المعادنُ وأنظمتُها البلّورية
Minerals and Crystalline Systems

مفهومُ المعدِنِ Mineral Concept

تتكوَّنُ معظمُ الموادِّ التي منْ حولِنا منْ عناصرَ بما في ذلكَ الصخورُ والمعادنُ المكوِّنةُ للقشرةِ الأرضيةِ، وتتميزُ المعادنُ عنْ غيرِها منَ الموادِّ بمجموعةٍ منَ الخصائصِ لا بدَّ منْ توافرِها في المادةِ التي نُسمّيها معدنًا.

ويُعرَّفُ المعدِنُ Mineral بأنَّهُ مادةٌ صُلبةٌ نقيةٌ تكوَّنتْ طبيعيًّا منْ أصلٍ غيرِ عضويٍّ، ولهُ تركيبٌ كيميائيٌّ محددٌ (متجانسُ التركيبِ)، وبناءٌ ذريٌّ داخليٌّ منتظَمٌ. أنظرُ الشكلَ (1). والمعادنُ إمّا عناصرُ منفردةٌ تُسمّى المعادنَ الحرةَ أوِ المعادنَ أحاديةَ العنصرِ، مثلَ: الذهبِ والنحاسِ والكبريتِ والماسِ والغرافيتِ، وإمّا مُركَّباتٌ مثلَ: معدِنِ الكوارتزِ الذي يتكوَّنُ منَ اتحادِ عنصرَيِ السيليكونِ والأكسجينِ، ومعدِنِ الغالينا الذي يتكوَّنُ منَ اتحادِ عنصرَيِ الرصاصِ والكبريتِ.

ومنَ الموادِّ الأرضيةِ التي لا تُعدُّ منَ المعادنِ الماءُ؛ لأنَّهُ سائلٌ، والفحمُ الحجريُّ؛ لأنَّهُ تكوَّنَ أصلًا منْ موادَّ عضويةٍ، والزجاجُ البركانيُّ؛ لأنَّهُ لا يمتلكُ ترتيبًا ذريًّا داخليًّا منتظَمًا.

الشكلُ (1): معدِنُ الفلسبارِ.

✓ أتحقَّقُ: أوضِّحُ: ما المقصودُ بالمعدِنِ؟

البلورة: جسم صلب ذو تركيب كيميائي محدد محاط من الخارج
ة البلّورية للمعادن بأسطح ملساء ناعمة.

مما تتكوّن المعادن Crystal Structure of Minerals

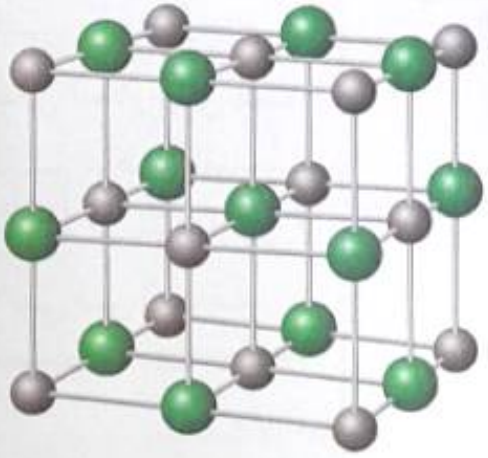
يتكوّنُ المعدنُ منْ ذراتٍ أوْ أيوناتٍ مرتبةٍ في ثلاثةِ اتجاهاتٍ ترتيبًا
يًّا منتظمًا، مشكّلةً أجسامًا صُلبةً ذاتَ تركيبٍ كيميائيٍّ محددٍ،
طةً منَ الخارجِ بسطوحٍ ملساءَ ناعمةٍ نُسمّيها **البلّوراتِ Crystals**.
يحددُ الشكلَ البلّوريَّ الذي سيتّخذُهُ المعدنُ عندَ تكوُّنِهِ هوَ حجمُ
نات والذراتِ المكوِّنةِ لهُ وكيفيةُ ارتباطِها ببعضِها؛ فمعدِنُ الهاليتِ
الذي يتكوّنُ منْ عنصريِ الصوديوم (Na) والكلورِ (Cl)، ينشأُ منْ
مياهِ البحرِ المالحةِ، ومعَ تبخُّرِ جزيئاتِ الماءِ ترتبطُ أيوناتُ الصوديومِ
اتِ الكلورِ؛ إذْ ترتّبُ نفسَها لتكوينِ بنيةِ معدِنِ الهاليتِ البلّوريةِ،
تي هذهِ العمليةُ **التبلورَ Crystallization**. أنظرُ الشكلَ (2/ أ، ب).

الربطُ بالكيمياءِ

هنالِكَ خلطٌ بينَ مفهومَيِ الفلزِّ والمعدِنِ؛ فبعضُ الفلزاتِ التي توجدُ في الطبيعةِ بصورةٍ منفردةٍ مثلَ: الذهبِ، والفضةِ، والنحاسِ، والماسِ هيَ معادنُ أحاديةُ العنصرِ. أمّا الفلزاتُ التي لا توجدُ في الطبيعةِ بصورةٍ منفردةٍ مثلَ: الصوديومِ والكالسيومِ فلا تُعدُّ معادنَ؛ لأنّها توجدُ متحدةً معَ عناصرَ أخرى.

أتحقّقُ: أوضّحُ المقصودَ بعمليةِ التبلّورِ. التبلور عملية تترتب عن طريقها الذرات والأيونات في شبكة ثلاثية الابعاد منظمة بدقه مكونة البلورة

(2/ أ)



أيونُ الصوديومِ ● أيونُ الكلورِ

(2/ ب)

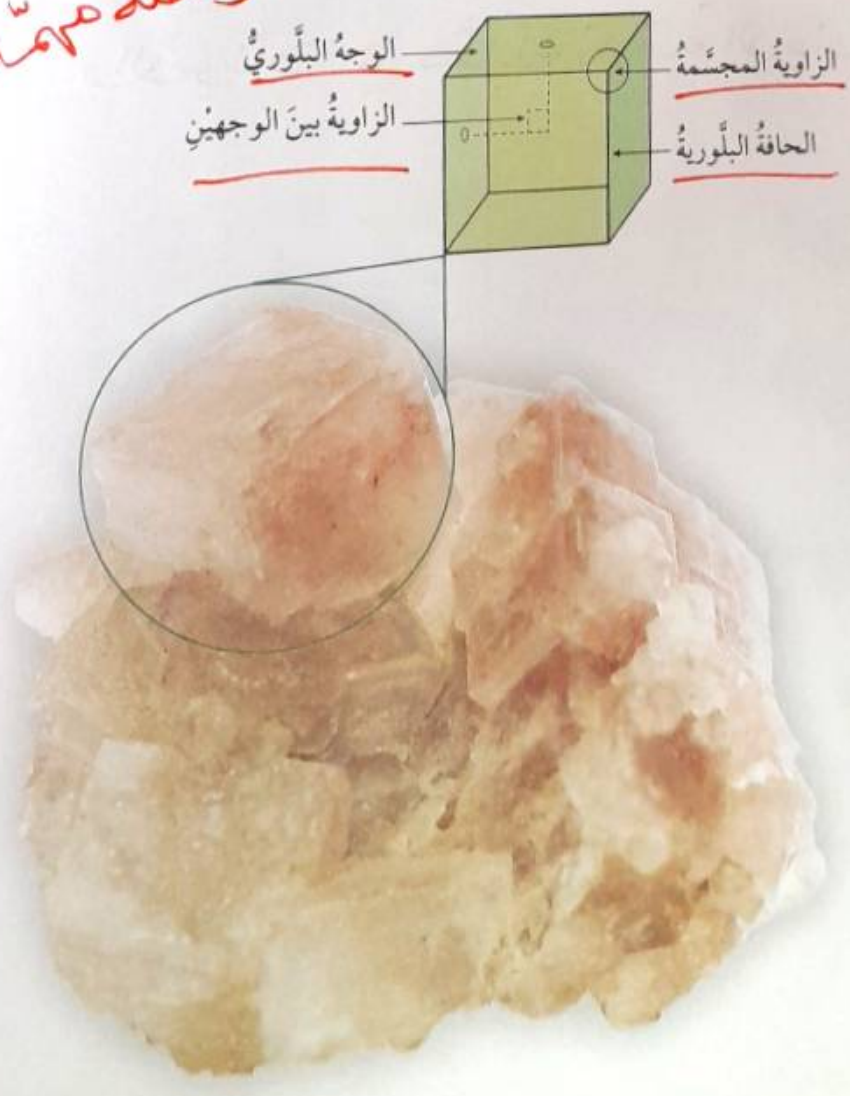
كلُ (2):
كلُ (2/ أ): معدِنُ الهاليتِ.
كلُ (2/ ب): نموذجٌ يمثّلُ البنيةَ البلّوريةَ لمعدِنِ الهاليتِ.
تجُ: ما شكلُ بلّورةِ معدِنِ الهاليتِ؟

عناصرُ الشكلِ الخارجيِّ للبلَّورةِ

Elements of the External Shape of the Crystal

يحددُ البناءُ الداخليُّ المنتظَمُ للذراتِ والأيوناتِ الشكلَ الخارجيَّ للبلَّورةِ، والناظرُ إلى بلَّورةِ معدِنِ الهاليتِ يستطيعُ أنْ يميِّزَ أنَّها مكعَّبةُ الشكلِ. أنظرُ الشكلَ (3)، ويوصفُ الشكلُ الخارجيُّ للبلَّورةِ عنْ طريقِ مجموعةِ العناصرِ الآتيةِ:

- **الوجهُ البلَّوريُّ**: سطحٌ أَمْلَسُ يُحيطُ البلَّورةَ منَ الخارجِ، وقدْ تكونُ الأوجهُ البلَّوريةُ متشابهةً في البلَّورةِ الواحدةِ، وقدْ تختلفُ.
- **الحافةُ البلَّوريةُ**: خطٌّ ينتجُ منْ تقاطعِ وجهيْنِ بلَّورييْنِ متجاورَيْنِ.
- **الزاويةُ المجسَّمةُ**: زاويةٌ تنتجُ منْ تقاطعِ ثلاثةِ أوجهٍ بلَّوريةٍ متجاورةٍ أوْ أكثرَ.
- **الزاويةُ بينَ الوجهيْنِ**: زاويةٌ محصورةٌ بينَ العموديْنِ المُقامَيْنِ على وجهيْنِ متجاورَيْنِ في البلَّورةِ.



عناصرُ التناظرِ البلوريِّ Elements of Crystal Symmetry

تُعدُّ عناصرُ التناظرِ البلّوريِّ انعكاسًا للبناءِ الذريِّ الداخليِّ المنتظمِ لبلّورةِ المعدنِ. وهنالكَ ثلاثةُ أنواعٍ منْ عناصرِ التناظرِ، هيَ :

مستوى التناظرِ Plane of Symmetry، هوَ مستوًى وهميٌّ يقسمُ البلّورةَ إلى نصفيْنِ متساويْنِ ومتشابهيْنِ؛ بحيثُ يكونُ أحدُ النصفيْنِ صورةَ مرآةٍ للآخرِ، أنظرُ الشكلَ (4/ أ).

محورُ التناظرِ Axis of Symmetry، هوَ خطٌّ أوْ محورٌ وهميٌّ يمرُّ في مركزِ البلّورةِ، وإذا ما أُديرَتْ حولَهُ البلّورةُ دورةً كاملةً مقدارُها 360° تتكررُ الأوجهُ المحيطةُ المتشابهةُ مرتيْنِ، أوْ ثلاثَ مراتٍ، أوْ أربعَ مراتٍ، أوْ ستَّ مراتٍ في الدورةِ الواحدةِ. أنظرُ الشكلَ(4/ ب) الذي يمثّلُ محاورَ تناظرٍ رباعيةً.

أفكرُ

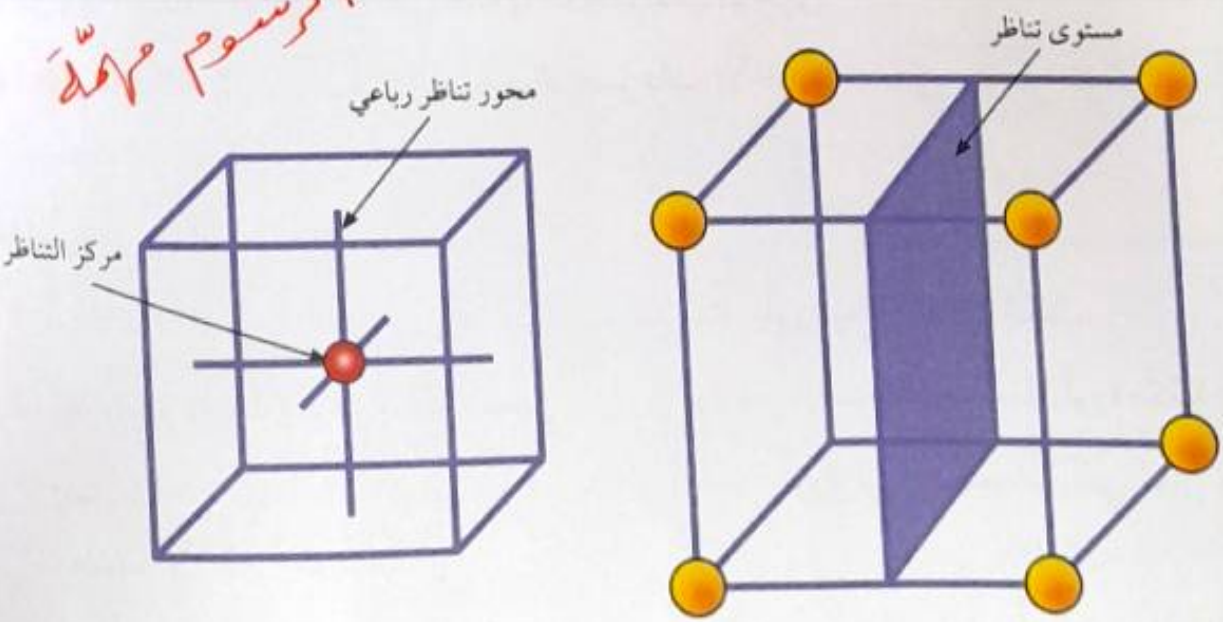
ماذا يُسمّى محورُ التناظرِ الذي يؤدّي عندَ دورانِهِ دورةً كاملةً مقدارُها 360° إلى تكرارِ ظهورِ أوجهِ البلورةِ كلَّ 60°؟

أبحثُ:

أستعينُ بمصادرِ المعرفةِ المتوافرةِ لديّ، وأبحثُ عنْ أنواعِ محاورِ التناظرِ في بلّوراتِ المعادنِ المختلفةِ؛ وأصممُ عرضًا تقديميًّا وأعرضُهُ أمامَ زملائي/ زميلاتي في الصفِّ.

الشكلُ (4): عناصرُ التناظرِ في بلّورةٍ مكعّبةِ الشكلِ.
(أ): أحدُ مستوياتِ التناظرِ.
(ب): محاورُ تناظرٍ رباعيةٌ ومركزُ التناظرِ.
استنتجْ أنواعًا أخرى لمحاورِ التناظرِ في بلّورةِ المكعّبِ.

الرسوم مهمة



(أ): أحدُ مستوياتِ التناظرِ.

(ب): محاورُ تناظرٍ رباعيةٌ ومركزُ التناظرِ.

مركزُ التناظرِ Center of Symmetry، هوَ نقطةٌ وهميّةٌ تقعُ في وسطِ البلّورةِ (داخلَها) على أبعادٍ متساويةٍ منْ عناصرِ البلّورةِ حولَها، فإذا تصوّرْنا أنَّ خطًّا وهميًّا يصلُ بينَ وجهَينِ بلّوريَّينِ متقابلَينِ فإنهُ يمرُّ بمركزِ التناظرِ الذي سيقعُ على بُعدَينِ متساويَينِ منْ منتصفَي الوجهَينِ البلّوريَّينِ، أنظرُ الشكلَ (4/ ب).

الأنظمةُ البلّورية Crystal Systems

يمكنُ تصنيفُ البلّوراتِ بالاعتمادِ على عناصرِ التناظرِ البلّوريِّ في البلّورةِ إلى سبعةِ أنظمةٍ. وفي ما يأتي وصفٌ لهذهِ الأنظمةِ البلّوريةِ:

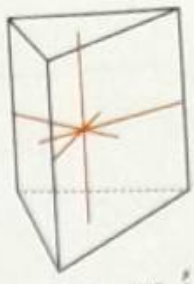
نظامُ المكعَّبِ Cubic System يمتازُ هذا النظامُ البلّوريُّ بوجودِ ثلاثةِ محاورَ متساويةٍ ومتعامدةٍ على بعضِها. أنظرُ الشكلَ (5) الذي يمثّلُهُ، ومنَ الأمثلةِ عليْهِ معدِنا الهاليتِ والماسِ.

نظامُ الرباعيِّ Tetragonal System يمتازُ هذا النظامُ البلّوريُّ بوجودِ ثلاثةِ محاورَ اثنانِ متساويانِ في الطولِ. والثالثُ طولُهُ مختلفٌ عنْهُما، وجميعُها متعامدةٌ على بعضِها. أنظرُ الشكلَ (6). ومنْ الأمثلةِ عليْهِ معدِنُ الكالكوبيريتِ.

نظامُ السداسيِّ Hexagonal System يمتازُ هذا النظامُ البلّوريُّ بوجودِ أربعةِ محاورَ منها ثلاثةٌ أفقيةٌ متساويةُ الطولِ، والرابعُ في وضعٍ رأسيٍّ (عموديٍّ)، والزوايا بينَ المحاورِ الأفقيةِ متساويةٌ، وهيَ 120°، وأمّا الزوايا بينَ المحاورِ الأفقيةِ والمحورِ العموديِّ، فهيَ زاويةٌ قائمةٌ. أنظرُ الشكلَ (7)، ومنَ الأمثلةِ عليْهِ معدِنُ الغرافيتِ.

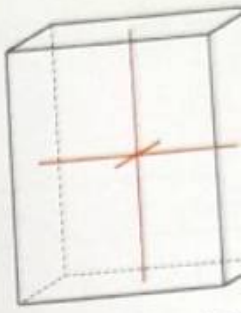
معدِنُ الغرافيتِ

نظامُ الثلاثيِّ Trigonal System يمتازُ هذا النظامُ البلَّوريُّ بوجودِ أربعةِ محاورَ؛ ثلاثةٌ منْها متساويةُ الطولِ في المستوى الأفقيِّ، الزاويةُ بينَها 120°. أنظرُ الشكلَ (8)، ومنَ الأمثلةِ عليْهِ معدِنُ الكالسيتِ.



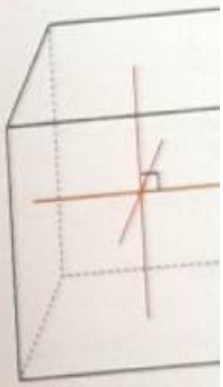
شكلُ (8): نظامُ الثلاثيِّ.

نظامُ المَعينِ القائمِ Orthorhombic System يمتازُ هذا النظامُ البلَّوريُّ بوجودِ ثلاثةِ محاورَ غيرِ متساويةٍ في الطولِ، ومتعامدةٍ على بعضِها. أنظرُ الشكلَ (9)، ومنَ الأمثلةِ عليهِ معدنُ الكبريتِ.



(9): نظامُ المَعينِ القائمِ.

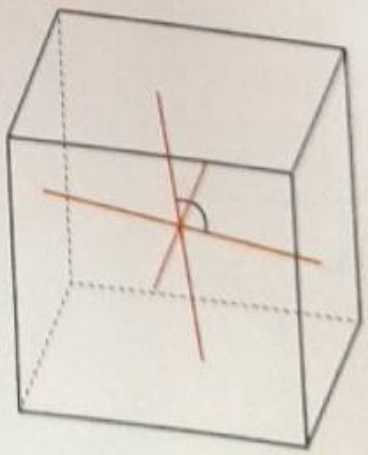
نظامُ أحاديِّ الميْلِ Monoclinic System يمتازُ هذا النظامُ البلَّوريُّ بوجودِ ثلاثةِ محاورَ غيرِ متساويةٍ في الطولِ، زوجانِ منهما متعامدانِ. أنظرُ الشكلَ (10)، ومنَ الأمثلةِ عليْهِ معدنُ الجبسِ.



(1): نظامُ أحاديِّ الميْلِ.

نظامُ ثلاثيِّ الميْلِ Triclinic System يمتازُ هذا النظامُ البلَّوريُّ بوجودِ ثلاثةِ محاورَ غيرِ متساويةٍ في الطولِ، ولا تتعامدُ معَ بعضِها البعضِ. أنظرُ الشكلَ (11)، ومنَ الأمثلةِ عليْهِ معدنُ الألبيت.

✓ **أتحقَّقُ**: أحدِّدُ أوجهَ الشبهِ والاختلافِ بينَ النظامِ البلَّوريِّ الثلاثيِّ والنظامِ البلَّوريِّ السداسيِّ.



(11): نظامُ ثلاثيُّ الميْلِ، ومنَ
عليْهِ معدِنُ الألبيت.

معدِنُ الألبيت أحد معادن الفلسبار.

الشكلُ (12/ أ): معدِنُ الملاكيتِ.

الشكلُ (12/ ب): معدِنُ الكبريتِ.

الخصائصُ الفيزيائيةُ للمعادنِ

Physical Properties of Minerals

تُعدُّ بعضُ خصائصِ المعادنِ، مثلَ البناءِ الذريِّ الداخليِّ المنتظمِ للبلّوراتِ، والتركيبِ الكيميائيِّ، خصائصَ يصعبُ تحديدُها وتعرُّفُها منْ دونِ الاستعانةِ بأجهزةٍ حديثةٍ؛ لذا، يستخدمُ الجيولوجيونَ كثيرًا منَ الخصائصِ الفيزيائيةِ لتعرُّفِ المعادنِ، ومنْها:

اللَّونُ Colour

تُعدُّ خاصيةُ **اللَّونِ Colour** منْ أسهلِ الخصائصِ التي يمكنُ ملاحظتُها، وتنفردُ بعضُ المعادنِ في الطبيعةِ بألوانٍ خاصَّةٍ تميِّزُها عنْ غيرِها منَ المعادنِ، مثلَ معدِنِ الملاكيتِ الذي يتميزُ باللَّونِ الأخضرِ، أنظرُ الشكلَ (12/ أ)، ومعدِنِ الكبريتِ الذي يتميزُ بلونِهِ الأصفرِ، أنظرُ الشكلَ (12/ ب). ويمكنُ أنْ يكونَ للمعدِنِ الواحدِ أكثرُ منْ لونٍ، مثلَ معدِنِ الكوارتزِ. أنظرُ الشكلَ (13).

وقدْ تتشابهُ المعادنُ في ألوانِها مثلَ معدِنَيِ الغرافيتِ والماغنيتيتِ، وكلاهُما أسودُ اللَّونِ. أنظرُ الشكلَ (14/ أ، ب). ويُراعى عندَ فحصِ لونِ المعدِنِ أنْ يكونَ سطحُهُ حديثَ القطعِ؛ خشيةَ أنْ تكونَ عواملُ التجويةِ أثّرتْ في تغييرِ لونِهِ، أوْ أدّتْ دورَها في ذلكَ.

الشكلُ (14/ أ): معدِنُ الماغنيتيتِ.

الحكاكةُ Streak

تُعرَّفُ **الحكاكةُ Streak** بأنَّها لونُ مسحوقِ المعدِنِ، وتحدَّدُ هذهِ الخاصيةُ بحكِّ المعدِنِ بقطعةٍ خزفيةٍ بيضاءَ غيرِ مصقولةٍ تُسمّى لوحَ الحكاكةِ (المَخدِشِ). وقدْ تتشابهُ المعادنُ مختلفةُ اللَّونِ في لونِ حكاكتِها. كذلكَ نلاحظُ أنَّ كثيرًا منَ المعادنِ تتشابهُ في ألوانِها إلّا أنَّها تختلفُ في لونِ حكاكتِها. فمثلًا معادنُ الماغنيتيتِ والهيماتيتِ والسفاليرايتِ والغالينا متماثلةٌ في ألوانِها، ولكنَّها تختلفُ في لونِ حكاكتِها. أنظرُ الشكلَ (15).

الشكلُ (15): اختلافُ لونِ حكاكةِ معادنِ الماغنيتيتِ والهيماتيتِ والسفاليرايتِ والغالينا.

البريقُ Luster

فلزي
لافلزي
لؤلؤي
ترابي
زجاجي

يُعبِّرُ عنِ **البريقِ** Luster بالكيفيةِ التي ينعكسُ بها الضوءُ عنْ سطحِ المعدِنِ؛ فقدْ يكونُ بريقُ المعادنِ فلزيًّا مثلَ بريقِ معدِنِ الغالينا. أنظرُ الشكلَ (16/ أ)، أوْ يكونُ بريقُها لافلزيًّا؛ فتوصفُ بأنَّ بريقَها لؤلؤيٌّ، أوْ حريريٌّ، أوْ ترابيٌّ، أو يوصفُ بأنَّهُ زجاجيٌّ مثلَ معدِنِ الكوارتزِ، أنظرُ الشكلَ (16/ ب).

الشكلُ (16/ أ): يمتازُ معدنُ الغالينا ببريقِهِ الفلزيِّ.

الشكلُ (16/ ب): يمتازُ معدِنُ الكوارتزِ ببريقِهِ اللافلزيِّ (الزجاجيِّ).

أبحثُ:

أستعينُ بمصادرِ الـ
المتوافرةِ لديَّ، وأبحـ
معادنَ ذاتِ بريقٍ لؤلـ
حريريٍّ، أوْ ترابـيٍّ؛ و
نتائـجَ بحثي أمامَ زمـ
زميلاتي في الصفِّ.

أعملُ فيلمًا قصيرًا

باستخدامِ برنـامجِ م
الأفلام (movie maker)
لمعانَ معادنَ ذاتِ بريقٍ ف
وأخـرى ذاتِ بريـقٍ لا
وأحـرصُ علـى أنْ يش
الفيلـمُ صـوَرًا توضيـحيّ
أشـاركُهُ زملائي/ زميلاتـ
الصـفِّ.

أفكرُ

أفسرُ: لماذا أغلبُ الم
المعتمةُ ذاتُ بريقٍ ف
أمّا المعادنُ الفاتحةُ
فذاتُ بريقٍ لافلزيٍّ؟

الانفصامُ Cleavage

تعريفه

يُعرَّفُ **الانفصامُ Cleavage** بأنَّهُ قابليةُ المعدنِ للتشقُّقِ على امتدادِ المستوياتِ ضعيفةِ الترابطِ في البناءِ البلّوريِّ، ويحدثُ عادةً الانفصامُ في اتجاهٍ واحدٍ أو اثنينِ أوْ ثلاثةٍ أوْ أكثرَ؛ فبعضُ المعادنِ مثلَ المايكا ينفصمُ في اتجاهٍ واحدٍ منتجًا صفائحَ رقيقةً ومستويةً. أنظرُ الشكلَ (17/ أ). وبعضُها الآخرُ لهُ أكثرُ منْ سطحِ انفصامٍ؛ مثل معدنِ الكالسيتِ الذي ينفصمُ في ثلاثةِ اتجاهاتٍ غيرِ متعامدةٍ. أنظرُ الشكلَ (17/ ب).

دنُ المايكا، انفصامٌ

المَكسرُ Fracture

يوصفُ **المَكسِرُ Fracture** بأنَّهُ السطحُ الناتجُ منْ كسرِ المعدنِ ذي البنيةِ الذريةِ المحْكَمةِ صناعيًّا، وتظهرُ هذه الخاصيةُ في المعادنِ التي لا يحدثُ لها انفصامٌ في اتجاهاتٍ محددةٍ، وإنَّما تنكسرُ عشوائيًّا حسبَ القوةِ المؤثرةِ فيها، ويكونُ سطحُ المَكسِرِ متعرِّجًا أوْ مَحاريًّا أوْ غيرَ ذلكَ. أنظرُ الشكلَ (18)، الذي يوضّحُ المَكسِرَ في معدنِ الكوارتزِ.

ن الكالسيت، ورسمٌ
ن ثلاثةِ اتجاهاتٍ.

ل بينَ المَكسِر

القساوةُ Hardness

تعريفه

تُعرَّفُ **القساوةُ Hardness** بأنَّها قدرةُ المعدنِ على خدشِ معدنٍ آخرَ، وهيَ خاصيةٌ نسبيةٌ يمكنُ تحديدُها بخدشِ معدنٍ معلومِ القساوةِ بآخرَ مجهولِ القساوةِ، أوِ بالعكسِ. وتُعدُّ الخاصيةَ الأكثرَ استخدامًا في تعرُّفِ المعادنِ. وقدْ طُوِّرَ مقياسٌ لتعرُّفِ قساوةِ المعادنِ بدقةٍ سُمِّيَ **مقياسَ موس Mohs Scale**، ويحتوي على عشرةِ معادنَ مرتبةٍ منَ الأقلِّ قساوةً (1) إلى الأكثرِ قساوةً (10)، أنظرُ الجدولَ (1).

كسيرٌ في معدنٍ
.لثٍ.

الجدولُ (1): مقياسُ موس.

درجةُ قساوةِ المعدنِ	المعدنُ	درجةُ قساوةِ المعدنِ	المعدنُ
1	التلكُ Talc	6	الأورثوكليزُ Orthoclase
2	الجبسُ Gypsum	7	الكوارتزُ Quartz
3	الكالسيتُ Calcite	8	التوبازُ Topaz
4	الفلوريتُ Flourite	9	الكورندومُ Corundum
5	الأباتيتُ Apatite	10	الماسُ Diamond

أمّا إذا لمْ تتوافرِ المعادنُ الستةُ الأولى منْ مقياسِ موس؛ فيمكنُ استخدامُ الموادِّ المعلومةِ القساوةِ الآتيةِ؛ لتحديدِ درجةِ قساوةِ بعضِ المعادنِ. أنظرُ الجدولَ (2).

الجدولُ (2): قساوةُ بعضِ الموادِّ حسبَ مقياسِ موس.

المادةُ	درجةُ القساوةِ
طفرُ الأصبعِ	2.5
العملةُ النحاسيةُ	3.5
اللوحُ الزجاجيُّ	5.5
نصلُ السكينِ الفولاذيُّ	6.5
لوحُ الحكاكِ	7-6.5