجي (الأميثست) لوجود شوائب من أكاسيد الحديد. ٣. اللون الأبيض (لون الحليب) لوجود شوائب من فقاعات غازية كثيرة. ٤. لون الدخان الرمادي نتيجة كسر بعض الروابط بين ذرات عناصره لتعرضه لطاقة إشعاعية عالية. ٥. اللون الشفاف (لا لون له) ويعرف بالبلور الصخري.	١. لونه أصفر شفاف ويتحول إلى اللون البني بإحلال بعض ذرات الحديد بنسبة قليلة محل بعض ذرات الزنك.

٣. **عرض الألوان Play of Colors**

يتغير لون المعدن مع تحريكه امام عين الانسان في الاتجاهات المختلفة، وهي الخاصية التي توجد في الأحجار الكريمة التي تستغل للزينة، مثل:

أ) **معدن الماس:** يفرق شعاع الضوء الساقط عليه نتيجة انكساره إلى اللونين الأحمر والبنفسجي، بحيث يعطي بريقا عاليا فى كل الاتجاهات.

ب) **معدن الأوبال:** يتميز بخاصية اللألأة (عين الهر)، حيث يتموج بريق المعدن ذو النسيج الألياف باختلاف إتجاه النظر إليه.

بعض الأحجار الكريمة

٤. **المخدش Streak**

هو لون مسحوق المعدن الذي نحصل عليه بحك المعدن فوق قطعة من خزف غير مصقول.

يتميز لون المخدش بأنه ثابت فى المعادن التي يتغير لونها بتغير نوع أو كمية الشوائب بها، وبذلك فهو أحد الخواص التي يمكن الاعتماد عليها في التعرف على المعادن، مثل:

- **معدن الهيماتيت** ذو اللون الرمادي الغامق والأحمر، له مخدش أحمر.
- **معدن البيريت** ذو اللون الذهبي، له مخدش أسود.
- **معدن الكوارتز** ذو الألوان المتعددة، له مخدش أبيض.

٥. **الشفافية Transparency**

قدرة المعدن على إنفاذ الضوء خلاله (درجة شفافية المعدن).

أ) **المعدن الشفاف:** يمكن الرؤية من خلاله بوضوح.

ب) **المعدن شبه الشفاف:** يمكن من خلاله رؤية الصورة غير واضحة.

ج) **المعادن المعتمة:** لا ينفذ الضوء من خلالها.

ثانيا: الخواص التماسكية (Cohesive Properties):

١. **الصلادة Hardness**

هي درجة مقاومة المعدن للخدش أو البري.

- **تعيين الصلادة نسبيا:**

يمكن تحديد الصلادة نسبيا حيث يخدش المعدن الأكثر صلادة المعدن الأقل صلادة عند احتكاكه به.

- **تعيين الصلادة عدديا:**

يمكن تعيين الصلادة باستخدام القيم العددية التي حددها العالم موهس فى مقياسه للصلادة (Mohs Scale) والذي تتراوح درجاته بين "واحد" لأقل المعادن صلادة وحتى "عشرة" لأشد المعادن صلادة، وهو كالتالي:

المعدن	تلك	جبس	كالسيت	فلوريت	أباتيت	أرثوكليز	كوارتز	توباز	كورانـدوم	ماس
الصلادة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠

- **تعيين الصلادة في الحقل أو المعمل:**

أ) إستخدام أقلام الصلادة المصنوعة من سبائك ذات درجات الصلادة المحددة.

ب) إستخدام أشياء شائعة الاستعمال في حياتنا اليومية معروفة الصلادة (في حالة عدم تواجد الأقلام)، مثل:

◊ **ظفر الإنسان** صلادته ٢,٥ (أي أنه يخدش التلك والجبس، لكنه لا يخدش الكالسيت).

◊ **عملة نحاسية** صلادتها ٣,٥

◊ **قطعة زجاج نافذة** صلادتها ٥,٥

◊ **لوح المخدش الخزفي** صلادته ٦,٥ تقريبا.

أغلبية المعادن الشائعة صلادتها أقل من ٦,٥ مما يسهل التعرف عليها.

ملحوظة

تستخدم خاصية الصلادة في التمييز بين الأحجار الكريمة الطبيعية غالية الثمن وبين أحجار الزينة المقلدة صناعيا من مواد زجاجية أو أكسيد الألومنيوم، كالتالي:

١- من أهم مميزات المعادن الكريمة والثمينة بالإضافة إلى ألوانها الجذابة أنها لا تنخدش بسهولة.

٢- أغلب المعادن الكريمة تزيد صلادتها عن ٧,٥

٣- أحجار الزينة المقلدة تتميز بألوان جذابة لكن صلادتها تقل غالبا عن ٦

٢. الانفصام Cleavage

هو قابلية المعدن للتشقق على طول امتداد مستويات ضعيفة الترابط نسبيا، تنتج عنها سطوح ملساء عند كسر المعدن أو الضغط عليه.

معدن الميكا (انفصام صفائحي)

أ) **معادن ذات انفصام في اتجاه واحد:** ينكسر المعدن أو يتشقق مكونا رقائق أو صفائح رفيعة.

* معدن الميكا يتميز بانفصام جيد فى اتجاه واحد يعرف بالانفصام الصفائحي.
* معدن الجرافيت يتميز بانفصام قاعدي جيد، حيث يكون الانفصام في اتجاه مواز لقاعدة البلورة.

معدن الجالينا (انفصام مكعبي)

ب) **معادن ذات انفصام في أكثر من اتجاه:** بعض المعادن لها أكثر من مستوى انفصام ويمكن وصفها بعدد المستويات والزوايا بينها.

* معدن الهاليت والجالينا ينتج عنهما انفصام مكعبي.
* معدن الكالسيت له انفصام معيني الأوجه.

ج) **معادن عديمة الانفصام:** لا تظهر فيها خاصية الانفصام.

* معدن الكوارتز.

٣. المكسر Fracture

هو شكل السطح الناتج من كسر المعدن في مستوى غير مستوى الانفصام، والشكل الناتج من الكسر لا يتبع أي مستويات، ويوصف بالمقارنة بأشكال معروفة، مثل:

مكسر محارى

- **المكسر المحاري** الذي يميز معدن الكوارتز والصوان.
- **المكسر الخشن** غير منتظم السطح.
- **المكسر المسنن** الذي يميز غالبية المعادن في الطبيعة.

٤. القابلية للسحب والطرق Malleability and Ductility

خاصية تعبر عن مدى سهولة أو إمكانية تشكيل المعدن بالطرق والسحب إلى رقائق او أسلاك مثل (الذهب والفضة والنحاس).

تعتبر المعادن قابلة للكسر إذا تفتت عند الطرق عليها.

ثالثا: خواص أخرى (Other Properties):

١. **الوزن النوعي Specific Gravity**

هو النسبة بين كتلة المعدن إلى كتلة نفس الحجم من الماء، حيث تتراوح المعادن كالتالي:

- معادن خفيفة.
- معادن متوسطة الثقل.
- معادن ثقيلة، مثل الجالينا وزنه النوعي ٧,٥ – والذهب وزنه النوعي ١٩,٣

٢. **الخواص المغناطيسية Magnetic Properties**

هي خاصية انجذاب أو عدم انجذاب المعادن للمغناطيس، مثل الماجنيتيت والهيماتيت.

٣. **الخواص الحرارية Thermal Properties**

قابلية المعدن للانصهار، ودرجة انصهاره إما مرتفعة أو منخفضة.

٤. **خواص أخرى مساعدة Other Helping Properties**

يوجد خواص أخرى مساعدة، مثل:

- مذاق المعدن، فقد يكون المذاق ملحي مثل الهاليت – أو مذاق مر أو غير ذلك.
- ملمس المعدن ورائحته.