السنة : الأولى

قسم : العلوم البيئية

منشورات جامعة دمشق
كلية العلوم

الجيولوجيا العامة

الجزء العملي

الدكتور
عبد الرحمن محيي الدين السفرجلاني
أستاذ في قسم العلوم البيئية

جامعة دمشق
1433 – 1434 هـ
2012 – 2013 م


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المحتويـــــات

المقدمة	11
الفصل الأول- البلورات	13
1- البلـــــــــورات	15
1-1 الشكل البلوري وعناصره	15
1-2 محاور التوجيه البلورية	17
1-3 آلية تشكل البلورات	18
1-4 عناصر التناظر البلوري	21
1-4-1 محاور التناظر البلوري	21
1-4-2 مستويات التناظر البلورية	22
1-4-3 مركز التناظر البلوري	23
1-5 منظومات التبلور الرئيسة	24
1-5-1 المنظومة المكعبية	25
1-5-2 المنظومة السداسية	26
1-5-3 المنظومة الرباعية	27
1-5-4 المنظومة الثلاثية	27
1-5-5 المنظومة المعينية المستقيمة(القائمة)	28
1-5-6 المنظومة احادية الميل	29
1-5-7 المنظومة ثلاثية الميل	30
الفصل الثاني- الفلزات	33
2- الفلـــزات	35

2-1 طرائق تشكل الفلزات في الطبيعة	35
2-1-1 التشكل المباشر من الماغما	35
2-1-2 التشكل من المحاليل المائية	35
2-1-3 التشكل نتيجة إعادة التبلور من خلال إعادة ترتيب الذرات في البلورات الفلزية سابقة التشكل	37
2-1-4 التشكل نتيجة عمليات التجوية	37
2-2 الخصائص الفيزيائية (الصفات الطبيعية) للفلزات	38
2-3 التصنيف العام للفلزات	59
2-3-1 تصنيف الفلزات حسب نسبة تواجدها في الصخر	59
2-3-2 تصنيف الفلزات حسب درجة مقاومتها لعمليات التجوية	60
2-3-3 تصنيف الفلزات حسب منشئها	61
2-3-4 تصنيف الفلزات حسب تركيبها الكيميائي	61
الفصل الثـــالث- الصخور	83
3- الصخـــــور	85
3-1 الصخور المهلية (النارية)	85
3-2 التعرف على الصخور النارية	86
3-2-1 الأنسجة المميزة للصخور النارية	86
3-2-2 التركيب الكيميائي للصخور النارية	88
3-2-3 التركيب الفلزي للصخور النارية	91
3-3 تصنيف الصخور النارية	91

3-4 الصخور الرسوبية	92
3-5 تصنيف الصخور الرسوبية	93
3-5-1 الصخور الرسوبية الحطامية (ميكانيكية) المنشأ	93
3-5-2 الصخور الرسوبية كيميائية المنشأ	95
3-5-3 الصخور الرسوبية عضوية المنشأ	95
3-6 التعرف على الصخور الرسوبية	96
3-7 الصخور المتحولة	99
3-8 تصنيف الصخور المتحولة	101
3-8-1 الصخور المتحولة غير المتورقة	101
3-8-2 الصخور المتحولة المتورقة	102
3-9 أنماط التحول	103
3-9-1 التحول التماسي أو الحراري	103
3-9-2 التحول الإقليمي	103
3-9-3 التحول الديناميكي	104
3-9-4 التحول التراجعي	104
3-10 سحنات التحول	105
الفصل الرابع- الخرائط	109
4- الخرائط	111
4-1 مقدمة	111
4-2 تعريف الخارطة	111

4-3 أنواع الخرائط	111
4-4 فوائد الخرائط	116
4-5 نظام الاحداثيات الجغرافية لاسقاط الخرائط	116
4-6 أنواع أنظمة الإسقاط الرئيسة	118
4-6-1 الإسقاط المخروطي (إسقاط لامبير)	118
4-6-2 الإسقاط الأسطواني (إسقاط ميركاتور)	119
4-6-3 الإسقاط السمتي (المستوي)	120
4-6-4 الإسقاط الميركاتوري المعترض	121
4-7 مكونات الخارطة	122
4-7-1 مقياس الخارطة	122
4-7-2 منحنيات (خطوط التسوية) أو خطوط تساوي الارتفاع	124
4-7-3 تحديد موقع نقطة ما على السطح الخارجي للأرض	128
4-7-4 تحديد مكان نقطة وارتفاعها على الخارطة	128
4-7-5 حساب المسافة الحقيقية بين نقطتين على الخارطة	129
4-8 الخرائط الطوبوغرافية	129
4-9 المقطع (البروفيل) الطوبوغرافي	132
4-10 تمارين على الخرائط الطوبوغرافية	138
4-11 الخارطة الجيولوجية	158
4-11-1 تحديد الثخانة الحقيقية للطبقة السطحية	158
4-11-2 المصطلحات على الخارطة الجيولوجية	158

4-12 تمارين على الخرائط الجيولوجية	162
المراجع العلمية	185
ملحق الجداول	189
1. جداول لبعض الفلزات مع خصائصها الطبيعية	189
2. جداول لبعض أنواع الصخور مع خصائصها الطبيعية	265
3. جدول المصطلحات العلمية	309

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة:

يحتل علم الأرض "الجيولوجيا" مكاناً مهماً ضمن مجموعة العلوم الأساسية كعلوم الكيمياء والفيزياء والأحياء، ويرتبط معها بروابط وثوابت علمية وثيقة.

يهدف هذا الكتاب تعريف الطالب ببعض المعارف والمبادئ الأساسية التي تؤهله من التعرف على مكونات القشرة الأرضية الرئيسة من البلورات والفلزات والصخور، وتمكنه من التعامل مع الخرائط الطوبوغرافية والجيولوجية.

تمّ اختيار موضوعات هذا الكتاب وإعدادها في المجال العملي للجيولوجيا العامة، متفقاً مع منهجية الكتب الجامعية المتخصصة في هذا الحقل، ومنسجماً مع مفردات الجزء النظري لمقرر الجيولوجيا العامة، ليكون عوناً لطلاب السنة الأولى في قسم العلوم البيئية – كلية العلوم بجامعة دمشق، موفراً عليهم الكثير من العناء في الرجوع إلى عديد من المراجع ذات الصلة العلمية.

تم ترتيب وتبويب فصول الكتاب الأربعة ليبحث الفصل الأول عوامل تشكل البلورات وعناصرها، وعناصر تناظرها، ومنظومات تبلور الفلزات الرئيسة، بينما خصص الفصل الثاني للتعرف على الفلزات، وطرائق نشأتها وتشكلها، وخصائصها الطبيعية "صفاتها الفيزيائية"، وطرائق تصنيفها ومجموعاتها الرئيسة، وخصص الفصل الثالث للتعرف على الصخور بأنواعها الثلاثة الرئيسة النارية "المهلية" والرسوبية والمتحولة وطرائق تصنيف كل نوع وتركيبه الفلزي، في حين خصص الفصل الرابع والأخير للتعرف على الخرائط الطوبوغرافية والجيولوجية وكيفية تفسيرها والتعامل معها، لمَا لذلك من أهمية كبيرة في إيصال المعلومات أو لتوقيعها على الخرائط.

وقد عرضت موضوعات هذا الكتاب بصورة بسيطة وسهلة، ضمن سياق علمي مترابط، وبأسلوب واضح ومفهوم، مع إدراج الأشكال الضرورية الموضحة للفكرة، ومتناسبةً ومستوى طلبة السنة الأولى في قسم العلوم البيئية في هذا العلم من ناحية ومع إمكانية تنفيذها عملياً في فصل دراسي واحد من ناحية أخرى.

يمثل هذا الكتاب محاولة متواضعة لا تخلو من بعض الثغرات أو الهفوات، فأرجو أن أكون قد وفقت في صياغته، وأن يحقق الفائدة المرجوة منه، والشكر الجزيل لمن يتقدم بأي اقتراح بناء ورأي سديد أو تصحيح أو تصويب، مما يساعد على تفادي الهفوات وسد الثغرات مستقبلاً.

مع أملي من الله عز وجل أن أكون قد وفقت بذلك، والله المُوفق والهادي إلى سواء السبيل.

عبد الرحمن بن محيي الدين السفرجلاني

الفصل الأول

البلـــورات

الفصل الأول- البلورات

1- البلـــورات

1-1 الشكل البلوري وعناصره

1-2 محاور التوجيه البلورية

1-3 آلية تشكل البلورات

1-4 عناصر التناظر البلوري

1-4-1 محاور التناظر البلوري

1-4-2 مستويات التناظر البلورية

1-4-3 مركز التناظر البلوري

1-5 منظومات التبلور الرئيسة

1-5-1 المنظومة المكعبية

1-5-2 المنظومة السداسية

1-5-3 المنظومة الرباعية

1-5-4 المنظومة الثلاثية

1-5-5 المنظومة المعينية المستقيمة (القائمة)

1-5-6 المنظومة احادية الميل

1-5-7 المنظومة ثلاثية الميل

ر

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

1- البلَورات

1-1 الشكل البلَوري وعناصره:

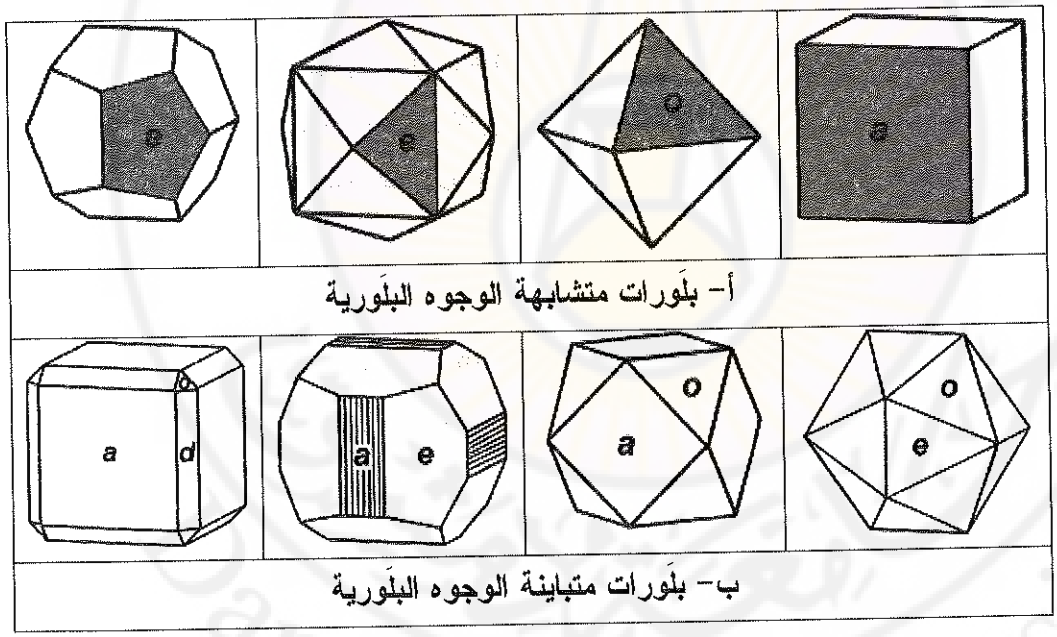
تتواجد الفلزات بصورة عامة في الطبيعة صلبةً، على هيئة بلـــورات مفـــردة صغيرة أو متوسطة أو خشنة الأبعاد أو على شكل تجمعات بلورية. وتعرف البلورة " Crystal " أنها جسم صلب طبيعي التشكل والنشأة، له تركيب كيميـــائي ثابـــت، وترتيب ذري محدد، نتج عنه شكل هندسي منتظم وثابت، ويتمتع بخواص فيزيائية متباينة (Anisotropic) حسب الاتجاه، في حين أن بعض الفلـــزات تكـــون غيـــر متبلورة (Amorphic) مثل فلز الأوبال (SiO_2 nH_2O) وتتمتع بخواص فيزيائيـــة متساوية في جميع الاتجاهات (Isotropic).

تؤثر البنية البلورية بشكل مباشر على مختلف الصفات الفيزيائيـــة للفلـــزات كالصَلادة "القساوة" واللَون والتألَق والكثافة الحقيقية...، كما أنَ لها أهمية خاصة في تمييز الفلزات بعضها من بعض، لأن لكل فلز عادة بنيةً وشكلاً بلورياً خاصاً بـــه. علماً أن الأشكال الهندسية المنتظمة (البلورات) والمميزة لكل فلـــز هـــي انعكـــاس للترتيب الداخلي للعناصر الكيميائية المكونة له (ذرات، شوارد، وجزيئات) والتـــي ترتصف في وضع ثلاثي الأبعاد، مشكلة ما يسمى بالشبكة البلورية.

يهتم علم هندسة البلَورات (Geometry Crystal) بتحديد الشكل البلَـــوري من خلال دراسة عناصره الخارجية الثلاثة، وهي السطوح أو الوجوه، والأضـــلاع أو الأحرف، والزوايا أو الرؤوس، أما الوجوه فهي السطوح والمستويات التي تحدد الشكل العام الخارجي للبلورة، وتتقاطع الوجوه والسطوح فيما بينهـــا بالأضـــلاع، وتتلاقى الأضلاع مع بعضها بعضاً بالرؤوس، وتتوقف طبيعة الوجـــوه والســـطوح البلورية ومقاييسها وأبعادها عادة على الظروف الفيزيا- كيميائية المرافقـــة لمـــدة تشكل البلورات ونموها، فقد يتناهى حجم البلورات في الصغر، وتصعب مشاهدتها بالعين المجردة، وقد تبلغ أبعادها بضعة سنتيمترات، وقـــد تنمـــو جميـــع الوجـــوه

البلورية (Crystal Faces) وتظهر الأشكال البلورية عندئذ كاملة الوجوه، فتسمى بلورة مكتملة النمو إيوهيدرال (Euhedral Crystal)، أو قد تكون بعض الوجوه غير ظاهرة أو واضحة وتامة فتسمى عندئذ منقوصة الوجوه سبهيدرال (Subhedral)، أو قد تكون الوجوه في أحيان أخرى غير نامية أو ظاهرة فتسمى أنهيدرال (Anhedral)، كما تتواجد الفلزات أحياناً على شكل تجمعات حبية مبلورة (Aggregate Crystal).

تكون الوجوه البلورية غالباً مستوية أو في بعض الأحيان الأخرى مقوسة أو منحنية، وقد تكون الوجوه البلورية متشابهة في البلورة الواحدة أو غير متشابهة كما يوضح الشكل-1.

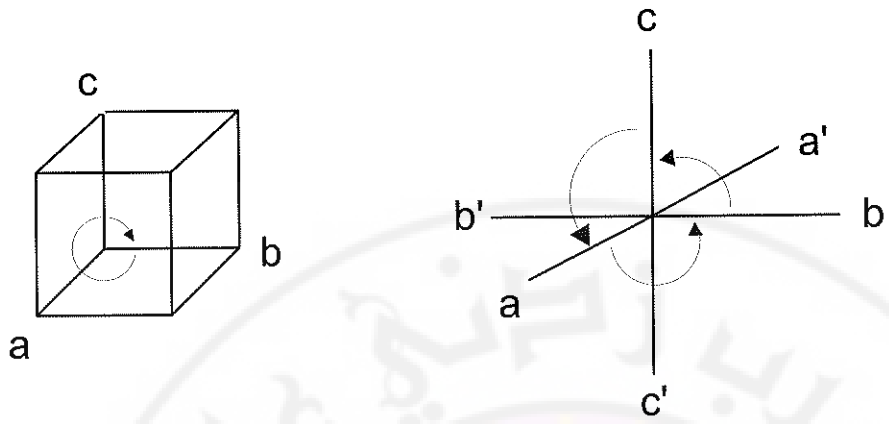


شكل- 1: نماذج لبلَورات متشابهة الوجوه (أ) وبلَورات غير متشابهة الوجوه (ب).

2-1 محاور التوجيه البلَورية:

تعرف محاور التوجيه البلَورية على أنَها المستقيمات الوهمية التي تخترق البلَورة وتتقاطع في مركزها ممتدة إلى مراكز الوجوه البلورية أو رؤوس البلورة المتناظرة، وغالباً ما تنطبق المحاور البلورية على محاور التناظر البلورية وبخاصة المحور الشاقولي (c), وعادة ما يكون لهذا المحور أعلى مرتبة تناظرية في البلورة، وهو يحدد منظومة التبلور التي تنتمي إليها. تستخدم المحاور البلورية عادة في توجيه الشكل البلوري فراغياً، وتمتلك معظم المنظومات البلورية ثلاثة محاور باستثناء منظومتين بلورتين هما (السداسي والثلاثي) حيث تمتلك أربعة محاور بلورية.

يسمى المحور البلوري الأفقي الممتد من الأمام إلى الخلف بالمحور(a) أو a_1 ويميز الطرف الأمامي منه بإشارة موجب (+) والطرف الخلفي بإشارة (−)، كما يسمى المحور الأفقي الآخر والممتد من اتجاه اليمين وحتى اليسار بالمحور(b) أو a_2، ويميز طرفه الأيمن بإشارة موجب (+) وطرفه الأيسر بإشارة سالب (−)، أما المحور الثالث فهو المحور الشاقولي ويمتد من الأعلى إلى الأسفل ويسمى بالمحور(c) أو a_3، ويميز طرفه العلوي بإشارة موجب (+) وطرفه السفلي بإشارة سالب (−). تتقاطع هذه المحاور الثلاثة عادة في نقطة تنطبق على مركز البلورة وتحصر فيما بينها الزوايا المحورية، يرمز للزاوية المحصورة بين المحوريين (a) و (b) بزاوية غاما γ، بينما يرمز للزاوية المحصورة بين المحوريين (b) و (c) بزاوية ألفا α ، والزاوية المحصورة بين المحوريين (c) و(a) بالزاوية بيتا β (شكل-2).



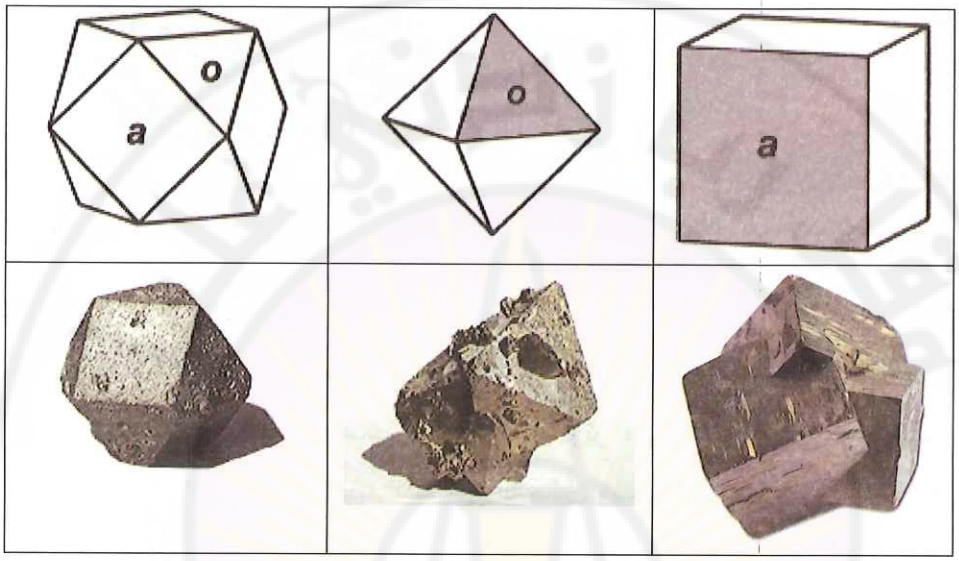
شكل- 2: المحاور البلورية والزوايا المحورية المحصورة بينها.

3-1 آلية تشكل البلورات:

تسمى عملية تشكل البلورات بعملية التبلور، وتنشأ البلورات عادة إما من محلول أو من مصهور أو من بخار، وتكون الشوارد أو الجزيئات التي تكون البلورة قبل عملية التبلور في حالة حركة دائمة ومستمرة، وتكون المسافات فيما بينها كبيرة نسبياً. ومع تغير الشروط الترموديناميكية للمحلول أو المصهور أو البخار تقترب الشوارد والجزيئات وتتراص بشكل منتظم ومرتب، مما ينتج عنه في النهاية الجسم الصلب البلوري.

وتتحكم في تحديد الشكل البلوري ومظهره (Habit) لفلز ما عدة عوامل، أهمها تأثيراً: "طبيعة المحاليل التي تنمو فيها البلورات ودرجة نقاوتها، ومعدل التبريد المتدرج في أثناء عملية التبلور، وطبيعة المكان الذي تتشكل فيه البلورات". وقد تكون الأشكال الهندسية للبلورات بسيطة مثل المكعب، ذي الثماني الوجوه، والمكعب ذي الاثني عشر وجهاً، أو قد تكون ذات أشكال هندسية معقدة، وذلك نتيجة اقتران شكلين هندسيين بسيطين مع بعضهما بعضاً، مثلاً مكعب مع ثماني الوجوه أو مكعب مع اثني عشر خماسي الوجوه (شكل-3)، مع واجب التأكيد هنا

على أنه مهما تغير الشكل الخارجي أو حجم البلورة فإن الزوايا المتشكلة والمحصورة بين الأضلاع أو المحاور البلورية تبقى ثابتة، وهذا ما يعرف أو ما يسمى بقانون ثبات الزوايا.



شكل- 3: كيفية تكون الأشكال الهندسية البلورية المعقدة نتيجة اقتران الأشكال الهندسية البلورية البسيطة مع بعضها في فلز البيريت.

بشكل عام يمكن القول إنَ بلورات الفلز الواحد تنمو في حدود النظام البلوري المميز لهذا الفلز، فمثلاً بلورة فلز الفلوريت تنتمي إلى النظام المكعبي، ومع ذلك فإنها تأخذ مظاهر بلورية متباينة ضمن النظام البلوري المنتمية إليه، فبلورات الفلوريت المتكونة عند درجات حرارة منخفضة تأخذ مظهر سداسي الوجوه (شكل-4أ)، بينما تأخذ بلورات الفلوريت المتكونة في درجات حرارة عالية مظهر ثماني الوجوه (هرم مزدوج)، (شكل-4 ب).



أ- بلَورات فلز الفلوريت المكعبية، سداسية الوجوه.



ب- بلورة فلز الفلوريت المكعبية، ثمانية الوجوه.

شكل- 4: أشكال تبلور فلز الفلوريت في الطبيعة بالعلاقة مع تباين درجات حرارة تشكل الفلز.

إضافة لعامل الحرارة هناك عوامل أخرى تؤثر في مظهر البلورة الفلزية المتكونة مثل (الضغط والتركيب الكيميائي للمحاليل ونسبة الشوائب ونوعيتها...) فمثلاً تتشكل بلورات ملح الطعام من محاليلها النقية على شكل مكعبات (Cubic)، في حين أنها تتبلور على شكل ثمانيات وجوه في حال احتواء المحاليل على نسبة 10% من اليوريا، ويختلف شكلها إذا تبلورت في قعر الإناء الحاوي على محاليلها، أو إذا نمت وهي معلقة في خيط داخل الإناء ذاته، ففي الحالة الأولى تتبلور في اتجاهين وتكون غير نامية بالاتجاه الثالث (قعر الإناء) حيث لا يتوفر المحلول الكافي لنموها في هذا الاتجاه، أما في الحالة الثانية فتكون البلورة متساوية الأبعاد في الاتجاهات الثلاثة. لذلك فإن الأشكال والمظاهر المختلفة للبلورات الفلزية تعتمد بشكل رئيس على النمو النسبي للوجوه البلورية مع التأكيد مرة أخرى على أن الزوايا بين الوجوه البلورية تبقى ثابتة، لذلك فقد نجد أحياناً للفلز الواحد أشكالاً هندسية ومظاهر مختلفة ناجمة على الأغلب من الاختلافات المحيطة والعوامل المؤثرة فيه أثناء عملية تبلوره.

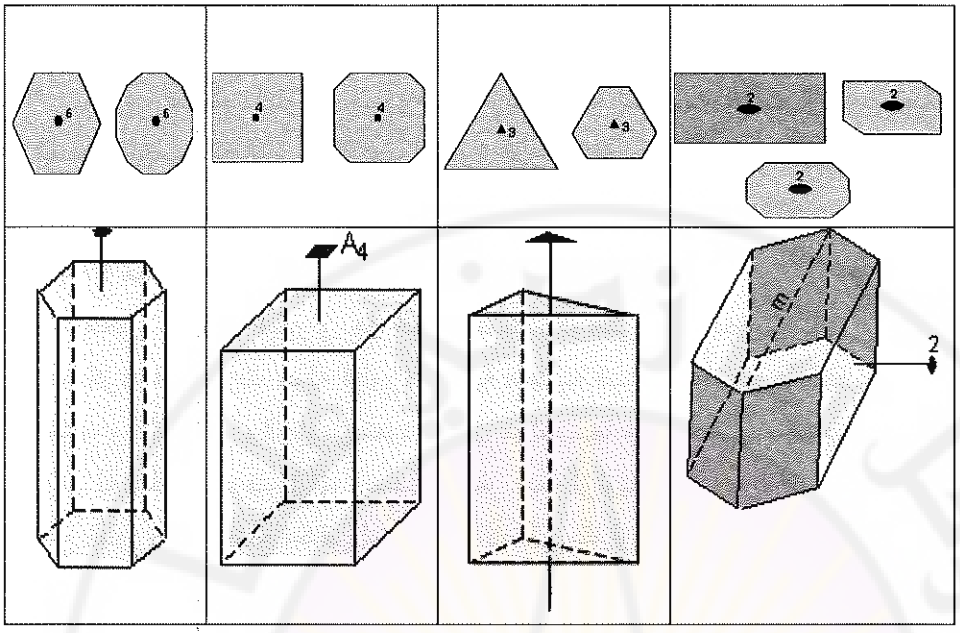
1-4 عناصر التناظر البلوري:

يعرف التناظر البلوري للبلورات الفلزية بأنه إمكانية التكرار المنتظم والصحيح لجميع العناصر الخارجية لبلورة الفلز (الوجوه، الأضلاع، الرؤوس) عند دورانها حول محور التناظر أو انعكاسها بالنسبة لمستوي أو مركز تناظر.

1-4-1 محاور التناظر البلوري:

محور التناظر البلوري هو الخط المستقيم الوهمي الذي يخترق البلورة ويمر من مركزها فإذا دارت حوله البلورة بزاوية معينة فإن عناصرها الخارجية: الوجوه، والأضلاع والرؤوس تعود وتمثل مواضعاً مطابقة لموضعها الأول. ويرمز له عادة بالحرف (L)، وتسمى أصغر قيمة لزاوية الدوران θ التي تؤدي إلى وضع البلورة في وضع مكافئ لموضعها الأصلي بالزاوية الأولية لمحور التناظر θ/ 360° = n ، وتبعاً لقيمة n تتحدد مرتبة محور التناظر. وتمثل هذه المرتبة عادة بأعداد صحيحة وتأخذ القيم 2،3،4 و 6.

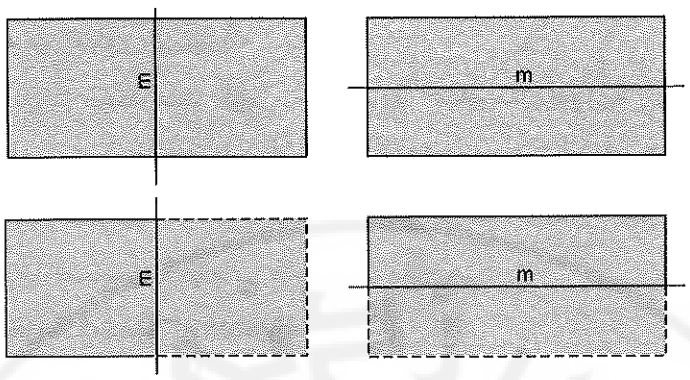
فإذا تكررت الأوضاع المتشابهة للبلورة مرتين خلال الدورة الكاملة يسمى المحور ثنائياً. ويرمز له بالعدد L^2 أو بالعلامة (◓). أما إذا تكررت ثلاث مرات في الدورة الكاملة، أي أن الشكل يعيد ذاته كل 120° لدى دورانه دورة كاملة حول محوره التناظري كان المحور ثلاثياً، ويرمز له بالعدد L^3 أو بالعلامة (▲). وفي حالة تكرار الشكل لذاته أربع مرات أي أن الشكل يعيد ذاته كل 90° لدى دورانه دورة كاملة حول نفسه كان المحور رباعياً ويرمز له بالعدد L^4 أو بالعلامة (■). وأخيراً وفي حالة تكرار الشكل لذاته حول محوره التناظري ست مرات في الدورة الكاملة يكون محوره التناظري من المرتبة السادسة ويرمز له بالعدد L^6 أو بالعلامة (⬢)، مع الإشارة هنا إلى أن بلورة الفلز الواحدة قد تحتوي على محاور عدة من مرتبة واحدة أو من مراتب عدة مختلفة. ولم يثبت علمياً حتى الآن وجود محاور تناظر بلورية من المرتبة الخامسة أو من المراتب الأعلى من المرتبة السادسة (شكل-5).



شكل- 5: الأنواع المختلفة لمحاور التناظر البلورية.

1-4-2 مستويات التناظر البلورية:

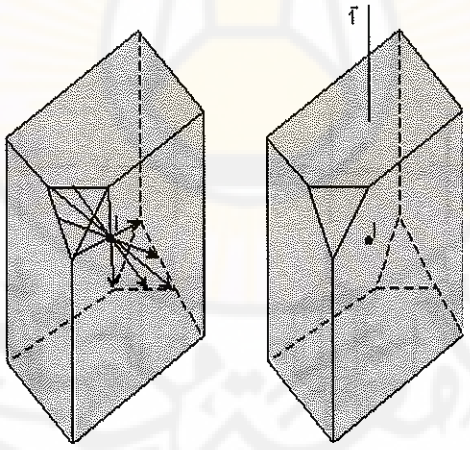
مستوى التناظر البلوري هو المستوى الوهمي الذي يحتوي على مركز البلورة، ويقسمها إلى قسمين متساويين متشابهين ومتناظرين بشكل مرآتي (شكل-6)، ويرمز له عادة بالحرف (P أو E). وقد تحتوي البلورة الواحدة على مستويات تناظر عدة، أو قد تخلو من أي مستوي للتناظر، فبلورة المكعب مثلاً تحتوي على ثلاثة مستويات تناظرية إحداثية، وستة مستويات تناظرية قطرية، كل منها يقسم البلورة إلى نصفين متساويين متعاكسين مرآتياً، بينما لا تحتوي بلورة ثلاثي الميل أي مستو من مستويات التناظر.



شكل- 6: مستوي التناظر في بلورة.

1-4-3 مركز التناظر البلوري:

يمثل مركز التناظر البلوري نقطة وهمية تقع داخل الشكل البلوري، ويرمز له عادة بالحرف (C أو Z). ويمثل مركز الشكل البلوري. وتتناظر عناصر البلورة بالنسبة للمركز من خلال تحقق الانعكاس المرآتي والانقلابي للشكل، فالوجه اليميني العلوي للبلورة مثلاً يتناظر بالنسبة لمركز البلورة على شكل وجه يساري سفلي (شكل-7).



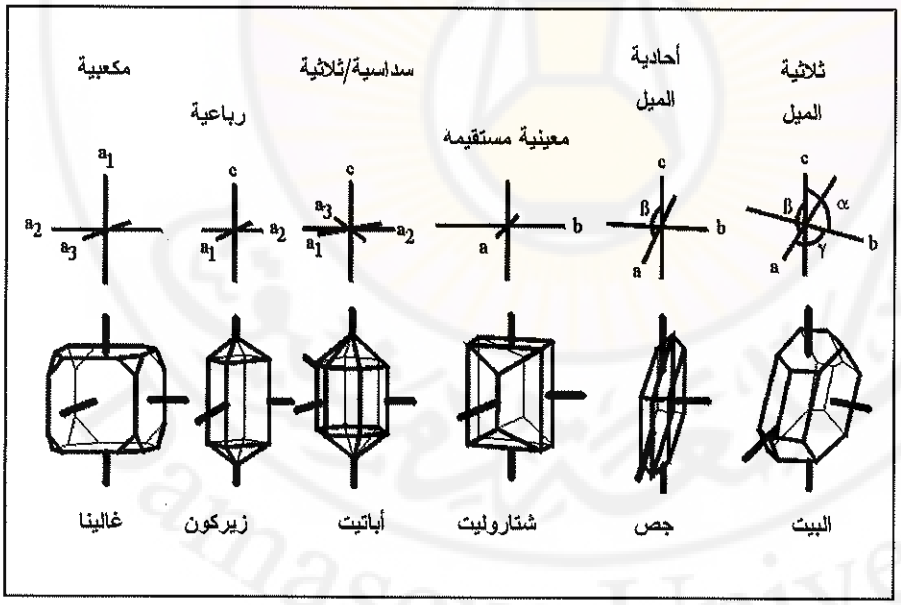
شكل- 7: مركز التناظر في بلورة.

Damascus University

1-5 منظومات التبلور الرئيسة:

تم تصنيف المنظومات البلورية في سبع منظومات بلورية رئيسة (شكل-8)، لكل منها محاور بلورية ذات أطوال ثابتة وزوايا محورية ذات قيم ثابتة مهما اختلفت أشكالها الخارجية، واعتمد التصنيف على نوعية المحاور البلورية وأبعادها وطبيعة الزوايا المحصورة بينها. وهذه المنظومات هي:

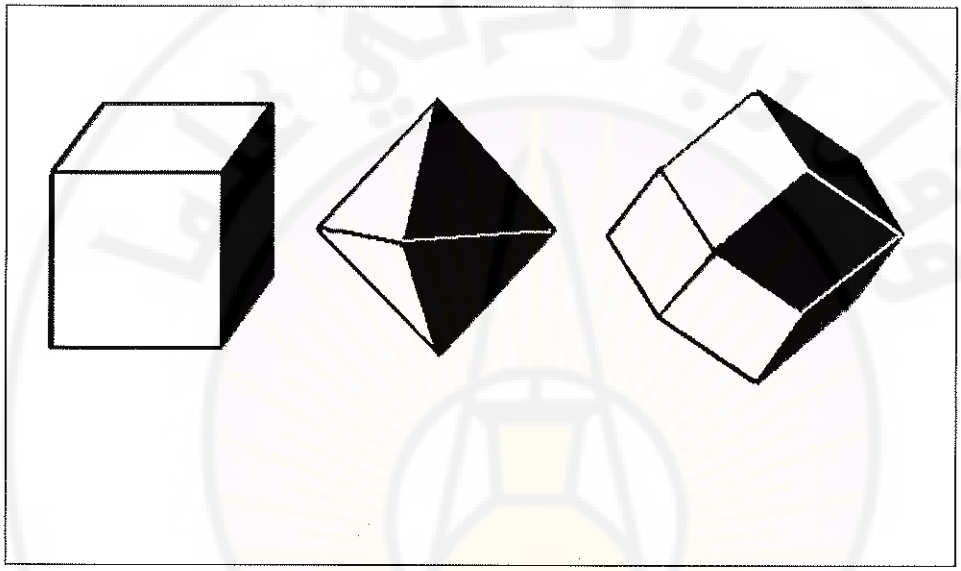
- المنظومة المكعبية (Cubic System).
- المنظومة السداسية (Hexagonal System).
- المنظومة الرباعية (Tetragonal System).
- المنظومة الثلاثية(معيني الوجوه) (Rhombohedral) Trigonal System.
- المنظومة المعينية المستقيمة (القائمة) (Orthorhombic System).
- المنظومة احادية الميل (Monoclinic System).
- المنظومة ثلاثية الميل (Triclinic System).



شكل- 8: منظومات التبلور الرئيسة مع مثال فلزي ممثل لكل منها.

1-5-1 المنظومة متساوية الخواص "المنظومة المكعبية":

تتساوى المحاور البلورية في المنظومة متساوية الخواص Isometric System "المنظومة المكعبية" Cubic System تكون a = b= c متعامدة فيما بينها أي أن الزاوية $\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$ أما صيغة التناظر البلورية للمنظومة المكعبية فهي $(3L^4,4L^3,6L^2,9P,C)$، (شكل-9).



شكل- 9: نماذج بلورات تنتمي للمنظومة متساوية الخواص "المكعبية".

يتبلور عدد كبير من الفلزات في المنظومة المكعبية منها على سبيل المثال: الهاليت NaCl، الفلوريت CaF_2، الغالينا PbS، الماغنيتيت Fe_3O_4، البيريت FeS_2، السفاليريت ZnS، الأرجينيت Ag_2S، السيلفين KCl، السبينيل $MgAl_2O_4$، الكوبريتCu_2O، اليورانينيت UO_2، الكروميت $FeCr_2O_4$، اللوسيت $KalSi_2O_6$، الصوداليت $Na_8(Cl_2Al_6Si_6O_{24})$، الذهب Au، النحاس Cu والألماسC.

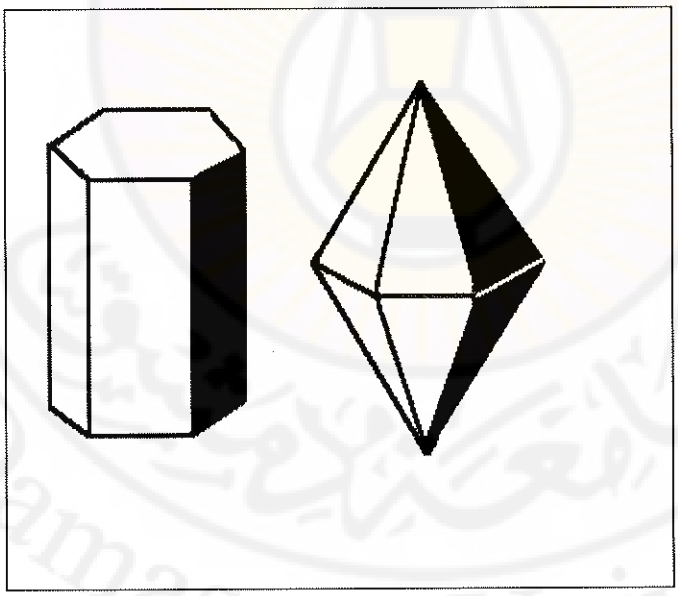
تكون بلورات المنظومة المكعبية بسيطة أو مركبة وتأخذ مجموعة من الأشكال نذكر أهمها وأكثرها انتشاراً " ثماني الوجوه، رباعي سداسي الوجوه،

. سداسي ثماني الوجوه، ثلاثي ثماني الوجوه، رباعي الوجوه، سداسي رباعي الوجوه، ثلاثي رباعي الوجوه.

1-5-2 المنظومة السداسية:

تتميز المنظومة السداسية Hexagonal System بوجود ثلاثة محاور أفقية $a_3=a_2=a_1$ متساوية بالطول، تشكل فيما بينها زوايا 120° مع وجود محور شاقولي c مختلف عنها بالطول (أقصر أو أطول) يتعامد معها $\beta=90^\circ$ وصيغتها التناظرية $(L^6,6L^2,7P,C)$ (شكل-10).

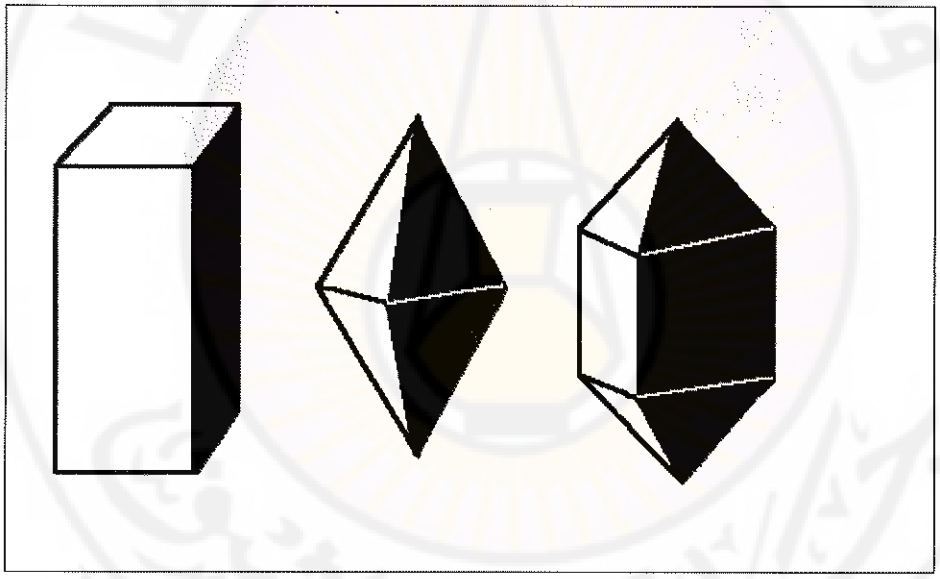
يتبلور في المنظومة السداسية عدد كبير من الفلزات نذكر منها: البيريل $Be_3Al_2Si_6O_{18}$, الأباتيت $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$، الموليبدينيت MoS_2، الفورتزيت ZnS، الكوفيلليت CuS، الغرافيت C، البيروتيت $Fe_{10}S_{11}$، الأكواماريـن Al_2Be_3 (Si_6O_{18}) والفانادينيت $Pb_5(Cl,VO_4)_3$.



شكل- 10: نماذج بلورات تنتمي للمنظومة السداسية.

1-5-3 المنظومة الرباعية:

تتميز المنظومة الرباعية Tetragonal System بتساوي المحورين الأفقيين واختلاف طول المحور الشاقولي عنهما (أقصر أو أطول) $a = b \neq c$ ، كما تتميز بتساوي الزوايا المحورية $\alpha=\beta=\gamma=90^{\circ}$ وتعامدها (شكل-11). تتكون الصيغة التناظرية في المنظومة الرباعية من $(L^4,4L^2,5P,C)$ ويعد من أهم فلزاتها: الزركون $ZrSiO_4$, الروتيل TiO_2، الكاسيتريت SnO_2، الشيلليت $CaWO_4$، البولبانيت MnO_2، الولفينيت $PbMoO_4$، الكالكوبيريت $CuFeS_2$ والأبوفيلليت $KCa_4Si_8O_{20}.8H_2O$.

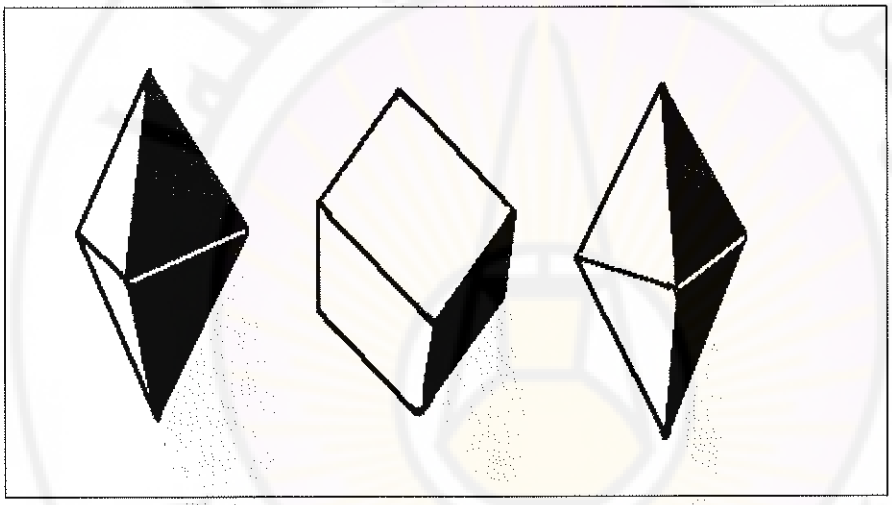


شكل- 11: نماذج بلورات تنتمي للمنظومة الرباعية.

1-5-4 المنظومة الثلاثية:

تشبه المنظومة الثلاثية Trigonal System المنظومة السداسية فهي تحتوي على ثلاثة محاور أفقية $a_3=a_2=a_1$ متساوية الأطوال وتشكل فيما بينها زاوية

120°، أما المحور الشاقولي c فيكون أقصر أو أطول منها ومتعامد عليها $\beta = 90^{\circ}$ (شكل- 12)، وصيغة تناظرها الأعظمية هي $(L^3,3L^2,3P,C)$، ومن أهم الفلزات التي تنتمي لهذه المنظومة نذكر: الكالسيت $CaCO_3$، الدولوميت $Ca,Mg(CO_3)_2$، الماغنيزيت MgCO3، السيديريت $FeCO_3$، الهيماتيت Fe_2O_3، الرودوكروزيت $MnCO_3$، السيمثونيت $ZnCO_3$، الأوتافيت $CdCO_3$، البروسيت $Mg(OH)_2$، الكورندوم Al_2O_3، الإيلمينيت $FeTiO_3$، السينابر HgS، الميلليريت NiS، الأغات SiO_2، الأميتيست SiO_2، الكوارتز SiO_2 والكالسيدوني SiO_2.

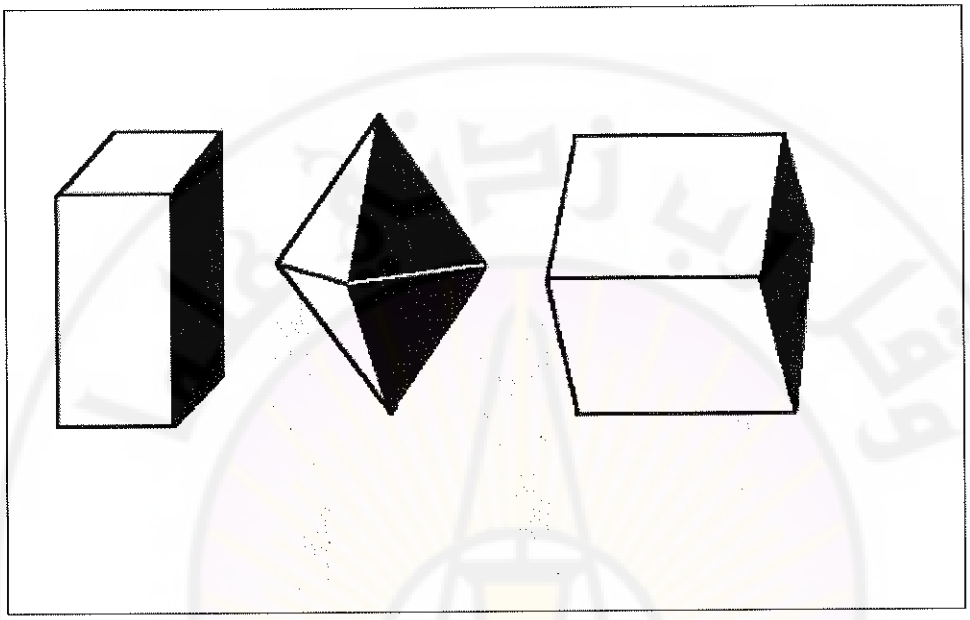


شكل- 12: نماذج بلورات تنتمي للمنظومة الثلاثية.

1-5-5 المنظومة المعينية المستقيمة (القائمة):

تتميز المنظومة المعينية المستقيمة (القائمة) Orthorhombic System بمحاور بلورية مختلفة الأطوال $c \neq b \neq a$ ومتعامدة أي أن $\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$، كما تتميز بصيغة تناظر بلورية $(3L^2,3P,C)$ (شكل-13). ينتمي للمنظومة البلورية المعينية المستقيمة (القائمة) مجموعة كبيرة من الفلزات نذكر منها هنا:

الباريت $BaSO_4$، الأوليفين $(Mg,Fe)_2SiO_4$، الأراغونيت $CaCO_3$، الماركاسيت FeS_2، السيروسيت $PbCO_3$، الستورولیت $Fe_2Al_9Si_4O_{22}(OH)_2$ والكبريت S.



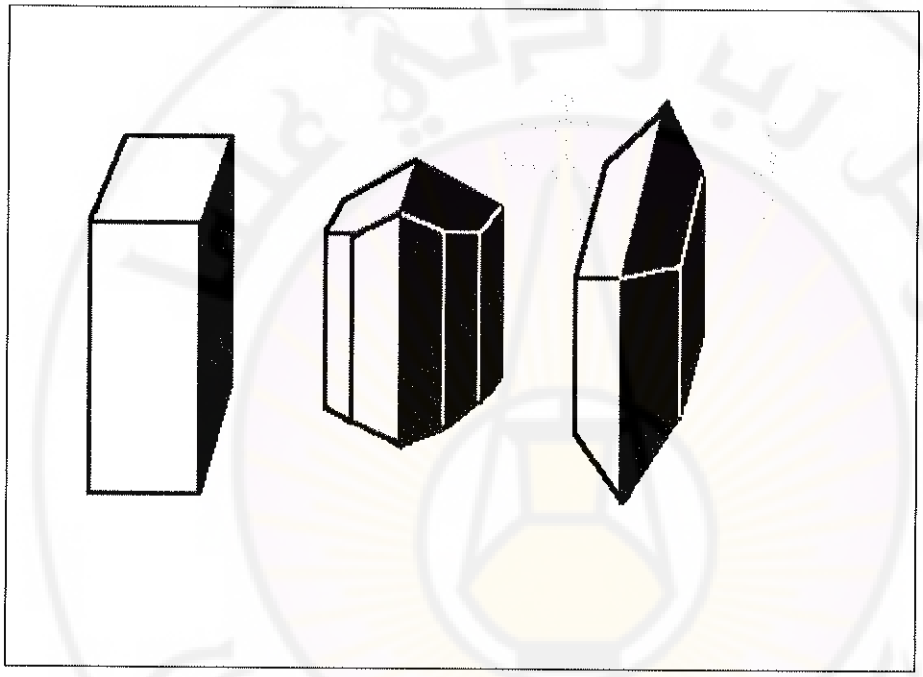
شكل- 13: نماذج بلورات تنتمي للمنظومة المعينية المستقيمة (القائمة).

1-5-6 المنظومة احادية الميل:

تكون المحاور البلورية في المنظومة وحيدة الميل Monoclinic System مختلفة الأطوال $a \neq b \neq c$ وتحتوي على زاويتين قائمتين هما $\alpha = \gamma = 90^\circ$، وتكون الزاوية $\beta \neq 90^\circ$، أما صيغة تناظرها الأعظمية فهي (L^2,P,C) (شكل-14).

تضم المنظومة البلورية وحيدة الميل مجموعة كبيرة جداً من الفلزات نذكر منها: الجبس $CaSO_4.2H_2O$، الأورثوكلاز $KAlSi_3O_8$، التيتانيت $CaTiSiO_5$، الولفراميت $(Fe,Mn)WO_4$، الريالغار AsS، الأوربيمينيت AsS_3، السربنتين $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$، التالك $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$، الكاولينيت $Al_2Si_2O_5(OH)_2$،

المســـــكوفيت $KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$، الأوجيـــــت $(Ca,Mg,Fe)_2(Al,Si)_2O_6$، الهورنبلند $Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$، الإبيدوت $Ca_2(Al,Fe)_3Si_3O_{12}(OH)$، البيوتيـــت $(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}K(OH)_2$، الأزوريـــت $Cu_3((OH)_2.(CO_3)_2)$، الديوبسيد $CaMgSi_2O_6$ والمالاكيت $CuCO_3.Cu(OH)_2$.



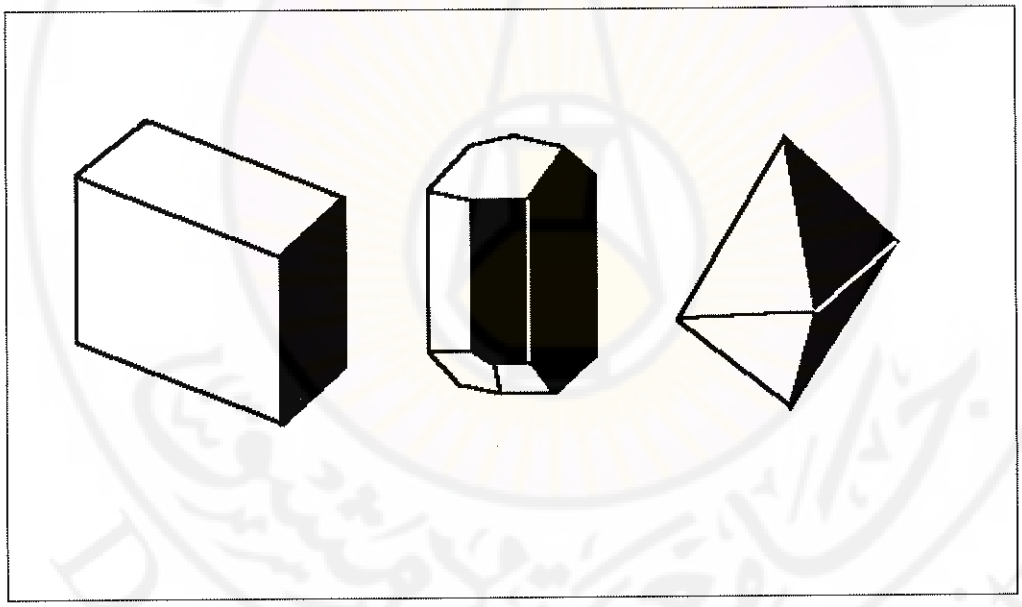
شكل- 14: نماذج بلورات تنتمي للمنظومة وحيدة الميل.

1-5-7 المنظومة ثلاثية الميل:

تتسم المحاور البلورية في المنظومـــة البلوريـــة ثلاثيـــة الميـــل Triclinic System أنها مختلفة بالأطوال فيما بينها $a \neq b \neq c$ ولا تشكل مع بعضها زوايا قائمة $90^\circ \neq \alpha \neq \beta \neq \gamma$، لبلورات هذه المنظومة صيغة تناظرية تتألف فقط من مركـــز تناظر (C) (شكل-15). من أهم الفلزات التي تنتمي لمنظومة ثلاثية الميل نـــذكر: الألبيـــت $NaAlSi_3O_8$، الأنورتيـــت $CaAl_2Si_2O_8$، الميكـــروكلين $KAlSi_3O_8$،

الولستونيت $CaSiO_3$، الكيانيت Al_2SiO_5، الرودونيت $MnSiO_3$، الأمازونيت $K(AlSiO_3O_8)$ والشالكانيت $CuSO_4.5H_2O$.

يزيد عدد العناصر أو المركبات الكيميائية المتبلورة في الطبيعة عن العشرين ألف مركب كيميائي، منها نحو 2500 فلز، ويعد الكثير من هذه الفلزات نادر الوجود، وتنتمي حسب نمط تبلورها إلى منظومات التبلور سابقة الذكر وفق النسب المئوية الآتية: " 10% من الفلزات تتبلور في منظومات التبلور: المكعبية، السداسية، الرباعية والثلاثية. و25% من الفلزات تتبلور في منظومة التبلور المعينية المستقيمة (القائمة)، و50% من الفلزات تتبلور في منظومة التبلور احادية الميل و15% من الفلزات تتبلور في منظومة التبلور ثلاثية الميل".



شكل- 15: نماذج بلورات تنتمي للمنظومة ثلاثية الميل.

التدريب العملي:

1. ارسم شكلاً بلورياً ممثلاً لكل منظومة تبلور، ثم حدد عليه كلاً من:
   a. العناصر البلورية (مستويات، أضلاع ورؤوس).
   b. محاور التناظر البلورية ومرتبتها.
   c. مستويات التناظر البلورية.
   d. مركز التناظر.
   e. حدد صيغة التناظر البلورية الأعظمية.
2. تعرف على نماذج منظومات التبلور، حاول عمل مجسمات مماثلة لها من الورق المقوى.

الفصل الثاني

الفلـــــــزات

2- الفلـــــزات

2-1 طرائق تشكل الفلزات في الطبيعة

2-1-1 التشكل المباشر من الماغما

2-1-2 التشكل من المحاليل المائية

2-1-3 التشكل نتيجة إعادة التبلور من خلال إعادة ترتيب الذرات في البلورات لفلزية سابقة التشكل

2-1-4 التشكل نتيجة عمليات التجوية

2-2 الخواص الفيزيائية (الصفات الطبيعية) للفلزات

2-3 التصنيف العام للفلزات

2-3-1 تصنيف الفلزات حسب نسبة تواجدها في الصخر

2-3-2 تصنيف الفلزات حسب درجة مقاومتها لعمليات التجوية

2-3-3 تصنيف الفلزات حسب منشئها

2-3-4 تصنيف الفلزات حسب تركيبها الكيميائي

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

2- الفلـــــزات

2-1 طرائق تشكل الفلزات في الطبيعة:

تتشكل الفلزات الموجودة في صخور القشرة الأرضية وفق طرائق عدة، أهمها:

2-1-1 التشكل المباشر للفلزات من الماغما:

تتكون معظم الفلزات التي تشكل القشرة الأرضية نتيجة تبرد الماغما (Magma) على أعماق كبيرة في باطن الأرض، أو نتيجة تبرد المقذوفات والمسكوبات أو الطفوح واللابات البركانية (Lava) على السطح الخارجي للأرض. وتسهم الفلزات المتشكلة وفق هذه الطريقة بتكوين الصخور النارية Igneous Rocks.

2-1-2 التشكل من المحاليل المائية:

تقسم الفلزات المتشكلة وفق هذه الطريقة حسب طبيعة المحاليل المائية إلى نوعين هما:

- تشكل الفلزات من المحاليل المائية الموجودة على السطح الخارجي للقشرة الأرضية التي تشكل الغلاف المائي، فالمياه السطحية أو الجوفية تعمل على إذابة مختلف المركبات الملحية القابلة للذوبان، ويمكن لهذه المركبات في مدة لاحقة وفي شروط معينة أن ترسب مجموعة كبيرة من الفلزات الملحية مثل الهاليت، الجص، الدولوميت، السيديريت والسلفين.

تحتوي مياه المحيطات والبحار والبحيرات المالحة على كميات كبيرة من الأملاح الذائبة. ونتيجة لعملية البخر فإن تركيز هذه الأملاح يزداد حتى يصل إلى مرحلة الترسب، مع العلم أن عملية ترسب الأملاح من محاليلها تتم بالتسلسل حسب درجة ذوبان الأملاح، فالملح الأقل ذوباناً يترسب أولاً. لهذا يحصل ترسب الأملاح وفق الترتيب الآتي: "كربونات الكالسيوم، كربونات

المغنيزيوم، كبريتات الكالسيوم، كلوريد الصوديوم" وهي تشكل بمجموعها أغلب الصخور الرسوبية ذات المنشأ الكيميائي Chemically Formed (Sedimentary Rocks). كما أن الكائنات الحية التي تعيش في الأوساط المائية البحرية أو البحيرية قد تسهم في تكوين الفلزات، إذ إن توضع قواقعها عبر الزمن الجيولوجي الطويل يسبب في تجمع كميات كبيرة وهائلة من القواقع التي تشكل بدورها بعد عملية تجمعها وتراصها طبقات كبيرة من الصخور الرسوبية العضوية (Organically Formed Sedimentary Rocks).

- تشكل الفلزات من المحاليل المائية الحارة (Hydrothermal Solutions) وتمثل البقية الباقية من المحاليل المتبقية من تبلور الماغما (Magma) وتكون غنية المحتوى عادة بالعديد من المركبات الكيميائية الأكسيدية، السولفيدية، السولفاتية والكربوناتية... فمع انخفاض درجتي الحرارة والضغط لهذه المحاليل تبدأ عملية تبلور الفلزات وتشكلها خاصة الكثير من الخامات المعدنية الاقتصادية (Metallic Ores) منها.

تقسم المحاليل المائية الحارة تبعاً لدرجة حرارتها إلى ثلاثة أنواع هي:

أ. المحاليل المائية الحارة ذات الحرارة المرتفعة (300-500م°) ويتشكل منها الفلزات الآتية: الولفراميت $(Fe,Mn)WO_4$، المولبدينيت MoS_2، الكاسيتريت SnO_2، التوباز $Al_2F_2(SiO)_4$، الغارنت $(Mg,Fe,Mn,Ca)_3(Al,Fe,Cr)(SiO_4)_3$، والأباتيت $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$.

ب . المحاليل المائية الحارة متوسطة الحرارة (200-300م°) ويتشكل منها الفلزات الآتية: الكالكوبيريت $CuFeS_2$، السفاليريت ZnS، الغالينا PbS، الأرسينوبيريت FeAsS، التيتراهيدريت $(Cu,Fe,Zn,Ag)_{12}Sb_4S_{13}$، الباريت $BaSO_4$ والكالسيت $CaCO_3$.

ج . المحاليل المائية الحارة منخفضة الحـرارة (200-50م°) ويتشـكل منهـا الفلزات الآتيـة: السـينابار HgS، السـتبنيت Sb_2S_3، الماركازيـت FeS_2 الفلوريت CaF_2.

2-1-3 التشكل نتيجة إعادة التبلور من خلال إعادة ترتيب الذرات في البلـورات الفلزية سابقة التشكل: تساهم المحاليل المائية المتغلغلة في الفواصـل والشـقوق الصخرية -غالباً- بعملية إعادة الترتيب الذري المتمثل إما بإزالة، أو إضافة بعض الذرات الكيميائية. فعلى سبيل المثال تتحول الصخور الجيرية المكونة بشكل رئيس من فلز الكالسيت لدى تغلغل المحاليل المائية ضمنها والغنية بأيونات المغنيزيوم إلى صخور الدولوميت، وفق التفاعل التالي:

$$2CaCO_3 + Mg^{++} \rightarrow (Ca\ Mg)(CO_3)_2 + Ca^{++}$$

وقد تحدث عملية إعادة ترتيب النظام البلوري الذري للفلزات أيضـاً فـي شـروط عالية من الضغط والحرارة مؤدية إلى تشكل فلزات جديـدة تسـهم فـي تكـوين الصخور المتحولـة (Metamorphic Rocks)، فمـثلاً يتحـول فلـز الألبيـت (البلاجيوكلاز الصودي) بدرجات حرارة مرتفعة وعند توفر عنصر البوتاسيوم في وسط التحول إلى فلز السانيدين (أحد فلزات مجموعة الفلدسبات البوتاسـي) وفـق التفاعل التالي:

$$NaAlSi_3O_8 + K^+ \rightarrow KalSi_3O_8 + Na^+$$

2-1-4 التشكل نتيجة عمليات التجوية الكيميائية المختلفة: تتم عملية تشكل مجموعة كبيرة من الفلزات على السطح الخارجي للقشرة الأرضية نتيجة تأثير عمليات التجوية الكيميائية المختلفة على الصخور الأولية القديمة، لا سيما الصخور النارية مؤدية لتشكل ما يسمى بالتوضعات المتبقية (Residual Deposits) وكذلك فلزات الغضار (Clay Minerals)، فمثلاً يتحول فلز المسكوفيت نتيجة إزاحة بعض أيونات البوتاسيوم أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ إلى فلز الإيليت وهو أحد أنواع فلزات الغضار ومع استمرار عملية إزاحة أيونات البوتاسيوم يتشكل فلز جديد هو

الفيرموكوليت الذي يتحول لدى وجوده في وسط غني بأيونات الألمنيوم إلى فلز الكلوريت.

2-2 الخصائص الفيزيائية (الصفات الطبيعية) للفلزات:

تختلف الخصائص والصفات الفيزيائية الطبيعية للفلزات تبعاً لاختلاف تركيبها الكيميائي وتركيبها الذري الداخلي، لذلك تتباين الخصائص الفيزيائية للفلزات فيما بينها، إلا أنها تكون ثابتة للفلز الواحد، لذلك تستخدم عادة الصفات الفيزيائية لأي فلز كونها صفات ثابته ومحددة من أجل الكشف عن هذا الفلز وتحديد نوعيته وتركيبه.

علماً بأن كثيراً من الخصائص والصفات الفيزيائية الطبيعية للفلزات يمكن تحديدها وملاحظتها بالعين المجردة، أو باستخدام وسائل وأدوات مساعدة بسيطة مثل عدسة التكبير، لكن بعضها الأخر يتطلب استخدام أجهزة معقدة مثل المجهر الاستقطابي، المجهر الإلكتروني وأجهزة التحليل الكيميائية المتطورة.

2-2-1 اللون Color:

يحدد لون أي فلز بنوع الموجات الضوئية (الطيف الضوئي) المنعكسة عن سطح هذا الفلز بعد امتصاصه كلَّ الموجات الضوئية الأخرى التي تؤلف الضوء الأبيض، فمثلاً يكون لون الفلز أبيض إذا استطاع أن يعكس جميع الموجات الضوئية، بينما يظهر لونه أسودَ إذا امتص جميع الموجات الضوئية ولم يعكس أي منها، ويظهر لونه أزرق إذا امتص جميع أطياف اللون الأبيض وعكس موجات الضوء الأزرق فقط. وعلى الرغم من أن لون الفلز هو أكثر الصفات الفيزيائية وضوحاً، إلا أنه أقل الصفات أهمية من حيث الاعتماد عليه في تحديد هوية الفلز، لأن عدداً قليلاً جداً من الفلزات يتمتع بلون ثابت ومحدد، مثلاً: اللون الأزرق يميز فلز الأزوريت، اللون الأخضر يميز فلزي المالاكيت والبيريل، ويميز اللون الأحمر فلز السينابار، ويميز اللون الأسود فلز الماغنيتيت، بينما يميز اللون الأصفر فلز الكبريت (شكل-16). وعلى العكس يكون لكثير من الفلزات ألوان عدة مثل: فلز

الكوارتز يكون بلون شفاف أو أبيض حليبي أو دخاني أو وردي أو بنفسجي أو أصفر (شكل-17)، وذلك تبعاً لنوعية الشوائب الكيميائية وكميتها المختلفة التي تدخل في تركيبه الداخلي بنسب صغيرة ومحدودة.

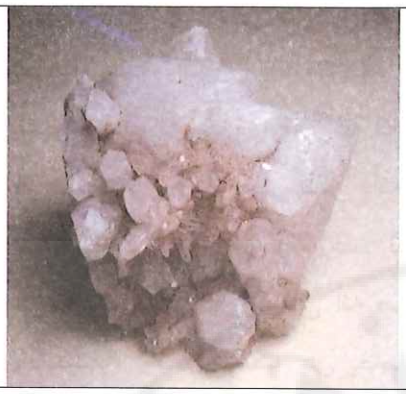
يتم تحديد لون الفلز عادة على السطح المكسور حديثاً منه، لأن السطح الخارجي للفلز المعرض لعوامل التجوية غالباً ما يكون لونه مختلفاً عن لون الفلز الحقيقي نتيجة تأثره بعمليات التجوية الكيميائية كالتحلل والإماهة أو الأكسدة أو الكربنة.

تقسم الفلزات حسب لونها إلى ثلاث مجموعات هي:

- **فلزات ثابتة اللون Idiochromatic Minerals:** وهي فلزات يعود لونها الثابت المتأصل إلى تركيبها الكيميائي العام فاللون الأحمر يميز فلز النحاس، بينما يخص اللون الأصفر كل من فلز الذهب وفلز الكبريت، واللون الأخضر فلز المالاكيت، بينما يتميز فلز الأزوريت بلونه الأزرق.
- **فلزات متغيرة اللون أو متعددة اللون Allochromatic Minerals:** وهي فلزات تتغير ألوانها إما تبعاً لتغير كمية العناصر الكيميائية الانتقالية الملونة ونوعيتها التي تساهم في التركيب الكيميائي للفلز مثل: الكروم، والكوبالت، والنيكل، والنحاس، والفناديوم، والمنغنيز والتيتانيوم، فمثلاً يختلف لون فلز السفاليريت من اللون الأصفر فاللون البني وحتى اللون الأسود تبعاً لنسبة عنصر الحديد المساهمة في تركيبه، أو تبعاً لنوعية الشوائب الكيميائية وكميتها التي تدخل في تركيبها بنسب ضئيلة، إذ تعمل على تلوين الفلزات بلون يخالف لونها الحقيقي عندما تكون نقية وخالية من هذه الشوائب الكيميائية، وعلى سبيل المثال يكون فلز الكوارتز النقي شفافاً عديم اللون، لكنه يصبح وردي اللون (Rosaquartz) بوجود بعض الشوائب مثل أكاسيد الحديد، ويصبح بنفسجي اللون (Amethyste) بوجود نسب ضئيلة من أكاسيد المنغنيز والتيتانيوم.



شكل- 16: بعض الأنواع الفلزية ذات اللون الثابت.

	
بلوراة كوارتز شفافة عديمة اللون	كوارتز حليبي اللون
	
كوارتز دخاني اللون	كوارتز وردي "زهري" اللون
	
كوارتز بنفسجي اللون	كوارتز أصفر "ليموني" اللون

شكل- 17: الألوان المختلفة والشائعة لفلز الكوارتز.

- **فلزات ذائفة اللون Pseudchromatic Minerals:** هي فلزات تعكس سطوحها ألواناً متباينة ومتنوعة كالأزرق والأخضر والأحمر عند دوران الفلز أو عند تغير زاوية النظر للفلز ذاته، من أمثلتها فلزي اللابرادوريت والألماس.

يتضح مما سبق- وبسبب عدم ثبات لون عدد كبير من الفلزات- أنه من الصعب استخدام اللون على أنه صفة فيزيائية طبيعية منفردة في تميز الفلزات وتحديدها، ويتم الكشف عن خاصية فيزيائية أخرى ترتبط بلون الفلز هي خاصية المخدش.

2-2-2 المخدش Streak:

على العكس من اللون في الفلز فإن لون المخدش يعدُّ صفة فيزيائية طبيعية ثابتة ومميزة لكل فلز، ويعرف المخدش بأنه لون مسحوق الفلز أو لون الأثر الناتج عن حك الفلز على قطعة خزف (بورسلين) غير مصقولة تسمى لوح المخدش (Streak Plate). فعلى سبيل المثال، يمكن تحديد هوية فلزات أكاسيد الحديد المختلفة من لون مخدشها، فمخدش فلز الهيماتيت بني إلى أحمر (قرميدي) داكن اللون (شكل-18)، ومخدش فلز الليمونيت بني اللون، أما مخدش فلز الماغنيتيت فهو رمادي قاتم إلى أسود اللون، ومخدش فلز الغوتيت بني مصفر اللون. وبشكل عام ليس من الضروري أن يكون لون الفلز مماثلاً للون مخدشه، فمثلاً لون فلز الكروميت أسود ولون مخدشه بني، وفلز البيريت لونه أصفر نحاسي ولون مخدشه أسود. بعض الفلزات يتطابق لونها مع لون مخدشها كفلز الغرافيت "الفحم"، وفلز الكبريت، وفلز المالاكيت.



شكل- 18: تحديد لون مخدش فلز الهيماتيت بواسطة قطعة الخزف "بورسلين".

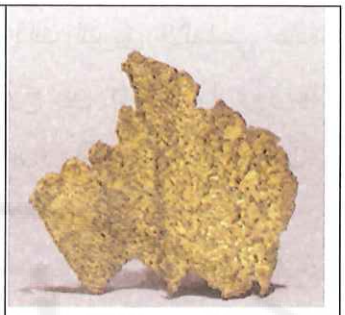
من أجل الحصول على مخدش الفلز بطريقة استخدام قطعة الخزف (البورسلين)، يجب أن تكون قساوة (صلابة) الفلز أقل من قساوة قطعة الخزف، أما إذا كانت قساوة الفلز أكبر من قساوة قطعة الخزف فسوف يكون لون المخدش أبيض، وهو لون مخدش قطعة الخزف نفسها (علماً أن قساوة قطعة الخزف تقدر بنحو السبعة). مع الملاحظة أيضاً أن أغلب الفلزات ذات البريق المعدني لها لون مخدش قاتم يختلف في كثير من الأحيان عن لون الفلز الأصلي، بينما تتميز الفلزات ذات البريق اللامعدني بمخدش فاتح اللون أو أبيض، لذلك لا يعتمد عادةً على خاصية المخدش لتحديد هوية هذه الفلزات ونوعها، بينما يُعتمد على المخدش عند التفريق والتميز بين الفلزات ذات البريق المعدني.

2-2-3 البريق (اللمعان) Luster:

يعرف بريق الفلز أو لمعانه على أنه طبيعة انعكاس الضوء الساقط على السطح الخارجي للفلز ومقداره وشكله، وتعد زاوية سقوط الضوء والصفات البلورية الانكسارية والانعكاسية للفلز من العوامل التي تؤثر على كمية الضوء المنعكس على سطح الفلز الخارجي. ويعد البريق من الخواص المهمة المميزة والمحددة للفلزات (شكل-19)، ويمكن تقسيم الفلزات تبعاً لنوع بريقها إلى ثلاث مجموعات هي:

- **فلزات ذات بريق معدني Metalic Luster:** وهو البريق المماثل لبريق المعدن، فعلى سبيل المثال لفلز الذهب بريق ذهبي، ولفلز النحاس بريق نحاسي، ولفلز الفضة بريق فضي، ولفلز البيريت والكالكوبيريت والغالينا، بريق معدني، وتتميز جميع الفلزات ذات البريق المعدني أنها فلزات عاتمة غير شفافة أو مُنفذة للضوء.
- **فلزات ذات بريق شبه معدني:** يقع البريق شبه المعدني عادة بين البريق المعدني والبريق اللامعدني : مثل بريق فلز الكروميت، والولفراميت، والغرافيت، والهيماتيت، والروتيل، والليمونيت.
- **فلزات ذات بريق لا معدني Non-Metalic Luster:** يلاحظ بصفة عامة أن الفلزات ذات البريق اللامعدني تكون فاتحة اللون وتسمح مقاطعها الرقيقة بمرور الضوء من خلالها، وتقسم حسب نوع بريقها إلى سبعة أنواع مختلفة هي:
  - **فلزات ذات بريق زجاجي:** تشكل الفلزات ذات البريق الزجاجي قرابة الـ 70% من مجموع الفلزات في الطبيعة، وتتميز أنها فلزات شفافة، ومُنفذة للضوء، وتراوح معاملات انكسارها بين 1.9-1.3، ومن أكثر فلزات هذه المجموعة نذكر: فلز الكوارتز، والكالسيت، والأكتينوليت، والأوليفين، والسيلينيت والتوباز.

- **فلزات ذات بريق ألماسي:** تتميز الفلزات ذات البريق الألماسي عادةً بصلادتها ومعاملات انكسارها العالية تراوح بين 2.6-1.9 ووزنها النوعي المرتفع، من أهم أمثلتها: فلز الألماس، والكورويند، والزركون، والأندراديت، والسينابر، والكبريت المتبلور.
- **فلزات ذات بريق شحمي:** يشابه في بريقه بريق الشمع، ومن أمثلته: فلز السربنتين، وفلز الشبيسارتين.
- **فلزات ذات بريق صمغي:** يشابه في بريقه بريق الصمغ، ومن أمثلته الفلزية: فلز الكبريت، السفاليريت، الكالسيدوني والنيفلين.
- **فلزات ذات بريق لؤلؤي:** يميز عادة الفلزات الصفائحية كاملة الانفصام، مثل: فلزات مجموعة الميكا كفلز المسكوفيت، والبيوتيت، والليبدوليت، وفلز الجبس "الجص"، والتالك.
- **فلزات ذات بريق حريري:** يميز عادة الفلزات ذات الشكل الليفي كالأسبيستوس وبعض أنواع الجص الليفي.
- **فلزات ذات بريق ترابي أو مُطفأ:** وتميز فلزات الغضار كالكاولينيت والإيليت وفلز البسيلوميلان والكريزوكولار.

		
بريق معدني، فلز الذهب	بريق معدني، فلز الأرسينوبيريت	بريق معدني، فلز الغالينا
		
بريق لؤلؤي، فلز التالك	بريق ألماسي، فلز الأندراديت	بريق زجاجي، فلز الأوليفين
		
بريق شحمي، فلز الشبيسارتين	بريق صمغي، فلز الكالسيدوني	بريق ترابي، فلز البسيلوميلان

شكل- 19: الأنواع الرئيسة لبريق الفلزات.

2-2-4 القساوة (الصلادة) Hardness:

القساوة هي مقدار المقاومة التي يظهرها السطح المصقول من فلز ما إزاء الخدش بأداة حادة، وتعد هذه الصفة ذات أهمية كبيرة في تمييز الفلزات، فالفلزات الأكثر قساوة تخدش الفلزات الأقل قساوة منها. ويمكن تحديد درجة القساوة النسبية لفلز ما عادة بخدشه بأحد الفلزات المعروفة درجة قساوته، فإذا تم خدشه يكون أقل قساوة من الفلز الذي خدشه. رتب العالم الألماني فريدريش موهس سلماً خاصاً لتحديد درجة القساوة سمي باسمه (Mohs Scale of Hardness) (شكل-20)، ويتألف من عشرة فلزات قياسية رتبت بشكل تصاعدي مع تزايد درجة قساوتها النسبية من الأسفل للأعلى وفق الترتيب المبين في الجدول-1.

مع ضرورة الأخذ في الحسبان بأن درجة القساوة الموافقة لكل فلز في هذا مقياس "سلم" موهس تكون نسبية، إذ إنه ليس من الحقيقي أن قساوة فلزا الألماس تساوي فقط عشرة أمثال قساوة فلز التالك، لذا فقد حددت القساوة المطلقة للفلزات كما هو مبين أيضاً في الجدول-1 حسب العالم Rosival.

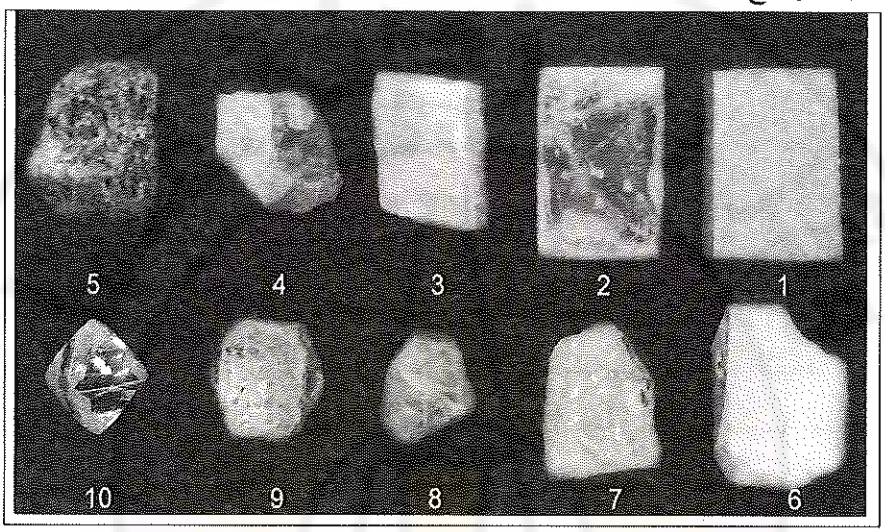
يلاحظ من الجدول-1 أن قساوة ظفر الإنسان تقدر بنحو2.5 أي أنها تقع بين درجة قساوة فلزي الجص والكالسيت، ولهذا فهو يخدش فلزي التالك والجص، لكنه لا يخدش فلز الكالسيت، كذلك فإن نصل السكينة العادية تقع قساوتها بين فلزي الفلوريت والأباتيت، لذلك فهي تخدش فلز الفلوريت لكنها لا تخدش فلز الأباتيت، كما يستعمل المبرد الصلب عادة للتفريق والفصل بين الفلزات ذات القساوة الأقل من7 (المجوهرات الزجاجية التقليدية) عن الفلزات ذات القساوة الأكبر من 7 (المجوهرات الحقيقية).

جدول- 1: درجات القساوة النسبية والمطلقة "الفعلية" للفلزات.

اسم الفلز وتركيبه الكيميائي	درجة القساوة حسب Mohs	درجة القساوة الفعلية حسب Rosival	ملاحظات
التالك $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	1	0.03	يخدش بالظفر
الجبس $CaSO_4.2H_2O$	2	1.04	قساوة الظفر نحو 2.5
الكالسيت $CaCO_3$	3	3.75	قساوة قطعة نقود نحاسية نحو 3.5
الفلوريت CaF_2	4	4.20	قساوة نصل سكين عادية نحو 4.5
الأباتيت $Ca_5(PO_4)_3(Cl,F,OH)$	5	5.40	قساوة قطعة زجاج نحو 5.5
الأورثوكلاز $KAlSi_3O_8$	6	30.8	قساوة المبرد الصلب 6.5-7
الكوارتز SiO_2	7	100	
التوباز $Al_2(SiO_4)F_2$	8	146	
الكورونـدوم Al_2O_3	9	833	قساوة كربيد السليكون نحو 9.5
الألماس C	10	117000	

شكل- 20: فلزات سلم موهس المقترح لتحديد قساوة الفلزات النسبية، رتبت بشكل تصاعدي مع تزايد درجة قساوتها النسبية من الأسفل للأعلى.

وتجدر الإشارة هنا أن صلادة بعض الفلزات تتباين تبعاً لاتجاه الخدش وموقعه فيها، ويطلق على هذه الظاهرة مصطلح تجاهي الصلادة Hardness Anisotropy ومن أهم أمثلتها الفلزية فلز الكيانيت، حيث تراوح صلادته وفق المحور المطابق للمحور الشاقولي بين 4-5 وترتفع في المحور الأفقي المعامد عليه لتراوح بين 6-7.



2-2-5 التشقق (الانفصام) Cleavage:

هو قابلية تشقق وانقسام الفلز المتبلور وفق اتجاهات أو مستويات منتظمة ومحددة نتيجة تعرضه للضغط أو الطرق. ويرتبط التشقق بقوى الترابط الكيميائية بين العناصر المكونة للفلزات، ويمتد عادة وفق المستويات ضعيفة الترابط، هذا وتعرف المستويات التي ينفصل الفلز وفقها بمستويات التشقق أو بمستويات الانفصام (Cleavage Planes)، وتكون هذه الخاصية واضحة جداً ومميزة لبعض الفلزات، فبعض الفلزات تتشقق في اتجاه واحد إلى صفائح رقيقة جداً، مثل: فلزات مجموعة الميكا (فلز المسكوفيت، فلز البيوتيت وفلز الليبيدوليت)، وبعضها ينقسم وفق اتجاهين، مثل: فلز الأوجيت الذي يتشقق في مستويين متقاطعين بزوايا قائمة 90°، وفلز الهورنبلند الذي يتشقق في مستويين متقاطعين بزوايا منفرجة

120°، وبعض الفلزات تتشقق في ثلاثة اتجاهات متعامدة، مثل: فلز الهاليت وفلز الغالينا، فعند تعرض فلزي الهاليت والغالينا لضربات قوية وسريعة تتفتت إلى مجموعة من المكعبات الصغيرة، لذا نقول: إن لهما تشققاً أو انفصاماً مكعبي الشكل، أيضاً فلز الكالسيت يتشقق وفق ثلاثة اتجاهات، إلا أنها تكون غير متعامدة، لذلك عند تعرضه للطرق يتفتت إلى مجموعة من المعينات الصغيرة، لذا يكون لفلز الكالسيت تشقق أو انفصام معيني الشكل، وبعض الفلزات تتشقق في أربعة اتجاهات مثل: فلز الفلوريت، أو حتى ستة اتجاهات مثل: فلز السفاليريت.

2-2-6 المكسر Fracture:

بعض الفلزات لا تتشقق مثل فلز الكوارتز ولهذا يمكن أن يكون لشكل المكسر صفة مميزة لها، فالمكسر بالتعريف هو عبارة عن الشكل الذي يظهر على سطح الفلز نتيجة كسره، ويمكن تقسيم المكسر حسب شكله إلى الأنواع الآتية:

- **مكسر محاري (صدفي):** يبدو المكسر على هيئة خطوط مقوسة منحنية تشابه الشكل الداخلي لصدفة المحارة، ومن أمثلته مكسر كل من فلز الكوارتز، والصوان والأوبسيديان.
- **مكسر خشن:** يبدو المكسر غير منتظم ومن أمثلته مكسر فلز الباريت.
- **مكسر ناعم مستوٍ:** يبدو مكسر الفلز مسطحاً وأملس تقريباً ومن أمثلته مكسر فلزي المغنيزيت والغالينا.
- **مكسر غير مستوٍ:** هو أكثر مكاسر الفلزات انتشاراً ، يبدو مكسر الفلز خشناً وغنياً بالنتوءات، من أمثلته مكسر فلز البيريت.
- **مكسر مسنن:** يبدو المكسر الناتج عن الكسر ذا أسنان حادة ومن أمثلته مكسر بعض الفلزات المعدنية الحرة الطليقة كالنحاس والفضة.

2-2-7 الوزن النوعي Specific Gravity:

يعد الوزن النوعي لكثير من الفلزات صفة مميزة ومهمة في تحديد هوية الفلزات. وتكون قيمة الكثافة النوعية لكل فلز ثابتة، ويمكن تحديدها بمقارنة وزن عينة من الفلز بوزن حجم مساوٍ لها من الماء المقطر في درجة حرارة +4م°، فمثلاً عينة فلز الغالينا وزنها النوعي 7.6، أي أن وزنها يساوي 7.6 مرة وزن حجم مساو لها من الماء. يتأثر الوزن النوعي لأي فلز عادة بنمط ارتصاف عناصره الكيميائية وشكلها ضمن شبكته البلورية الفلزية ومن ثم منظومة تبلوره، فعلى سبيل المثال يكون الوزن النوعي لفلز الألماس 3.5 أكبر من الوزن النوعي لفلز الغرافيت 2.3 على الرغم من أن كليهما يتكونان من عنصر الكربون (الفحم) إلا أن ذرات عنصر الكربون في فلز الألماس تتقارب وتتراص بشكل محكم في الشبكة البلورية، في حين أنها تتباعد وتشكل فراغات بينية كبيرة فيما بينها في فلز الغرافيت، أيضاً تضم مجموعة فلزات الكوارتز Quartz Group تسعة فلزات لها تركيب كيميائي واحد SiO_2، لكنها تختلف عن بعضها في نمط التبلور Polymorph، مما يؤدي لتباين الوزن النوعي كما هـو موضح في الجدول-2.

أيضاً يرتبط الوزن النوعي للفلز مع تركيبه الكيميائي، فعلى سبيل المثال جميع فلزات عنصر الرصاص لها وزن نوعي نتيجة الوزن الذري لعنصر الرصاص الكبير، كما ويتغير الوزن النوعي للفلزات نتيجة عمليات الإحلال والاستبدال لبعض العناصر الكيميائية في الشبكة البلورية للفلز مثل إحلال عنصر الألمنيوم محل عنصر السليكون، وإحلال عنصر الحديد محل عنصر المغنيزيوم، فمثلاً يراوح الوزن النوعي لفلز الأوليفين بين 3.2 لفلز الأوليفين الغني بالمغنيزيوم $Mg_2(SiO)_4$ (الفورستريت) و4.4 لفلز الأوليفين الغني بالحديد $Fe_2(SiO)_4$ (الفاياليت)، يوضح الجدول-3 العلاقة الطردية بين تزايد الوزن الذري للفلز مع

وزنه النوعي، حيث نجد أربع مركبات فلزية تنتمي لمجموعة فلزية واحدة هي الكربونات وتختلف أوزانها الذرية متزايدة مع تزايد الوزن الذري للكاتيون الفلزي (الشق القاعدي) المرتبط بها.

جدول- 2: العلاقة بين الوزن النوعي ونمط التبلور.

	اسم الفلز	التركيب الكيميائي	منظومة التبلور	الوزن النوعي
1	ستيشوفيت Stishovite	SiO_2	الرباعية	4.35
2	كويزيت Coesite	SiO_2	وحيد الميل	3.01
3	كوارتز (ألفا-منخفض) Low(α) Quartz	SiO_2	السداسية	2.65
4	كوارتز(بيتا-مرتفع) High(β) Quartz	SiO_2	السداسية	2.53
5	كائيتيت (صنعي) Kaetite(synthetic)	SiO_2	الرباعية	2.50
6	تريديميت (ألفا-منخفض) Low(α)Tridymite	SiO_2	الرباعية	2.26
7	تريديميت (بيتا-مرتفع) High(β)Tridymite	SiO_2	المعينية القائمة	2.22
8	كريستوباليت (ألفا-منخفض) Low(α)Cristobalite	SiO_2	الرباعية	2.32
9	كريستوباليت (بيتا-مرتفع) High(β)Cristobalite	SiO_2	المكعبية	2.20

جدول- 3: العلاقة الطردية بين الوزن الذري للفلز مع وزنه النوعي.

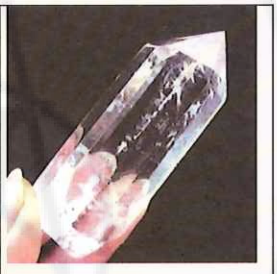
اسم الفلز	الوزن الذري للكاتيون	التركيب الكيميائي	الوزن النوعي
الأراغونيت	40.08	$CaCO_3$	2.94
السترونسيانيت	87.82	$SrCO_3$	3.78
الوزيريت	137.34	$BaCO_3$	4.31
السيروسيت	207.19	$PbCO_3$	6.58

- بشكل عام يراوح الوزن النوعي للفلزات بين 2.3 لفلز الغرافيت و20 لفلز الذهب و22.8 لفلز الاردیوم، في حين يراوح الوزن النوعي لأغلب الفلزات بين 2.5- 3.5، هذا وتقسم الفلزات تبعاً لوزنها النوعي إلى:
- فلزات خفيفة يكون وزنها النوعي أقل من 2.5 مثل فلز الغرافيت.
- فلزات ذات وزن نوعي متوسط يراوح وزنها النوعي بين 2.5- 3.3 مثل فلز الكوارتز.
- فلزات ذات وزن نوعي مرتفع ويراوح وزنها النوعي بين 3.4-6 مثل فلز الباريت.
- فلزات ذات وزن نوعي مرتفع جداً يزيد وزنها النوعي عن الـ 6 مثل فلز الغالينا.

2-2-8 الشفافية Diaphanety:

الشفافية هي قدرة الفلز على إنفاذ الضوء من خلاله، وتقسم الفلزات وفق هذه الخاصية (شكل-21) في ثلاث مجموعات هي:

- **فلزات عاتمة (معتمة):** وهي مجموعة الفلزات التي تمتص الضوء الساقط عليها، ولا تسمح له بالنفاذ خلالها حتى من خلال شرائحها الرقيقة، ومن أمثلتها الفلزات المعدنية: كالغالينا، البيريت، الكالكوبيريت، والهيماتيت والماغنيتيت.
- **فلزات نصف شفافة (شافة):** وهي مجموعة الفلزات التي ينفذ جزء من الضوء من خلالها دون إمكانية رؤية الأجسام من خلالها بسهولة ووضوح، ومن أمثلتها الفلزية: فلز الكوارتز، والباريت، والفلوريت والكالسيدوان.
- **فلزات شفافة:** وهي مجموعة الفلزات التي ينفذ الضوء من خلالها، مع إمكانية رؤية الأشياء عبرها مثل فلزات: الهاليت، الكالسيت والكوارتز النقي.

		
فلزات شفافة، فلز الكوارتز	فلزات نصف شفافة، فلز الباريت	فلزات عاتمة، فلز الستيبنيت

شكل- 21: الأنواع المختلفة لشفافية الفلزات.

2-2-9 التألق Luminescence:

تتميز بعض الفلزات بقدرتها على تحويل الطاقة المتأثرة بها أو الساقطة على سطحها إلى ضوء، ومن أنواع هذه الطاقة: الطاقة الديناميكية، أو طاقة الأشعة فوق البنفسجية أو الأشعة السينية، وفي هذه الحالة يظهر الفلز متألقاً وهاجاً يختلف لونه

عن لونه الأصلي قبل تعرضه للطاقة المحرضة. ويكون مثل هذا واضحاً عند دلك قطعتين من فلز الكوارتز مع بعضهما في مكان مظلم فإنهما يشعان ضوءاً متألقاً. عندها يحدث التألق في أثناء تعرضها للطاقة المؤثرة فقط، ويعرف بالفلورة (Fluorescence). وقد اشتق اسم هذه الخاصية من فلز الفلوريت، فمثلاً تبدو بعض الأنواع البلورية لفلز الكالسيت حمراء وهاجة، ويبدو فلز الشيليت أزرق باهراً، وفلز الوليميت أخضر ساطعاً لدى تعرضها للأشعة فوق البنفسجية. أما إذا استمرت الإضاءة الذاتية للفلز بعد زوال تأثير الطاقة المؤثرة المحرضة فإنها تعرف بالفسفرة (Phosphorescence).

10-2-2 الصفات المغناطيسية Magnetic Properties:

تتميز بعض الفلزات بصفاتها المغناطيسية وتتمثل إما بانجذابها أو ابتعادها عن المغناطيس فيما إذا اقتربت منه، وتعرف الفلزات التي تنجذب نحو المغناطيس باسم الفلزات البارامغناطيسية (شكل-22)، ومن أمثلتها فلز الإيلمينيت وفلز الماغنيتيت، ويعرف أحياناً باسم حجر المغناطيس بسبب قدرته على جذب برادة الحديد، بينما تعرف الفلزات التي تنفر من المغناطيس وتبتعد عنه بالفلزات الديامغناطيسية، ومن أمثلتها: فلز الكالسيت، والكوارتز، والزركون.



شكل- 22: انجذاب المغناطيس لعينة من فلز الماغنيتيت.

11-2-2 الصفات الكهربائية Electric Properties:

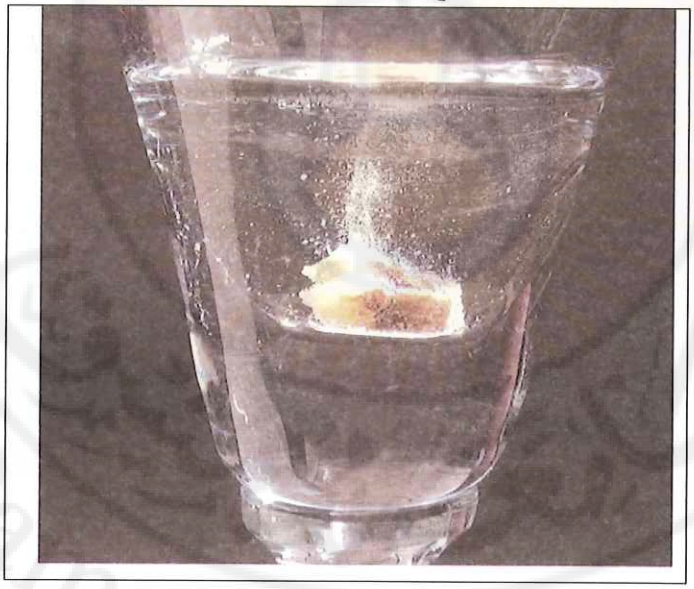
تتصف بعض الفلزات بقدرتها الجيدة على توصيل التيار الكهربائي بشكل جيد، مثل بعض الفلزات المعدنية العنصرية الحرة كالذهب والنحاس والحديد والبلاتين والفضة، في حين أن معظم الفلزات الأخرى تكون إما رديئة أو حتى عديمة التوصيلية الكهربائية، كما أن بعض الفلزات تكتسب شحنة كهربائية عند تسخينها مثل فلز التورمالين وتسمى هذه الصفة بالكهرباء الحرارية (Pyroelelectricity)، كما تكتسب بعض الفلزات شحنات كهربائية نتيجة تطبيق قوى الضغط عليها، وتسمى هذه الصفة بالكهرباء الاحتكاكية (Piezoelectricity) مثل فلز الكوارتز.

12-2-2 الصفات الإشعاعية Radioactivity Properties:

تحتوي بعض الفلزات ضمن تركيبها الكيميائي على عناصر مشعة مثل اليورانيوم، الثوريوم، البوتاسيوم المشع، والربيديوم. تتفكك هذه العناصر تلقائياً في الطبيعة مصدرة إشعاعات لا ترى بالعين المجردة، فمثلاً يتحول عنصر اليورانيوم والثوريوم إلى عنصر الرصاص وغاز الهليوم في حين يتحول البوتاسيوم المشع إلى الكالسيوم وغاز الأرغون، ويتحول الربيديوم إلى سترونسيوم. يمكن تحديد الطاقة الإشعاعية المنبعثة بواسطة أجهزة عدادات غايغر (Geiger Counter).

13-2-2 التفاعل مع الحمض Reactions With Acid:

تتميز بعض الفلزات بتفاعلها مع حمض كلور الماء البارد الممدد (10-15%) كفلز الكالسيت وفلز الأراغونيت، وينطلق غاز ثنائي أكسيد الكربون (شكل-23)، بينما يتفاعل مسحوق فلز الدولوميت مع حمض كلور الماء الممدد ببطء، ويتفاعل فلز الماغنيزيت مع حمض كلور الماء الممدد مع التسخين.



شكل- 23: حدوث فوران شديد نتيجة تفاعل عينة من فلز الكالسيت مع حمض كلور الماء الممدد وانطلاق غاز ثنائي الكربون.

2-2-14 المذاق Taste:

تتميز بعض الفلزات بطعمها المميز، فمثلاً يتميز فلز الهاليت (ملح الطعام) بمذاقه المالح، وفلزي السلفين والإبسوم بالمذاق المر، وفلز الشب بمذاقه القابض.

2-2-15 الرائحة Odour:

ينبعث عن بعض الفلزات الكبريتيدية لدى تسخينها أو طرقها رائحة كريهة نتيجة تحرر غاز ثنائي أكسيد الكبريت وانطلاقه، وتتميز فلزات الغضار كالكاولينيت والإيليت عند ترطيبها بانبعاث رائحة الطين.

2-2-16 الشكل Form Or Habit:

توجد بعض الفلزات بأشكال تميزها عن غيرها، وتساعد في تحديد هوية الفلز، ويمكن أن نذكر هنا بعض الأمثلة الموضحة لذلك: فقد تبدو بعض الفلزات عنقودية الشكل حيث يتواجد الفلز على شكل تجمعات كروية الشكل مثل فلز الكالسيدوان، أو تأخذ شكلاً شجيرياً، مثل بعض فلزات معدن المنغنيز، أو تبدو في أحيان أخرى ليفية الشكل مثل فلز الأسبستوس أو بعض أنواع بلورات الجص، أو توجد على شكل تجمعات من البيوض مثل فلز الهيماتيت. هذا ويمكن أن تكون هيئة البلورات الفلزية المنفردة صفائحية أو مسطحة أو موشورية أو إبرية أو نصلية أو ليفية أو شعاعية (الشكل-24).



أ- الشكل الليفي لبلورات فلز الكالكانتيت

ب- الشكل الصفائحي لبلورات فلز الباريت

ج- الشكل الموشوري لبلورات فلز الكالسيت

د- الشكل الشعاعي لبلورات فلز البيريت

شكل- 24: بعض هيئات الأشكال البلورية الفلزية المختلفة.

2-3 التصنيف العام للفلزات: يوجد العديد من التصانيف للفلزات، نورد بعضاً منها:

2-3-1 تصنيف الفلزات حسب نسبة تواجدها في الصخر: وتقسم الفلزات وفق هذا التصنيف إلى ثلاث مجموعات هي:

- **مجموعة الفلزات الأساسية (الرئيسة):** وهي الفلزات التي تدخل عادة في تسمية الصخر الموجودة فيه، وتزيد نسبة تواجدها في الصخر عادة عن الـ 5% من المجموع الإجمالي للتكوين الفلزي الصخري، مثلاً أوليفين بازلت، مسكوفيت شيست، بيريت غنايس.

- **مجموعة الفلزات الثانوية:** وهي الفلزات التي لا تدخل عادة في تسمية الصخر الموجودة فيه، وتقل نسبة تواجدها في الصخر عادة عن الـ 5% من المجموع الإجمالي للتكوين الفلزي الصخري، مثلاً غابرو مع قليل من الأوليفين، شيست مع قليل من الغارنت، غنايس مع قليل من البيوتيت.
- **مجموعة الفلزات النادرة (العرضية):** وهي مجموعة الفلزات التي قد تدخل أو لا تدخل في التكوين الفلزي لصخر ما، ولا تدخل عادة في تسمية الصخر، مثلاً فلزي التوباز والتورمالين في صخر الغرانيت، فلز السفين أو الروتيل في صخر الأمفيبوليت.

تعد الفلزات الرئيسة والثانوية بشكل عام من المكونات الأساسية للصخر. هذا وقد يكون الفلز رئيساً في صخر ما وثانوياً أو حتى عرضياً في صخر آخر.

2-3-2 تصنيف الفلزات حسب درجة مقاومتها لعمليات التجوية: تقسم الفلزات وفق هذا التصنيف إلى مجموعتين رئيستين هما:

- **مجموعة الفلزات الثابتة:** هي مجموعة الفلزات التي تكون شديدة المقاومة لعمليات التجوية الكيميائية والفيزيائية المختلفة، ومن ثم هي مجموعة الفلزات التي لا تتحلل أو يتغير تركيبها الكيميائي مع مرور الزمن، ويعد فلز الكوارتز الذي تتشكل منه معظم التوضعات الرملية خير مثال لمجموعة الفلزات الثابتة.
- **مجموعة الفلزات غير الثابتة:** هي مجموعة الفلزات التي تتأثر بشكل واضح بعمليات التجوية الكيميائية والفيزيائية المختلفة مع مرور الزمن، فتتحول إلى فلزات أخرى أكثر ثباتاً، مثلاً تتحلل فلزات الفلدسبات نتيجة تأثرها بالمياه الحاوية على غاز ثنائي أكسيد الكربون لتكون فلز الكاولينيت.

2-3-3 تصنيف الفلزات حسب منشئها: تقسم الفلزات وفق هذا التصنيف أيضاً إلى مجموعتين رئيستين هما:

- **مجموعة الفلزات أولية المنشأ:** وتضم الفلزات التي حافظت على تراكيبها وخواصها منذ أن تشكلت وتكونت، وتوجد بشكل دائم في حالة تشكلها الأولي، من أمثلة هذه الفلزات فلز الكوارتز.
- **مجموعة الفلزات ثانوية المنشأ:** وتضم الفلزات التي تتشكل نتيجة تحول الفلزات أولية التشكل عند تعرضها لعمليات التجوية المختلفة. ومن أهم أمثلتها فلزات الغضار مثل الكلوريت والكاولينيت ومعظم الفلزات الأكسيدية.

2-3-4 تصنيف الفلزات حسب تركيبها الكيميائي: تصنف الفلزات التي تشكل صخور القشرة الأرضية والتي يزيد عددها عن الـ3000 فلزاً حسب تركيبها الكيميائي (حسب تركيب شقها الحامضي) إلى ثماني مجموعات رئيسة هي:

1. **مجموعة الفلزات الحرة (العنصرية).**
2. **مجموعة الفلزات الأكسيدية والهيدروكسيدية.**
3. **مجموعة الفلزات الكبريتيدية.**
4. **مجموعة الفلزات الكبريتاتية.**
5. **مجموعة الفلزات الكربوناتية.**
6. **مجموعة الفلزات الهاليدية.**
7. **مجموعة الفلزات الفوسفاتية.**
8. **مجموعة الفلزات السليكاتية.**

2-3-4-1 مجموعة الفلزات الحرة (العنصرية): تضم مجموعة الفلزات الحرة (العنصرية) نحو85 فلزاً. وتتألف فلزات هذه المجموعة من عناصر كيميائية مفردة غير متحدة مع عناصر كيميائية أخرى. وتقسم هذه المجموعة إلى زمرتين رئيستين هما:

زمرة الفلزات المعدنية: وتضم هذه المجموعة كل من معادن: الذهب Au، الفضة Ag، البلاتين Pt، النحاس Cu، الحديد Fe، الرصاص Pb، والزئبق Hg.

زمرة الفلزات شبه المعدنية: وتضم هذه المجموعة كل من أشباه المعادن: الكبريت S، الغرافيت C، الألماس C، الأنتموان Sb، الزرنيخ As، القصدير Sn والبيزموت Bi.

2-3-4-2 مجموعة الفلزات الأكسيدية والهيدوكسيدية: تضم مجموعة الفلزات الأكسيدية والأكاسيد المائية (Oxides and Hydroxides Minerals) نحو 150 فلزاً وتتشكل عادة من الارتباط المباشر بين العناصر الكيميائية المعدنية مع عنصر الأكسجين $(O)^{-2}$. تتشكل الفلزات الأكسيدية غالباً في نطاق الأكسدة على السطح الخارجي للأرض، وتعد من الفلزات بسيطة التركيب مقارنة مع فلزات مجموعة السليكات، هذا ويعد أكسيد السليكون SiO_2 المكون لفلز الكوارتز من أكثر الفلزات الأكسيدية انتشاراً، لكن بسبب خصائص تركيبه البلوري المميز سيتم تصنيفه مع مجموعة الفلزات السليكاتية، من أمثلتها الفلزية: الكورندوم Al_2O_3، الكوبيريت Cu_2O، الكاسيتريت SnO_2، الزنكيت ZnO، الكروميت $FeCr_2O_4$، الكوروند Al_2O_3، السبينل $MgAl_2O_4$، الليمونيت $2Fe_2O_3.3H_2O$، الهيماتيت Fe_2O_3، الماغنيتيت Fe_3O_4، الغوتيت FeO(OH)، البيرولوزيت MnO_2، الروتيل TiO_2، الإيلمينيت $FeTiO_3$، والأوبال $SiO_2.nH_2O$.

2-3-4-3 مجموعة الفلزات الكبريتيدية: ينتمي إلى مجموعة الفلزات الكبريتيدية (Sulfides Minerals) ما يقارب الـ 370 فلزاً تتكون من اتحاد العناصر الكيميائية المعدنية مع عنصر الكبريت $(S)^{-2}$، وتوجد هذه الفلزات في الطبيعة غالباً على شكل تجمعات فلزية مترافقة مع بعضها. وتتميز بصفة عامة بألوانها العاتمة ومخدشها الملون وكثافتها العالية نسبياً وبريقها المعدني. وتكون بسيطة التركيب مقارنة مع فلزات مجموعة

السليكات. أكثر فلزاتها شيوعاً: الغالينا PbS، البيريت FeS_2، الماركازيت FeS_2، الكالكوبيريت $CuFeS_2$، الأرسينوبيريت FeAsS، الكوبالتيت CoAsS، الكوفيليت CuS، الكالكوسيت Cu_2S، السينابر HgS، الموليبدينيت MoS_2، الستبنيت SbS_2، ريالغار AsS، أوربيمنت As_2S_3، الأنتيمونيت SbS_3، السفاليريت ZnS، الكوفيلين CuS، البيروتين FeS والبورنيت Cu_5FeS_4.

2-3-4-4 مجموعة الفلزات الكبريتاتية: تضم مجموعة الفلزات الكبريتاتية (Sulfates Minerals) نحو 160 فلزاً مختلفاً، تسهم بشكل رئيس بتشكل الصخور الرسوبية. تنشأ فلزات هذه المجموعة من اتحاد العناصر الكيميائية المعدنية مع مركب الكبريتات $(SO_4)^{-2}$. تتشكل الفلزات الكبريتاتية غالباً نتيجة ترسب أملاحها من محاليلها المائية في أوساط ترسب شديدة الجفاف كفلزات الأنهيدريت $CaSO_4$ والباريت $BaSO_4$ الجص (الجبس)$CaSO_4.2H_2O$، التينادريت Na_2SO_4، الميرابيليت $Na_2SO_4.10H_2O$، الإنغليزيت $PbSO_4$ والإبسوميت $MgSO_4$. ويتم في بعض الأحيان استبدال عنصر الكبريت سداسي التكافؤ في مركب الكبريتات إما بعنصر الولفرام مكوناً مركب الولفرامات$(WO_4)^{-2}$ كفلز الولفراميت $(Fe,Mn)WO_4$، أو بعنصر الموليبدين مشكلاً مركب الموليبدات $(MoO_4)^{-2}$ كفلز الولفينيت $PbMoO_4$.

2-3-4-5 مجموعة الفلزات الكربوناتية: تضم مجموعة الفلزات الكربوناتية (Minerals Carbonates) نحو مئة فلز، تتكون نتيجة ارتباط العناصر الكيميائية المعدنية مع مركب الكربونات $(CO_3)^{-2}$، تصادف الفلزات الكربوناتية غالباً في الصخور الرسوبية. من أكثر فلزات هذه المجموعة انتشاراً: الأراغونيت $CaCO_3$، الأزوريت $Cu(CO_3)_2(OH)_2$،

الكالسيت $CaCO_3$، الدولوميت $CaMg(CO_3)_2$، الماغنيزيت $MgCO_3$، الملاكيت $Cu_2CO_3(OH)_2$، السيديريت $FeCO_3$، الرودوكروزيت $MnCO_3$، الوزيريت $BaCO_3$، السترونسيت $SrCO_3$، السيروسيت $PbCO_3$، الأنكيريت $CaFe(CO_3)_2$ والسمثونيت $ZnCO_3$.

2-3-4-6 مجموعة الفلزات الهاليدية: تضم مجموعة الفلزات الهاليدية (Halides Minerals) نحو مئة فلز تنتج من التفاعل المباشر للعناصر الكيميائية مع أحد الحموض الآتية: "HI,HBr,HCl,HF"، تتبلور فلزات هذه المجموعة غالباً من محاليلها المائية مكونة توضعات صخرية ملحية رسوبية كيميائية المنشأ. تتميز الفلزات الهاليدية بشكل عام بصلابتها المنخفضة، ودرجات انصهار متوسطة إلى عالية، وتعد في حالتها الصلبة موصلات رديئة للحرارة والكهرباء، لكنها وفي حالتها السائلة تعد موصلات جيدة للحرارة والكهرباء، تكون أملاح الهاليدات والفلوريدات في الطبيعة أكثر انتشاراً من فلزات البرومات واليودات، من أهم فلزات مجموعة الهاليدات: الهاليت NaCl، السلفين KCl، الفلوريت CaF_2، السيرارجيريت AgCl، الكارناليت $KMgCl_3.6H_2O$ والبيشوفيت $MgCl_2.6H_2O$.

2-3-4-7 مجموعة الفلزات الفوسفاتية: تحتوي مجموعة الفلزات الفوسفاتية نحو 250 فلزاً، نتجت من ارتباط العناصر الكيميائية المعدنية مع مركب $(PO4)^{-3}$، حيث يرتبط عنصر الفوسفور خماسي التكافؤ مع أربع ذرات أوكسجين مشكلاً مجوعات أيونيه فوسفاتية رباعية الوجوه، أهم فلزاتها الأباتيت Ca5(PO4)3(Cl,F,OH)، المونازيت Ce(PO4)، الكسينوتيم Y(PO4) والفيفانيت Fe3(PO4)2.8H2O. وقد تتكون مجموعات أيونيه أخرى مماثلة ذات أعداد تناسق مماثلة وتحيط ذرات الأوكسجين بأيونات الزرنيخ $(AsO4)^{-3}$ أو أيونات الفناديوم $(VO4)^{-3}$ خماسية التكافؤ مكونة مجموعة من الفلزات الزرنيخية أو الفناداتية، كما يمكن لأيونات الفوسفور والزرنيخ والفناديوم أن تحل محل بعضها بعضاً

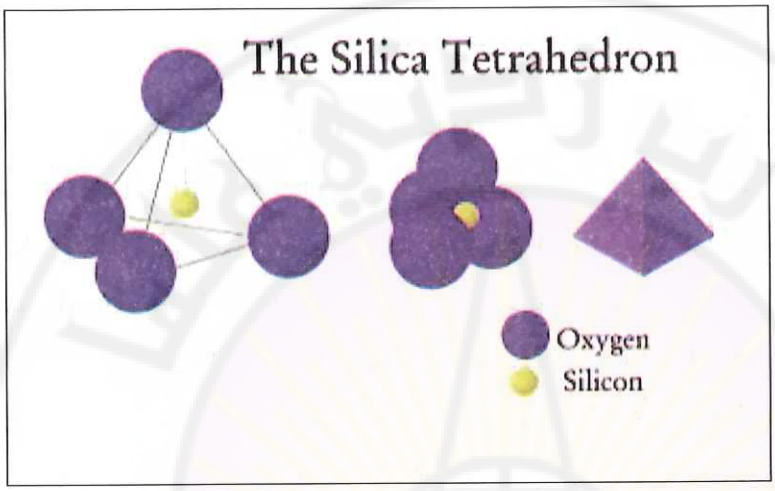
في مكانها الذي تشغله في مركز رباعي الوجوه كما هو الحال في مجموعة فلزات البيرومورفيت Pb5(AsO4)3Cl والممتيزيت Pb5(PO4)3Cl والفنادينيت Pb5(VO4)3Cl.

تتشكل أغلب الفلزات الفوسفاتية في الطبيعة نتيجة تراكم هياكل الحيوانات الفقارية، وتسهم في تكوين الصخور الرسوبية الفوسفاتية عضوية المنشأ.

2-3-4-8 مجموعة الفلزات السليكاتية: تتشكل مجموعة الفلزات السليكاتية (Silicates Minerals) بشكل رئيس من الماغما (Magma)، وتضم ما يزيد عن 25% من جميع الفلزات المعروفة أو ما يزيد أيضاً عن 40% من الفلزات الشائعة، كما تسهم جميعها بتركيب صخور القشرة الأرضية، إذ تشكل نحو 90% منها، كما تعد مجموعة الفلزات السليكاتية مركبات كيميائية معقدة التركيب مقارنة مع المجموعات الفلزية الأخرى، وتتألف بشكل رئيس من ارتباط عنصري السليكون والأكسجين مع عنصر معدني واحد أو أكثر. يعد الجزء السليكاتي $(SiO_4)^{-4}$ الوحدة البنائية الرئيسة لكل فلزات المجموعة السليكاتية، ويكُون في الأغلب رباعي الوجوه (Tetrahedron) الذي يتألف من ذرة سليكون تحتل المركز محاطة بأربع ذرات من الأكسجين تحتل الرؤوس (شكل-25).

تتميز هذه الوحدة البنائية بشحنة رباعية سالبة، حيث أن كل ذرة أكسجين تستخدم تكافؤاً سالباً واحداً تكافئ به ذرة السليكون الموجودة في مركز رباعي الوجوه، ويتبقى لكل ذرة أكسجين شحنة سالبة واحدة ترتبط بها مع أيونات معدنية موجبة الشحنة حتى يتم تعادل الشحنة السالبة مع الموجبة، ومن ثم حتى يكون رباعي الوجوه معتدلاً ومستقراً، في بعض الأحيان يتم ارتباط ذرة أكسجين واحدة من أيونات رباعي الوجوه أو ذرتين أو ثلاثة أو حتى جميع ذرات الأوكسجين مع ذرات أكسجين تنتمي لرباعيات وجوه أخرى، وهذا يقود إلى تشكيل أنواع متنوعة

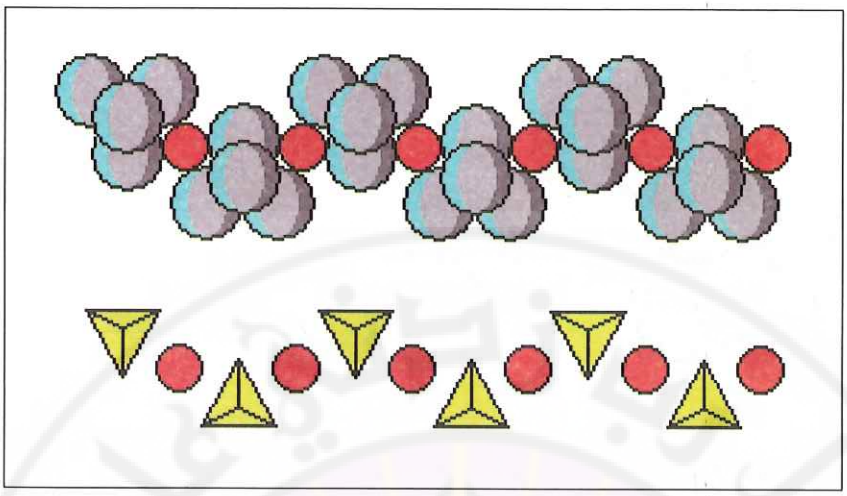
جداً، متعددة ومتباينة من البنيات البلورية السليكاتية، فالتعدد الكبير لفلزات المجوعة السليكاتية يعود إلى كيفية ارتباط رباعيات الوجوه مع بعضها الآخر. وعلى هذا الأساس تم تقسيم هذه المجموعة إلى عدة مجموعات هي:



شكل- 25: رسم تخطيطي يوضح، الوحدة البنائية الرئيسة للفلزات السليكاتية $(SiO_4)^{-4}$، أيون السليكون صغير الحجم يستقر في مركز رباعي الوجوه، وتتوزع أيونات الأوكسجين كبيرة الحجم على رؤوس رباعي الوجوه.

- **الفلزات السليكاتية المتكونة من رباعيات الوجوه المفردة:** تتكون الفلزات السليكاتية هنا نتيجة ارتباط رباعي الوجوه المفرد $(SiO_4)^{-4}$ الذي يمثل الشق الحمضي مع عناصر كيميائية فلزية (Nesosilicates) مثل الحديد، المغنيزيوم والألمنيوم حيث تمثل الشق القاعدي وتبقى نسبة السليكون إلى الأكسجين 4:1 (الشكل-26).

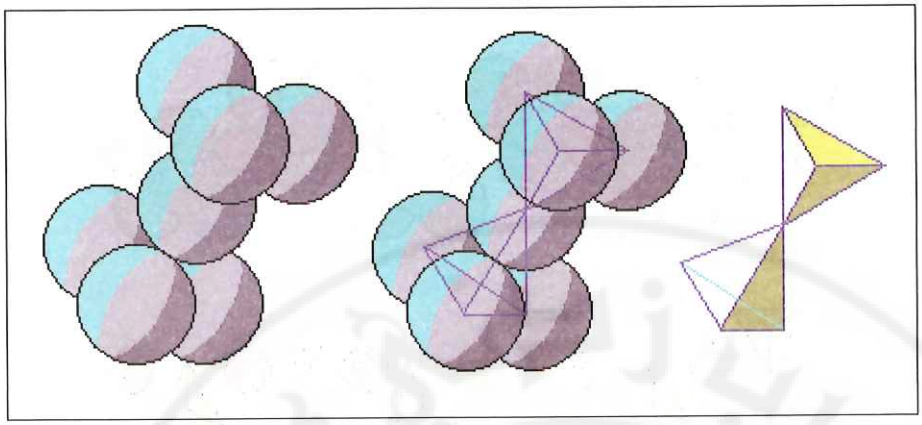
أكثر فلزات هذه المجموعة انتشاراً نُورد: الأوليفين $(Mg,Fe)_2SiO_4$، الفورستريت Mg_2SiO_4، الفاياليت Fe_2SiO_4، المونتيسيلليت Ca_2SiO_4، الزيركون $ZrSiO_4$، التيفروئيت Mn_2SiO_4 والتوباز $Al_2SiO_4(F,OH)_2$.



شكل- 26: رسم تخطيطي يوضح، الوحدة البنائية الرئيسة $(SiO_4)^{-4}$ للفلزات النيزوسليكاتية.

- **الفلزات السليكاتية المزدوجة:** تتشكل فلزات هذه المجموعة من ارتباط رباعي وجوه مع رباعي وجوه آخر (Sorosilicates) من أحد الرؤوس لتشكل رباعي وجوه مزدوج مع خسارة ذرة أكسجين $(Si_2O_7)^{-6}$، حيث تكون نسبة السليكون إلى الأكسجين 7:2 (شكل-27).

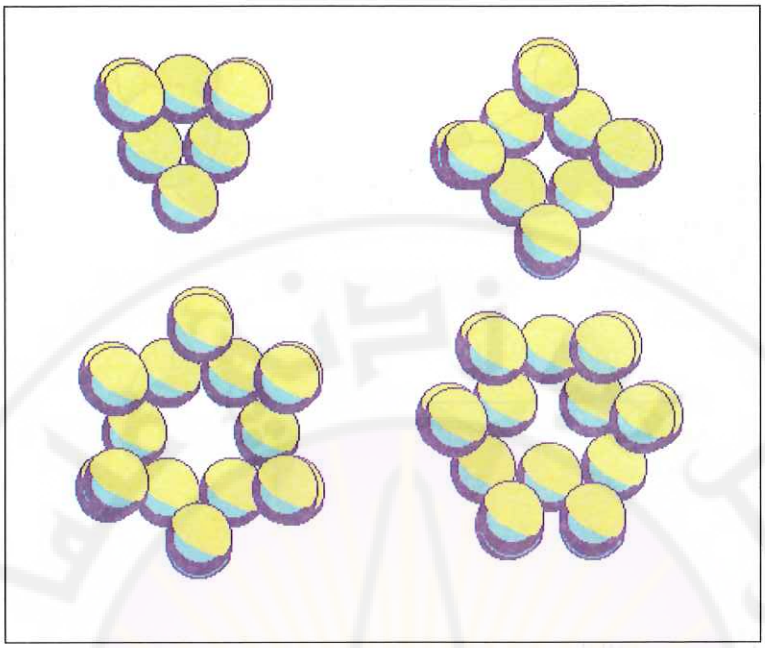
تعد فلزات هذه المجموعة نادرة الوجود في الطبيعة، ويعد فلز الهيميورفيت $Zn_4Si_2O_7(OH).H_2O$، الإيبيدوت $Ca_2FeAl_2Si_3O_{12}(OH)$ والإيبيدوت الحديدي $Ca_2Fe_2AlSi_3O_{12}(OH)$ من أكثر فلزات هذه المجموعة انتشاراً.



شكل- 27: رسم تخطيطي يوضح، الوحدة البنائية الرئيسة $(Si_2O_7)^{-6}$ للفلزات السوروسليكاتية.

- **الفلزات السليكاتية المتكونة من ارتباط ثلاث رباعيات وجوه مفردة:** قد ترتبط ثلاث رباعيات وجوه بعضها مع بعضها الآخر ومع خسارة ذرتين من الأكسجين وبصيغة $(Si_3O_9)^{-6}$ وعلى هذا تكون نسبة السليكون إلى الأكسجين 9:3. ويمثل هذه المجموعة الفلزية فلزات نادرة في الطبيعة مثل: الوالاستونيت $Ca_3(Si_3O_9)$، البوستاميت $(Mn,Ca)_3(Si_3O_9)$ والبيكتوليت $Ca_3NaH(Si_3O_9)$.

- **الفلزات السليكاتية الحلقية:** تتشكل الفلزات السليكاتية الحلقية (Cyclosilicates) من ارتباط ستة رباعيات وجوه مفردة مع بعضها بعضاً ومن رؤوسها وبخسارة ستة ذرات من الأكسجين وبصيغة $(Si_6O_{18})^{-12}$ حيث تكون نسبة السليكون إلى الأكسجين 18:6 (شكل-28). يمثل هذه المجموعة فلزي البيريل $Al_2Be_3Si_6O_{18}$ والتورمالين $NaFe_3Al_6(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4$.

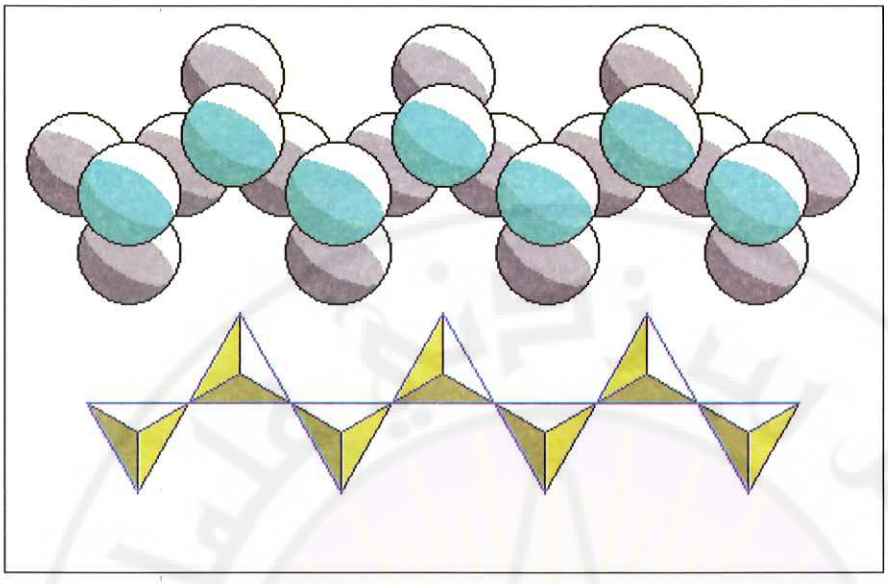


شكل- 28: رسم تخطيطي يوضح، الوحدة البنائية الرئيسة $(Si_6O_{18})^{-12}$ للفلزات السيكلوسليكاتية الحلقية.

- **الفلزات السليكاتية السلاسلية (Inosilicates):** وتقسم هذه المجموعة بدورها إلى مجموعتين هما:

o **الفلزات السليكاتية مفردة السلسلة (Single Chain Of Tetrahedral):**

ترتبط رباعيات الوجوه في فلزات هذه المجموعة مع بعضها بعضاً على شكل سلسلة مفردة مفتوحة لا نهاية لامتدادها، مكونة الشق الحمضي، وتمثلها الصيغة $(SiO_3)^{-2}{}_n$، يرمز الحرف n لعدد وحدات رباعيات الوجوه $(SiO_3)^{-2}$، على أن تكون نسبة السليكون إلى الأكسجين 3:1 (شكل-29).

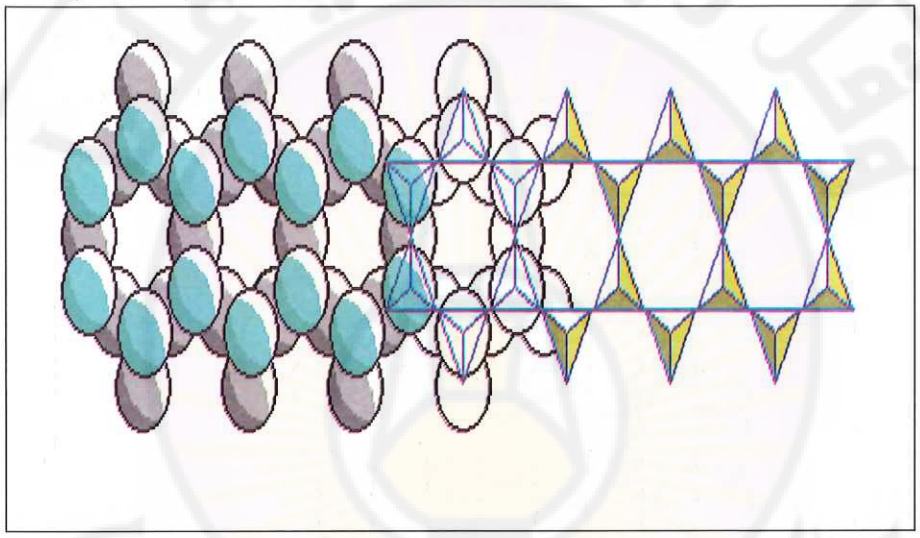


شكل- 29: رسم تخطيطي يوضح، الوحدة البنائية الرئيسة $(SiO_3)^{-2}$ للفلزات السليكاتية مفردة السلسلة.

تتحد هذه الصيغة عادة مع العناصر المعدنية التي تمثل الشق القاعدي وفق الصيغة الكيميائية العامة $AB(Si,Al)_2O_6$ (تضم A العناصر الكيميائية الكاتيونية قليلة الشحنة وكبيرة الحجم كالصوديوم والبوتاسيوم، وتمثل B العناصر الكيميائية الكاتيونية عالية الشحنة وصغيرة الحجم كالحديد الثنائي والثلاثي والألمنيوم والمنغنيز والمغنيزيوم والليثيوم والتيتانيوم والكروم مكونة فلزات مجموعة البيروكسين، وأهم فلزاتها: الأوجيت $(Ca,Mg,Fe,Ti)(Si,AlO_6)$، الديوبسيد $(CaMg)(Si_2O_6)$، الهيدنبرجيت $(CaFe)(Si_2O_6)$،الجاديت $(NaAl)(Si_2O_6)$، الآيجرين $(NaFe)(Si_2O_6)$، الإنستاتيت $Mg_2(Si_2O_6)$، الهيبرستين $(Fe,Mg)_2(Si_2O_6)$، والبرونزيت $(Fe,Mg)_2(Si_2O_6)$.

o الفلـــزات الســـليكاتية مضـــاعفة السلســـلة (Double Chain Of Tetrahedral):

ترتبط في هذه المجموعة من الفلزات سلسلة مفتوحة مفردة من رباعيات الوجوه مع سلسلة مفتوحة مفردة أخرى مكونة سلسلة مضاعفة (مزدوجة) Double Tetrahedral Chain Of لا نهاية لامتدادها وممثلة للشق السليكاتي الحمضي، تمثلها الصيغة $(Si_4O_{11})^{-6}_n$ حيث يمثل الحرف n عدد وحدات الصيغة $(Si_4O_{11})^{-6}$ المكررة، على أن تبقى نسبة السليكون إلى الأكسجين 11:4 ثابتة (شكل-30).

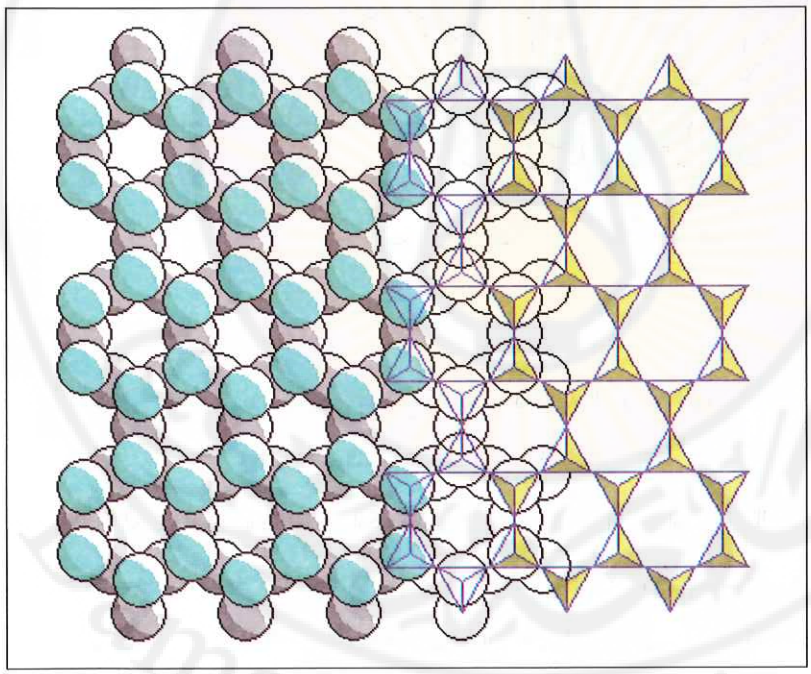


شكل- 30: رسم تخطيطي يوضح، الوحدة البنائية الرئيسة $(Si_4O_{11})^{-6}$ للفلزات السليكاتية مضاعفة السلسلة.

تتحد هذه الصيغة مع العناصر الكيميائية المعدنية التي تمثل الشـــق القاعـــدي للصيغة الكيميائيـــة العامـــة $A_{0-1}X_2Y_5(Si,Al)_8O_{22}(OH,F,Cl)_2$ (تمثـــل A و X العناصر الكيميائية الكاتيونية قليلة الشحنة كبيرة الحجم كالصوديوم والبوتاســـيوم والكالسيوم، وتمثل Y العناصر الكيميائية الكاتيونية عالية الشحنة صـــغيرة الحجـــم كالحديد الثنائي والثلاثي والألمنيوم والمنغنيز والمغنيزيوم والتيتانيوم) مكونة فلزات

مجموعة الأمفيبول، وأهم فلزاتها: الأنتوفيلليت $(Fe,Mg)_7(Si_4O_{11})_2(OH)_2$، التريموليت $Ca_2Mg_5(Si_4O_{11})_2(OH,F)_2$، الأكتينوليت $Na_2Fe_4(Si_4O_{11})_2(OH)_2$، الريبكيت $Ca_2(Mg,Fe)_5(Si_4O_{11})_2(OH,F)_2$، والغلوكوفان $Na_2Mg_3Al_2(Si_4O_{11})_2(OH,F)_2$.

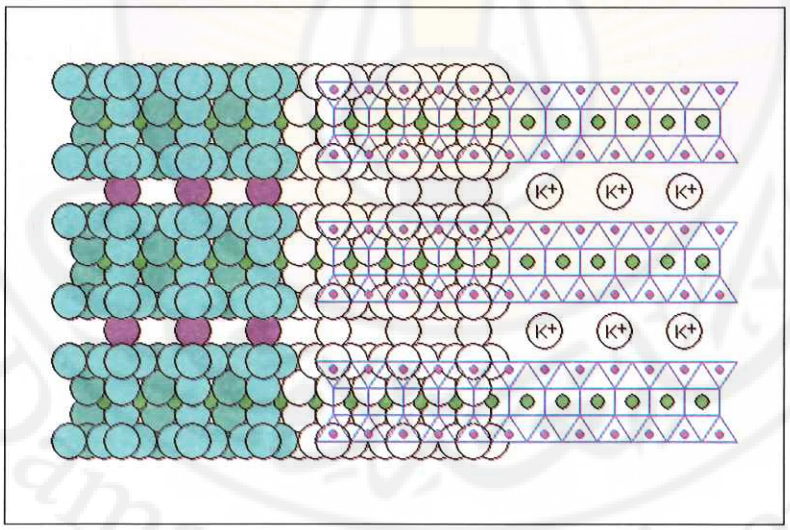
- **الفلزات السليكاتية الصفائحية:** يمكن أن ترتبط رباعيات الوجوه مع بعضها بعضاً بواسطة ثلاثة ذرات أكسجين مكونة بنية مسطحة صفائحية Phyllosilicates لا نهاية لامتدادها وتمثلها الصيغة $(Si_4O_{10})^{-4}_n$، يمثل الحرف n عدد وحدات الصيغة $(Si_4O_{10})^{-4}$ المكررة، على أن تبقى نسبة السليكون إلى الأكسجين والمكونة للشق السليكاتي الحمضي 5:2 ثابتة (شكل-31).



شكل - 31: رسم تخطيطي يوضح، ارتباط الوحدات البنائية السليكاتية $(Si_4O_{10})^{-4}$ وامتدادها في اتجاهين وتشكل بنيات مسطحة صفائحية.

يتحد الشق السليكاتي الحمضي مع العناصر الكيميائية المعدنية التي تمثل الشق القاعدي للصيغة البلورية الكيميائية مكونة فلزات مجموعة الميكا والتي تضم كل من فلز: المسكوفيت $KAl_2(Si_3AlO_{10})(OH,F)_2$، البيوتيت $KMg_3(Si_3AlO_{10})(OH)_2$، الليبيدوليت $K(Li,Al)_3(SiAl)_4O_{10}(OH,F)_2$ والفلوغوبيت $KMg_3(Si_3AlO_{10})(OH,F)_2$.

يلاحظ مما سبق أن فلزات مجموعة الميكا تتميز عن المجموعات الفلزية السليكاتية الأخرى بإمكانية إحلال ذرات عنصر الألمنيوم محل ذرات السليكون في مراكز رباعيات الوجوه نتيجة تقارب حجم أيون السليكون Si^{+4} وأيون الألمنيوم Al^{+3} (شكل-32) على الرغم من الفرق في الشحنة (سالب واحد) الذي يكافأ عادة بأيون معدني موجب الشحنة مثل البوتاسيوم أو الصوديوم، لذلك تسمى فلزات مجموعة الميكا وشبيهاتها من الفلزات بالسليكات الألومينية (Alumino-Silicates)، كما تتميز فلزات مجموعة الميكا باحتواء صيغها الكيميائية أيضاً على أيون الهيدوكسيل $(OH)^{-1}$.

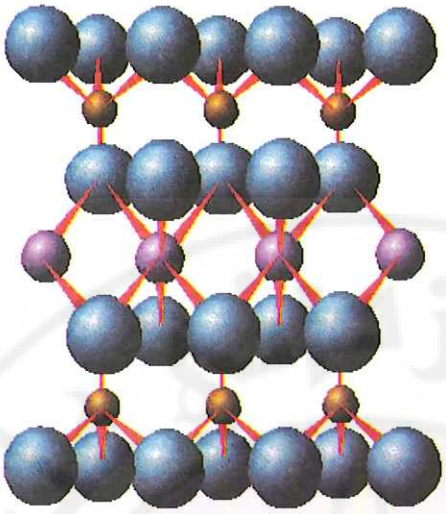


شكل- 32: رسم تخطيطي يوضح، الوحدات البنائية الألوموسليكاتية لفلزات مجموعة الميكا.

تتشابه مجموعة فلزات الغضار (Clay Minerals) مع مجموعة فلزات الميكا من حيث البنية البلورية مع الاختلاف بشروط النشأة والتشكل وظروفهما، فمجموعة فلزات الميكا تتشكل في باطن الأرض مباشرة من تبرد الماغما (Magma)، بينما تتشكل مجموعة فلزات الغضار على السطح الخارجي للأرض نتيجة تأثير عمليات التجوية الكيميائية المختلفة على الفلزات السليكاتية أولية المنشأ.

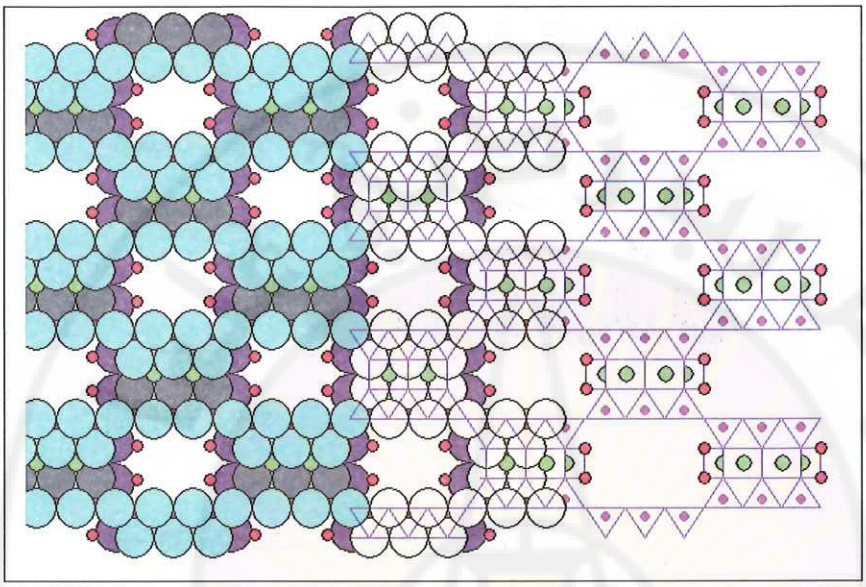
يتكون الشق الحمضي السليكاتي في فلزات الغضار فقط من عنصري السليكون والأكسجين، بينما يوجد عنصر الألمنيوم في شقها القاعدي، ويدخل أيون الهيدوكسيل $(OH)^{-1}$ في تركيبها الكيميائي.

تصنف فلزات الغضار تبعاً لبنيتها البلورية، وشكل ارتباط صفائح "شرائح" المطبقة البنائية الأولية وعددها، فقد ترتبط صفائح رباعيات الوجوه Tetrahedron مع صفائح ثمانيات الوجوه Octahedron مكونةً مطبقة تتشكل من تناوب صفائح رباعيات الوجوه مع صفائح ثمانيات الوجوه .Tet.–Oct أو 1:1 أي فلزات ثنائية الصفائح، ومن أهم الأمثلة الفلزية لهذه المجموعة: فلزا الكاولينيت، والديكيت، والناكريت والهالوزيت. أو تتكون فلزات غضارية ثلاثية الصفائح ناجمة عن ارتباط صفيحتين من رباعيات الوجوه مع صفيحة تتوسطهما من ثمانيات الوجوه .Tet.–Oct.–Tet أو 1:2 (شكل-33) ومن أكثر فلزات هذه المجموعة انتشاراً: الإيليت والغلوكونيت والفيرموكوليت والسمكتيت والباليغروسكيت.



شكل- 33: رسم تخطيطي يوضح آلية تناوب الصفائح الثلاثة المكونة لفلزات الغضار 1:2.

يوضح الشكل-34 الوحدات البنائية الألوموسليكاتية لأحد فلزات الغضار من نوع 1:2 الباليوغروسكيت "الأتابولغيت".

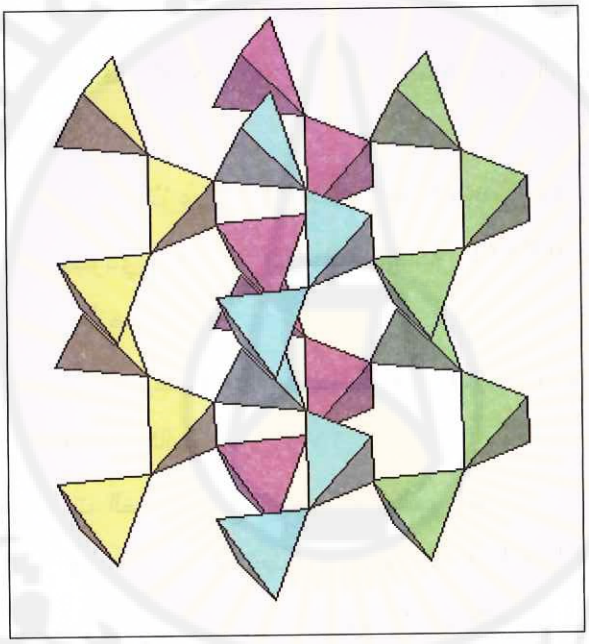


شكل- 34: رسم تخطيطي يوضح البنية البلورية لأحد فلزات الغضار من نوع 1:2 الباليغروسكيت "الأتابولغيت".

- **الفلـزات السـليكاتية الشـبكية:** تتشـكل الفلـزات السـليكاتية الشـبكية (Tektosilicates) نتيجة ارتباط رباعيات الوجوه بعضها ببعض من كـل الرؤوس أي من خلال مشاركة كل ذرات الأكسـجين لـذرات السـليكون المجاورة لها بروابط قوية وفي جميع الاتجاهات، حيث تشكل شبكة بلورية ثلاثية الأبعاد لها الصيغة SiO_2^0 (الكـوارتز)، وتكـون نسـبة عنصـر السليكون إلى عنصر الأكسجين 2:1 (شكل-35).

ينتمي إلى هذه المجموعة الفلزية كل من:" ألفا كوارتز وبيتا كوارتز وأشكال أخرى للسليكا الحرة تكون أقل انتشاراً من الكوارتز، نذكر منها التريدميت

والكريستالوباليت وينحصر وجودهما غالباً في الصخور النارية، والأوبال الذي يتشكل نتيجة نشاط المحاليل المائية الحارة، وهو فلز غير مبلور يحتوي بتركيبه الكيميائي على نسبة من الماء، قد يفقد هذا الماء فيتحول بالتدريج إلى فلز الكالسيدوان، وهو عبارة عن الكوارتز خفي التبلور. كما يوجد على شكل فلزات أخرى غير متبلورة مثل الأغات (عقيق)، جاسب، صوان (فلنت)، ظر (شيرت)، ويتميز فلز الكوارتز عن جميع مجموعة الفلزات السليكاتية بمقاومته الشديدة لعمليات التجوية الفيزيائية وعدم تأثره بعمليات التجوية الكيميائية.



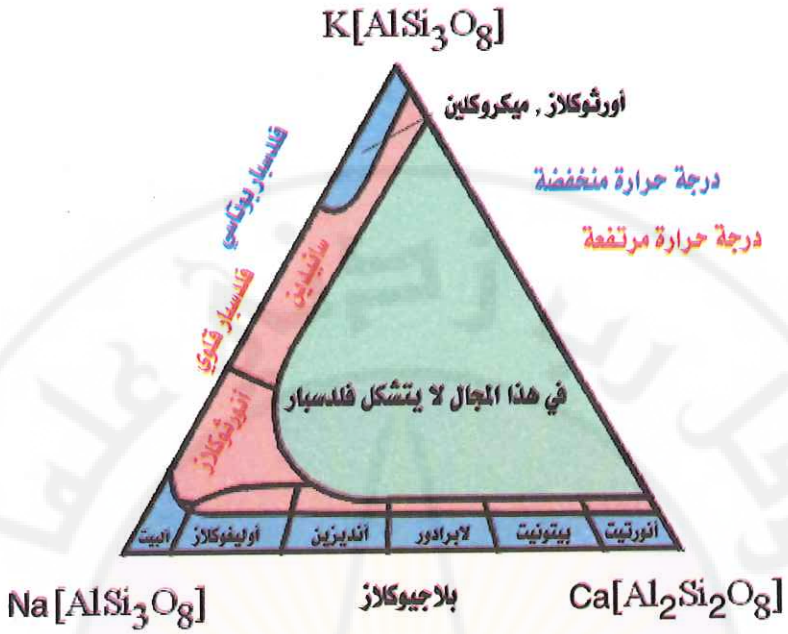
شكل-35: رسم تخطيطي يوضح الوحدة البنائية الرئيسة SiO_2^0 للفلزات السليكاتية الشبكية.

تعد مجموعة فلزات الفلدسبات (Feldspar Group) الفلزية أيضاً من الفلزات السليكاتية الشبكية (Tektosilicates) كما تعد من أكثرها شيوعاً وانتشاراً على الإطلاق، تتشابه ببنيتها البلورية مع فلز الكوارتز وتختلف عنه بإمكانية إحلال أيونات الألمنيوم محل أيونات السليكون في رباعيات الوجوه، ما يؤدي إلى اكتساب

شحنة سالبة تتم معادلتها بعناصر كيميائية ذات شحنات موجبة مثل: البوتاسيوم أو الصوديوم أو الكالسيوم حيث تقود مشكلة الأنواع الرئيسة من فلزات الفلدسبات (Feldspar) المختلفة (شكل-36) وهي:

- الفلدسبات البوتاسي (Potassium Feldspar) وصيغته الكيميائية العامة $KALSi_3O_8$، ويضم كل من فلز الأورتوكلاز Orthoclase الذي يتكون من الماغما في درجات حرارة متوسطة، وفلز الميكروكلين Microcline الذي يتكون من الماغما في درجات الحرارة المنخفضة وفلز السانيدين Sanidine الذي يوجد في بعض الصخور النارية البركانية، لذلك لا يمكنه أن يترافق مع فلز الميكروكلين كما أنه يتشكل من الماغما في درجات حرارة مرتفعة.
- الفلدسبات البلاجيوكلازي (Plagioclase Feldspar) ويضم كل من:
- الفلدسبات الصودي وصيغته الكيميائية العامة $NaALSi_3O_8$ الممثل بفلز الألبيت 100% صوديوم.
- الفلدسبات الكلسي وصيغته الكيميائية العامة $CaAL_2Si_2O_8$ والممثل بفلز الأنورتيت 100% كالسيوم.

يشكل الفلدسبات الصودي مع الفلدسبات الكلسي سلسلة متصلة من المحاليل الصلبة تمتد من الألبيت حتى الأنورتيت، وتنتج من خلال استبدال أيون الصوديوم وأيون السليكون في فلز الألبيت بأيون الألمنيوم وأيون كالسيوم في فلز الأنورتيت أو العكس، وبذلك تتكون سلسلة من فلزات البلاجيوكلاز التي يراوح تركيبها بين تركيب فلز الألبيت البلاجيوكلاز الصودي وفلز الأنورتيت البلاجيوكلاز الكلسي مروراً بالأوليغوكلاز والأنديزين واللابرادوريت والبيتونيت، يطلق على هذه المجموعة من الفلزات اسم مجموعة فلزات البلاجيوكلاز.



شكل- 36: مجموعة فلزات الفلدسبات، الألوموسليكاتية الشبكية.

يلاحظ مما سبق تناوله، أنه عند الانتقال من الفلزات النيزوسليكاتية "رباعيات الوجوه المفردة" لمجموعة الفلزات السوروسليكاتية "رباعيات الوجوه المزدوجة" فمجموعة الفلزات السيكلوسليكاتية "الحلقية" ثم مجموعة الفلزات الاينوسليكاتية "السلاسلية" مفردة السلسلة ثم مجموعة الفلزات الاينوسليكاتية ثنائية السلسلة فمجموعة الفلزات الفيللوسليكاتية "الصفائحية" حتى مجموعة الفلزات التيكتوسليكات "الهيكلية"، تتناقص النسبة بين عنصري السليسيوم والأوكسجين وفق التتابع التالي:

$$SiO_4^{-4} \rightarrow Si_2O_7^{-6} \rightarrow SiO_3^{-2} \rightarrow Si_4O_{11}^{-6} \rightarrow Si_2O_5^{-2} \rightarrow SiO_2$$

مع تناقص هذه النسبة تزداد درجة ثبات الفلزات ومقاومتها اتجاه عوامل وعمليات التجوية الكيميائية.

التدريب العملي:

أمامك مجموعة من الفلزات والمطلوب:

1- تحديد خصائصها الفيزيائية الآتية:

اللون.

لون المخدش.

البريق (اللمعان).

التشقق.

الشفافية.

قابلية التمغنط.

التفاعل مع الحمض.

المكسر.

2- استخدم ظفر إصبعك وصلابته 2.5، ومن ثم قطعة نقود معدنية نحاسية وصلابتها 3، وأخيراً قطعة من الزجاج وصلابتها نحو 5.5 لتحديد القساوة التقريبية.

3- استخدم سلم موس لتحديد قساوة الفلزات السابقة بدقة.

4- استخدم قطارة حمض كلور الماء الممدد 15% لتحديد طبيعة ودرجة تفاعل الفلزات مع الحمض.

5- استعن بالجداول السابقة لتحديد الفلزات المدروسة، ثم ضع إجابتك في الجدول التالي:

رقم العينة	اللون	لون المخدش	البريق (اللمعان)	القساوة (الصلادة)	الشفافية	التشقق	المكسر	التفاعل مع الحمض	المجموعة الفلزية	الفلز
01										
02										
03										
04										
05										
06										
07										
08										
09										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثالث

الصخـــور

3- الصخـــور

3-1 الصخور المهلية (النارية)

3-2 التعرف على الصخور النارية

3-2-1 الأنسجة المميزة للصخور النارية

3-2-2 التركيب الكيميائي للصخور النارية

3-2-3 التركيب الفلزي للصخور النارية

3-3 تصنيف الصخور النارية

3-4 الصخور الرسوبية

3-5 تصنيف الصخور الرسوبية

3-5-1 الصخور الرسوبية الحطامية (ميكانيكية) المنشأ

3-5-2 الصخور الرسوبية كيميائية المنشأ

3-5-3 الصخور الرسوبية عضوية المنشأ

3-6 التعرف علي الصخور الرسوبية

3-7 الصخور المتحولة

3-8 تصنيف الصخور المتحولة

3-8-1 الصخور المتحولة غير المتورقة

3-8-2 الصخور المتحولة المتورقة

3-9 أنماط التحول

3-9-1 التحول التماسي أو الحراري

3-9-2 التحول الإقليمي

3-9-3 التحول الديناميثي

3-9-4 التحول التراجعي

3-10 سحنات التحول

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

3- الصخور

تتألف القشرة الأرضية أو ما يعرف بالغلاف الصخري (Lithosphere) من مجموعة متباينة من الصخور. والصخر بشكل عام هو كل مادة طبيعية صلبة تشكلت نتيجة العمليات الجيولوجية المختلفة. ويتكون إما من فلز واحد أو من مجموعة من الفلزات. ويشترك في بناء جزء أساسي من القشرة الأرضية. يتراوح عدد الفلزات المكونة للصخر الواحد عادة بين ثلاثة إلى عشرة فلزات، كما أن بعض الأنواع الصخرية تتشكل من فلزات ذات أصول عضوية مثل الأنتراسيت (Antracite) أو تلك التي تنشأ نتيجة تكدس بقايا هياكل الكائنات الحية.

تختلف الأنواع الصخرية فيما بينها وتتباين بشدة وذلك تبعاً للأنواع الفلزية التي تشارك في تركيبها، أو تبعاً لتركيبها الكيميائي، أو حسب بنيتها ونسيجها، أو تبعاً لطرائق تشكلها أو منشئها، حيث تم تصنيف الصخور تبعاً لذلك في ثلاثة أنواع صخرية رئيسة هي:

3-1 الصخور المهلية (النارية):

هي صخور داخلية المنشأ، تشكلت نتيجة تبرد الماغما وتصلبها وتبلورها، وذلك إما في أعماق القشرة الأرضية، وتُشكل عندئذ ما يسمى بالصخور البلوتونية (Plutonic Rocks)، مثل صخور الغرانيت، الديوريت والغابرو، أو تكونت في أعماق ضحلة لتكون الصخور حول البلوتونية (Periplutonic Rocks)، مثل صخور الريوليت البورفيري، الأنديزيت البورفيري والبازلت البورفيري، أو توضعت وانتشرت على السطح الخارجي للأرض مكونةً عندئذ الصخور البركانية (Volcanic Rocks)، مثل صخور الريوليت، الأنديزيت والبازلت.

تعد الصخور النارية المصدر الرئيس لكل الأنواع الصخرية الأخرى، لذلك تمثل في الواقع الأصل لجميع الصخور المكونة للقشرة الأرضية. وتتميز عادة أنها مبلورة وذات صلادة وصلابة كبيرة، وأنها عديمة أو قليلة المسامية، ذات بنية كتلية

مصمته (Massive Structure)، وبعدم احتوائها على المستحاثات. كما تُعد الصخور النارية مصدراً اقتصادياً مهماً بسبب احتوائها على غالبية الخامات المعدنية التي تمثل العمود الفقري للتطور الصناعي والتكنولوجي مثل خامات الحديد والكروم والنيكل والكوبالت والفضة والذهب والنحاس واليورانيوم، مع العلم أن توزع هذه الخامات المعدنية يتوقف غالباً على نوعية التفاضل الفلزي ودرجته لهذه الصخور، فمثلاً يرتبط وجود الفلزات العنصرية الثقيلة مثل الكروم والكوبالت والنيكل والتنغستين مع الصخور النارية الأساسية، بينما يرتبط وجود فلزات الفضة والذهب والنحاس والقصدير بالصخور النارية الحمضية.

تتشكل غالبية الصخور النارية أولاً في جوف القشرة الأرضية ولا تظهر على السطح الخارجي للأرض إلا نتيجةً لتأثير عوامل بنيوية حركية تؤدي إلى رفعها وتكشفها، أو نتيجةً لحت وتآكل الصخور التي كانت تغطيها وتعلوها، لذلك نجد أن أغلب تكشفات الصخور النارية توجد في الأجزاء المركزية للسلاسل الجبلية القديمة التي ارتفعت منذ زمن بعيد نتيجة الحركات المولدة والبانية للجبال (Orogenic Tectonic Movements)، والتي تعرضت لتأثير عمليات التعرية والتجوية لفترة زمنية جيولوجية طويلة، علماً أن معظم الصخور النارية المتكشفة والمنتشرة على السطح الخارجي للكرة الأرضية والتي تشكل الأجزاء المركزية للسلاسل الجبلية، وأغلب دروع الكتل القارية (Shields)، كالدرع العربي أو الدرع الإفريقي أو الدرع الكندي (Continental Masses) تعود لحقب ما قبل البريكمبري (Precambrian).

3-2 التعرف على الصخور النارية:

3-2-1 الأنسجة المميزة للصخور النارية:

تراوح درجة حرارة الماغما الأساسية البازلتية بين 1000-1200م° في حين لا تتعدى درجة حرارة الماغما الحمضية الغرانيتية الـ 900م°. مع العلم أن

المدة الزمنية اللازمة والضرورية لتبرد الماغما وتصلبها غير معروفة على وجه التحديد، ويعتقد العلماء أن غرف الماغما العميقة التي تسمى بالباتوليت (Batholiths) قد تحتاج لزمن يراوح بين مليون إلى بضعة ملايين من السنين حتى تبرد وتتصلب. أما بالنسبة للسدود والقواطع الماغماتية (Sills and dikes) فإنها قد تحتاج إلى عشرات الآلاف من السنين لكي تتصلب لأن الصخور النارية رديئة التوصيل للحرارة مما يجعل الماغما تحتفظ بحرارتها أطول مدة ممكنة. أما بالنسبة للابات والانسكابات والطفوح البركانية فإن معدل تبردها يكون أسرع بكثير حيث تنطلق حرارتها مباشرة إلى الغلاف الجوي، فعلى سبيل المثال يحتاج الانسكاب أو الطفح البركاني الذي سماكته نحو ثلاثة أمتار تقريباً إلى قرابة السنتين لكي يتصلب ويبرد كلياً. هذا ويتحكم معدل التبرد في حجم البلورات المتشكلة ونموها وعلاقة بعضها ببعض، وهذا ما يعرف عادة باسم النسيج الصخري (شكل-37) (Texture). فالصخور الجوفية ونظراً للبطء الشديد في معدل تبردها تكون ذات بلورات كبيرة ونامية يمكن رؤيتها بالعين المجردة، ويوصف الصخر في هذه الحالة بأنه ذو نسيج خشن (Coarse-grained texture).

أما في حالات التبرد السريع والفجائي للحمم البركانية فتتكون لدينا صخور بركانية دقيقة الحبيبات (Fine-grained texture). وفي هذه الحالة يمكن تمييز البلورات بواسطة عدسة مكبرة أو باستعمال المجهر. وقد تكون معدلات التبرد سريعة جداً مما يجعل الحمم البركانية تبرد بمدة زمنية قصيرة، متصلبةً على هيئة مكونات زجاجية عديمة التبلور (Glassy or no crystalline texture). أحياناً تبرد الماغما وتتبلور جزئياً وهي في باطن الأرض (جوفية) مكونة بلورات كبيرة لبعض الفلزات، ثم بعد ذلك ونتيجة لصعودها الفجائي نحو السطح الخارجي للأرض بما فيها تلك البلورات الكبيرة المتبلورة يتصلب الجزء المتبقي منها ويتبرد بسرعة مكوناً بلورات دقيقة تتوضع حول البلورات الكبيرة المتشكلة سابقاً، ويكون

الصخر الناتج مؤلفاً من بلورات كبيرة منتشرة في وسط دقيق وناعم من البلورات، يسمى هذا النسيج بالنسيج البورفيري (Porphyritic texture).

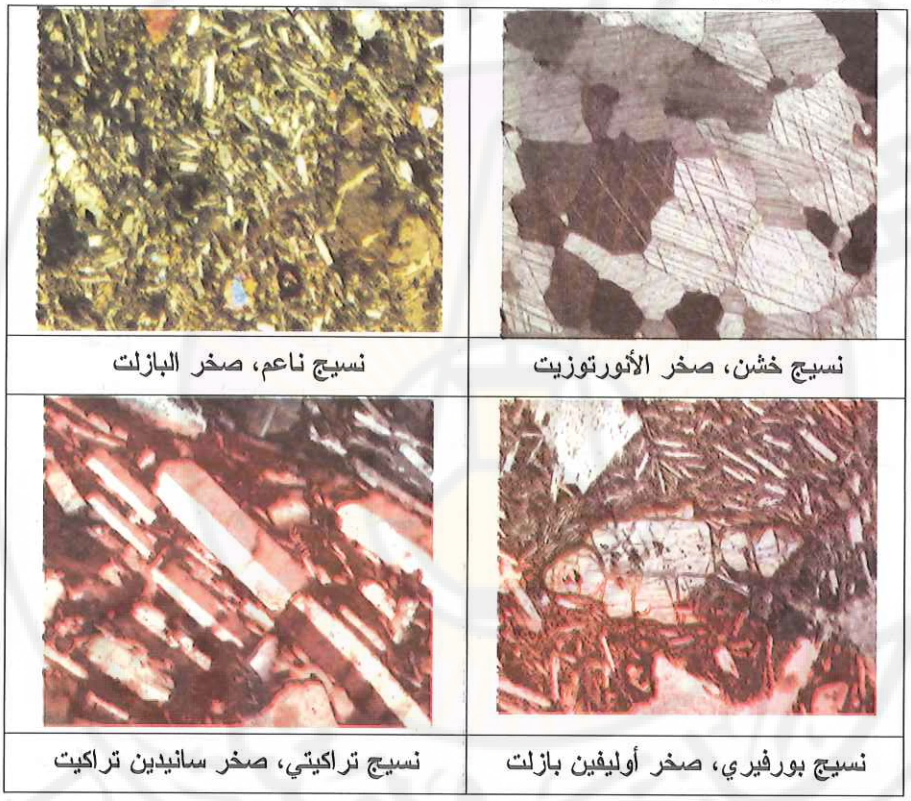
لدى وصول الماغما إلى سطح الأرض وتعرضها للجو تتطاير وتنطلق الغازات والأبخرة التي كانت محبوسة ضمنها تاركة خلفها عدداً هائلاً من الفراغات، مكونة الصخور البركانية المسامية، ويوصف نسيجها بالنسيج الفقاعي (Vesicular texture). يؤدي الاندفاع المفاجئ والسريع لبعض الحمم البركانية أحياناً إلى تكون فراغات صغيرة جدًا وكثيرة الانتشار في الصخر، مما يجعله ذا وزن نوعي خفيف. ويسمى النسيج في هذه الحالة بالنسيج الإسفنجي (Spongy texture) مثل صخر الخفان (Pumice). هذا وقد تمر لاحقاً محاليل أرضية ثانوية خلال الفراغات الفقاعية الموجودة في الصخر مؤدية إلى ترسب فلزات ثانوية داخل تلك الفراغات مكونة ما يسمى بالنسيج اللوزائي (Amygdaloidal texture).

أحياناً أخرى، ونتيجة لانسياب الحمم البركانية على السطح الخارجي للأرض تتوجه مكوناتها الفلزية حيث يكون المحور الطويل للبلورات موازياً لاتجاه انسياب هذه الحمم البركانية. ويوصف الصخر عندئذ بأنه ذو نسيج اتجاهي (Directive texture) أو نسيج تراكيتي "تراخيتي" (Trachytic texture) نسبةً إلى صخر التراكيت البركاني (Trachyte) المُميز بهذا النوع من النسج.

3-2-2 التركيب الكيميائي للصخور النارية:

تمكن العلماء من تحديد التركيب الكيميائي للصهارة المهلية بطريقة غير مباشرة وذلك من خلال تحليل الأنواع المختلفة من الصخور النارية كلها. ولقد أثبتت نتائج التحاليل أن الماغما تتكون أساساً من العناصر الكيميائية الرئيسة الآتية: الأكسجين، السليكون، الألمنيوم، الحديد، الكالسيوم، المغنيزيوم، الصوديوم، البوتاسيوم. إضافة إلى بعض الغازات والمكونات الأخرى مثل بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين وغاز الميثان. تتسرب المكونات الطيارة بمعظمها في الغالب من خلال الشقوق والفواصل ولا تبقى ضمن مكونات الصخور

النارية. وقد أمكن الاستدلال عليها من تحليل الغازات المنبعثة من فوهات البراكين الثائرة. وتشكل هذه الغازات نسبة لا تتعدى 3% من حجم الماغما، وعلى الرغم من صغر نسبتها وعدم دخولها في التركيب الكيميائي لكثير من فلزات الصخور النارية إلا أنها تؤدي دوراً مهماً وكبيراً وغير مباشراً على الماغما، فوجود مثل هذه الغازات والأبخرة بكثرة يخفض من لزوجة الماغما ويقلل من درجة حرارة تبلورها، مما يؤدي إلى تشكل بلورات كبيرة جداً ونامية كتلك المتوافرة في الصخور النارية البغماتية.



نسيج خشن، صخر الأنورتوزيت | نسيج ناعم، صخر البازلت

نسيج بورفيري، صخر أوليفين بازلت | نسيج تراكيتي، صخر سانيدين تراكيت

شكل- 37: صور لمقاطع مجهرية لبعض الأنواع الصخرية النارية، توضح بعض أنواع نُسجها.

تعد السليكا SiO_2 من المكونات الأساسية في التركيب الكيميائي للصخور النارية، وتراوح نسبة وجودها بين 40-75%. فإذا كانت الماغما غنية بالسليكا فإن الفلزات المتكونة تأخذ كفايتها من السليكا وينبقى جزء من هذه السليكا على هيئة فلز

الكوارتز، في حين تقل كمية وجود الفلزات الغنية بعنصري الحديد والمغنيزيوم. أما إذا كانت نسبة السليكا قليلة في الماغما فإن الفلزات المتكونة تكون غير مشبعة بالسليكا ومن ثم لا يظهر فلز الكوارتز ضمن مكونات الصخر، وعندها تزداد نسبة الفلزات قاتمة اللون والغنية بعنصري الحديد والمغنيزيوم. ولما كانت كمية السليكا هي التي تحدد نوع الفلزات التي تتبلور من الماغما، لذا اتخذت هذه النسبة أساساً لتقسيم الصخور النارية كيميائياً إلى عدة مجموعات هي:

- **صخور حمضية:** وتحتوي على نسبة مرتفعة من السليكا تراوح بين 65-80%، مما يحد من تشكل الفلزات القاتمة الغنية بعنصري الحديد والمغنيزيوم ويزيد من نسبة تشكل الفلزات المشبعة بالسليكا، كما يوجد فلز الكوارتز في الصخر ما يكسبه لوناً فاتحاً مثل صخور الغرانيت Granite وصخور الريوليتRhyolite .

- **صخور متوسطة:** تحتوي الصخور النارية متوسطة الحامضية على نسبة متوسطة من السليكا تراوح بين 52-65%. وتأخذ الفلزات المتبلورة كفايتها من السليكا، ولا يتبقى في هذه الحالة سليكا حرة لتكُون فلز الكوارتز كفلز مستقل. وتكون نسبة الفلزات الغنية بعنصري الحديد والمغنيزيوم متوسطة، ما يجعل لون الصخر الناتج أكثر قتامةً ومختلفاً بلونه عن لون الصخور الحامضية، مثال ذلك صخور الديوريت Diorite وصخور التراكيت Trachyte.

- **صخور أساسية (قاعدية):** تحتوي مجموعة الصخور الأساسية Basic rocks على نسبة منخفضة من السليكا تراوح بين 52-45%, وتكون فلزاتها غير مشبعة بالسليكا، ومن ثم ترتفع نسبة الفلزات الغنية بعنصري الحديد والمغنيزيوم مكونة صخوراً داكنة اللون رمادية إلى رصاصية داكنة وحتى

السوداء القاتمة، من أهم أمثلتها صخور الغابرو Gabbro وصخور البازلت Basalt.

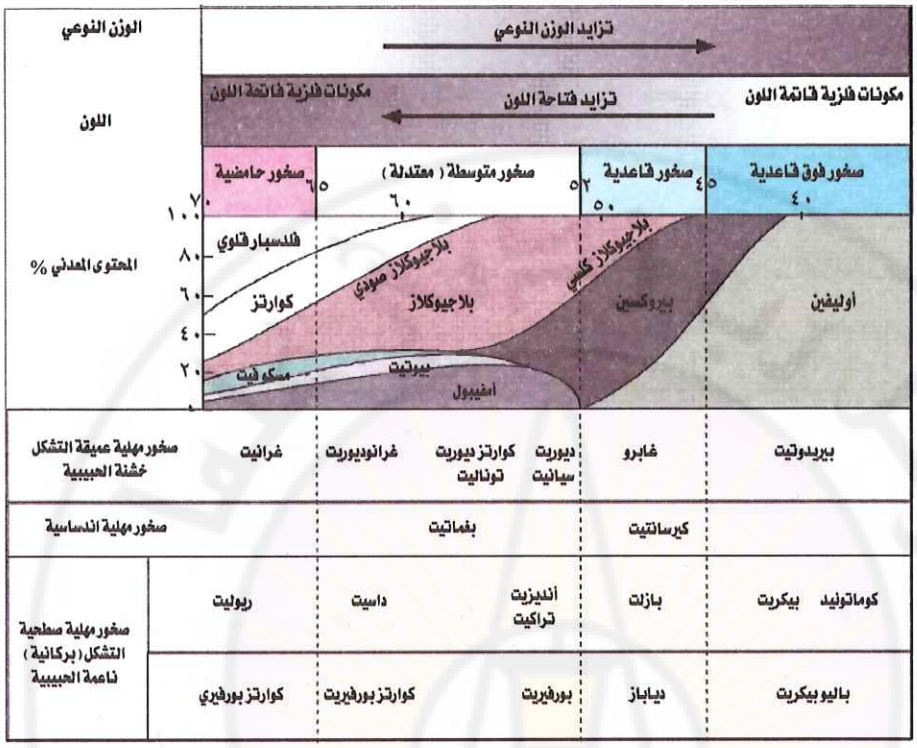
- **صخور فوق أساسية (فوق قاعدية):** تحتوي الصخور فوق الأساسية Ultra-basic rocks على نسب من السليكا تقل عن 45%، بينما ترتفع فيها وبدرجة كبيرة نسبة الفلزات الغنية بعنصري الحديد والمغنيزيوم وتظهر صخورها قاتمة اللون خضراء إلى حمراء بنية داكنة وحتى السوداء القاتمة، من أهم أمثلتها صخور عائلة البيريدوتيت Peridotite كصخور الدونيت، والأوليفينيت، والفيرليت، والهارتزبورجيت، والليرزوليت والبيروكسينيت.

3-2-3 التركيب الفلزي للصخور النارية:

هناك ثمانية فلزات أساسية تساهم في تركيب الصخور النارية يمكن التعرف عليها بالعين المجردة هي:1- فلز الكوارتز، 2- فلزات الفلدسبات البوتاسي (أورثوكلاز، ميكروكلين)، 3- فلزات الفلدسبات الصودي والكلسي (بلاجيوكلاز "ألبيت-أنورتيت" نيفيلين)، 4- المسكوفيت، 5- البيوتيت، 6- الأمفيبول،7- البيروكسين و 8- الأوليفين. تتميز الفلزات الأربعة الأولى بكونها شفافة وفاتحة اللون، أما الفلزات الأربعة الأخيرة فتكون قاتمة اللون، إما سوداء أو بنية أو خضراء نظراً لاحتوائها على عنصري الحديد والمغنيزيوم.

3-3 تصنيف الصخور النارية:

تم تصنيف (تقسيم) الصخور النارية على أساس التركيب الفلزي والنسيج (الشكل-38)، يمثل المحور الرأسي جميع الصخور النارية ذات التركيب الفلزي والكيميائي المتشابه والناتج عن تصلب ماغما متشابهة التركيب، لكن نسيجها يختلف حسب الموقع الذي حدثت فيه عملية التبلور، بينما يمثل المحور الأفقي جميع الأنواع والمجموعات الصخرية التي لها النسيج نفسه، أي التي تبلورت وتشكلت في ذات الموقع والظروف الترموديناميكية مع وجود تباينات في تركيب الماغما التي تشكلت منها.



شكل- 38: مخطط تصنيف الصخور النارية تبعاً لتركيبها الفلزي ونسيجها الصخري.

3-4 الصخور الرسوبية:

تنشأ الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks نتيجة تأثير العمليات الميكانيكية أو الكيميائية أو العضوية على صخور أولية سابقة التشكل نارية أو رسوبية أو متحولة أدت إلى تجويتها وتعريتها، ثم نقلت نواتج عمليتي التجوية والتعرية بواسطة عوامل النقل المختلفة (مياه، رياح، ثلوج ....) إلى أحواض الترسيب القارية أو البحرية والمحيطية حيث ترسبت واستقرت هناك ثم اندمجت وتماسكت وتصلبت بعد ترسبها بفعل ثقل المواد الرسوبية المتراكمة فوقها، أو نتيجة للمحاليل والمركبات الكيميائية الجامعة لها حيث تكتسب الصفة

الصخرية. تتميز الصخور الرسوبية عادة باحتوائها على المستحاثات خاصة تلك التي تكونت في الأوساط المائية كالبحار والمحيطات، والتي تساعد في تحديد عمرها النسبي. كما تتميز بكونها غير مبلورة وبمظهرها الطبقي وباحتوائها عادة على نسبة عالية من المسام التي تكون في بعض الأحيان ممتلئة بالماء أو الغاز الطبيعي أو حتى النفط. تقدم الصخور الرسوبية معلومات مهمة عن الشروط الفيزيوكيميائية والجغرافية والمناخية التي كانت سائدة في أثناء مدة تكونها، لذلك تمثل سجلاً مهماً نستطيع من خلال تفسيره فهم المراحل المختلفة للتاريخ الجيولوجي للسطح الخارجي للقشرة الأرضية.

تعد الصخور الرسوبية مصدراً مهماً لجميع مواد الإنشاء والتعمير كالرمل والحصى والاسمنت وحجارة البناء، كما تشكل الطبقات الخازنة لبعض مصادر الطاقة غير المتجددة كالفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي إضافة إلى كونها تمثل المصدر الرئيس لبعض التوضعات الاقتصادية المهمة مثل توضعات الفوسفات وبعض الأملاح الفلزية.

3-5 تصنيف الصخور الرسوبية:

تعد عملية تصنيف الصخور الرسوبية من المواضيع الصعبة والشائكة والمتداخلة، حيث إنه لا يمكن تصنيف جميع أنواع الصخور الرسوبية بالاعتماد على خاصية أو صفة محددة، فعلى سبيل المثال يمكن تصنيف الصخور الرسوبية الحطامية "ميكانيكية المنشأ" تبعاً لتفاوت أبعادها الحبية، إلا أن مثل هذا التصنيف لن يكون ذا فائدة عند تصنيف الصخور الرسوبية كيميائية أو عضوية المنشأ. عليه تم وضع مجموعة من الطرائق التصنيفية للصخور الرسوبية، فمثلاً تقسم الصخور الرسوبية تبعاً لمنشئها إلى ثلاثة أنواع رئيسة هي:

3-5-1 الصخور الرسوبية الحطامية (ميكانيكية) المنشأ:

هي الصخور التي تنتج من تفتت الصخور الأولية بتأثير عوامل التعرية، ثم نُقلت ميكانيكياً بفعل التيارات الريحية أو المائية أو الثلوج أو الثقالة الأرضية إلى أحواض الترسيب، وهناك تصلبت وتصلدت واكتسبت الصفة الصخرية، دون أن يطرأ عليها أي تغير أو تبدل كيميائي كبير.

تقسم هذه الصخور تبعاً لحجم حبيباتها كما هو موضح بالجدول-4، ومن أهم الصخور الرسوبية ميكانيكية المنشأ : صخور الكونغلوميرا والبريشيا والصخور الرملية والصخور السلتية وأخيراً الصخور الغضارية "الطينية".

جدول- 4: علاقة حجم ونوع المواد الحطامية الرسوبية مع نوع الصخر الرسوبي الميكانيكي (الحطامي) المنشأ.

نوع المادة (الحبيبة) الحطامية		الحجم / ملم	اسم الرسوبيات	اسم الصخر الرسوبي	
Boulder	جلمود	> 250 ملم	Gravel		
Cobble	حجارة	64-250ملم	Gravel	كونغلوميرات أو/ و بريشيا	
Pebble	حصى	4-64 ملم	Gravel	Conglomerate or Breccia	
Granule	رمل خشن	2-4 ملم	Gravel		
Sand	رمل	1/16-2 ملم	Sand	صخر رملي	Sandstone
Silt	سيلت	1/16- 1/ 250 ـ	Silt	صخر سيليتي	Siltstone
Clay	غضار	ملم	Clay	صخر غضاري	Claystone
		< 1/250 ملم			

تصنف الصخور الرسوبية الحطامية حسب درجة تماسكها إلى قسمين: صخور رسوبية متماسكة، وصخور رسوبية مفككة، أما الصخور الرسوبية الكيميائية أو العضوية فإنها تصنف غالباً على أساس مكوناتها الفلزية، فمثلاً يتكون الحجر

الكلسي أساساً من فلز الكالسيت وقد يرجع السبب في تكون هذا الفلز إلى عوامل كيميائية أو عضوية. ويوضح الجدول-5 التقسيم العام للصخور الرسوبية.

3-5-2 الصخور الرسوبية كيميائية المنشأ:

وهي الصخور التي كانت ذائبة في المياه على شكل مركبات ملحية منحلة، ثم ترسبت نتيجة عملية البخر أو التبريد أو تقليل الضغط أو الترسيب الكيميائي المباشر، ومن أهمها الصخور الجصية، والدولوميتية، والجيرية وصخور ملح الطعام، والصخور السليسية كصخور الصوان "فلنت" والشيرت.

3-5-3 الصخور الرسوبية عضوية المنشأ:

تمثل هذه الصخور بشكل عام بقايا الكائنات الحية النباتية والحيوانية أو عظامها وقواقعها ومخلفاتها التي تراكمت وتصلبت. وتقسم إلى مجموعتين رئيستين هما:

- **الصخور الرسوبية العضوية حيوانية الأصل:** وتقسم بدورها أيضاً وتبعاً لطبيعة تركيبها الكيميائي إلى ثلاث مجموعات هي:
  - **صخور عضوية حيوانية الأصل كلسية "جيرية" التركيب:** ومن أمثلتها الصخور الحوارية "الطباشيرية" والتي تتشكل نتيجة تراكم هياكل المنخربات، والصخور الجيرية المرجانية، وصخور الكوكينا Coquina وهي الصخور التي تتكون بشكل كلي نتيجة تراكم أصداف وقواقع الكائنات الحية البحرية جيرية التركيب.
  - **صخور عضوية حيوانية الأصل سيليسية التركيب:** ومن أمثلتها صخور الراديولاريت والتي تنشأ نتيجة تراكم وتصلب

هياكل حيوانات دقيقة تعرف باسم الراديولاريا، وتميز هذه الصخور عادة الترسبات البحرية العميقة.

- **صخور عضوية حيوانية الأصل فوسفاتية التركيب:** ومن أمثلتها صخور الغوانو التي تنشأ نتيجة تراكم هياكل ومخترجات الطيور البحرية، ولصخور الغوانو أهمية في مجالات تسميد الترب الزراعية ورفع كفائتها الخصوبية ومن ثم مردودها الإنتاجي، والصخور الفوسفاتية والتي تنشأ نتيجة تراكم عظام وهياكا الاسماك والكائنات البحرية.

o **الصخور الرسوبية العضوية نباتية الأصل:** ومن أمثلتها الأنواع المختلفة من الفحم الحجري كترسبات البيت Peat واللغنيت Lignite والإنتراسيت Anthracite.

3-6 التعرف علي الصخور الرسوبية:

من أجل تحديد نوعية الصخور الرسوبية وطبيعتها يتم اتباع الخطوات الآتية:

o يُحدد أولاً فيما إذا كانت العينة الصخرية من الصخور "الجيرية" الكلسية أو غير الكلسية وذلك بإضافة عدة نقاط من حمض كلور الماء (HCl)، مع ملاحظة وجود فوران شديد أم لا.

o يُحدد نسيج الصخر وذلك لمعرفة فيما إذا كان الصخر ميكانيكي المنشأ، أم متبلوراً غير ميكانيكي المنشأ، ويتم الحرص على تحديد أي مظهر غير مألوف مثل: التطبق المتقاطع أو التطبق المتصالب أو التطبق المتتابع.

o يُحدد في الصخور الرسوبية المتبلورة حجم الحبيبات الفلزية فيما إذا كانت العينة ذات بلورات كبيرة أو متوسطة أو ناعمة. أما في حالة

الصخور الرسوبية ذات النسيج الدقيق فيكون من الصعب تمييز بلوراتها.

- يُحدد في الصخور الكلسية الميكانيكية: فيما إذا كانت العينة ذات نسيج كونغلوميراتي أو أنها ذات نسيج متوسط أو حتى دقيق (حجم السلت والطين)، أما بالنسبة للصخور غير الكلسية والمتبلورة فلا يلزم تحديد حجم الحبيبات فيها.
- يُحدد في الصخور غير الكلسية الميكانيكية فيما إذا كانت الحبيبات في حجم الحصى أم الرمل أم الطين أم الصلصال، وذلك إما بالعين المجردة أو باللمس (جدول-5).
- أخيراً يتوجب تحديد التركيب الفلزي للحبيبات وتحديد نوع وطبيعة المادة الضامة الملاط (Cement) أو الأرضية (Matrix)، وبذلك يتم تحديد نوع الصخر الرسوبي المدروس وطبيعته من بين الصخور الرسوبية المذكورة.

جدول- 5: التقسيم العام للصخور الرسوبية.

	الصفة الغالبة	المواد المكونة للصخور	الصخور الرسوبية
رواسب ميكانيكية	رواسب الحصى	حصى غير منتظمة الشكل أو زاوية حصى مستديرة الشكل جلاميد وصلصال	البريشيا الكونغلوميرات تيليت
	رواسب الرمال	رمال خشنة رمال متوسطة رمال ناعمة صلصال	صخر رملي خشن الحبيبية صخر رملي متوسط الحبيبية صخر رملي ناعم الحبيبية صخر رملي مجهري الحبيبية
	رواسب طينية	الصلصال الطمي الطين	الحجر الصلصالي الصلصال البيوتوميني الصلصال الحراري
رواسب عضوية	رواسب كلسية	فتات المحار والمواد العضوية	الأحجار ذات الأصل العضوي مثل الطباشير
	رواسب سليسية عضوية	الدياتوميت – الإسفنج	صخور رملية عضوية
	رواسب فحمية	غابات متفحمة – نباتات منقولة	الليغنيت – الفحم البيتوميني – الأنثراسيت
	رواسب حديدية	رواسب حديدية	خام الحديد
	رواسب فوسفاتية	الغوانو	خام الفوسفات
رواسب كيميائية	رواسب كلسية	كربونات الكالسيوم المترسبة من المحاليل ، كربونات الكالسيوم والمغنيزيوم مترسبة من المحاليل	الحجر الكلسي البيوضي – صخور الدولوميت
	رواسب رملية	السليكا الجلاتينية	الصوان والشيرت
	رواسب حديدية	أكاسيد الحديد	طفلة حديدية وخام الحديد
	رواسب ملحية	رواسب البحيرات المالحة	الجص- الأنهيدريت- ملح الطعام- أملاح البوتاسيوم والصوديوم – النطرون

3-7 الصخور المتحولـــة:

تنشأ الصخور المتحولة (Metamorphic Rocks) نتيجة تعرض الصخور الأولية الرسوبية أو النارية أو حتى المتحولة سابقاً لعامل الضغط أو عامل الحرارة والمحاليل المائية المرافقة أو للعوامل جميعها، مما يؤدي إلى تغير صفاتها الأولية واكتسابها صفات جديدة، وذلك من حيث التركيب الكيميائي (Chemical Composition) أو التركيب الفلزي (Mineralogical Composition) أو النسيج الصخري (Texture Rocks)، أي أنها تحولت من حالتها الأصلية إلى حالتها الجديدة، مكونة صخوراً جديدة تكون أكثر ثباتاً تحت الشروط الترموديناميكية الجديدة. وسيتم ضمن هذا المجال طرح بعض الأمثلة التي توضح كل من طبيعة الصخور الأولية وطبيعة الصخور المتحولة التي نشأت منها. فمثلاً تنشأ صخور الغنايس من تحول الصخور النارية البلوتونية حمضية التركيب مثل الصخور الغرانيتية، كما تنشأ صخور الأمفيبوليت من تحول الصخور النارية البلوتونية القاعدية مثل صخور البازلت والغابرو، وتنشأ صخور السربنتينيت من تحول الصخور النارية البلوتونية فوق الأساسية مثل صخور البيريدوتيت والدونيت والهارتزبورجيت، في حين تنشأ صخور الكوارتزيت نتيجة تحول الصخور الرسوبية الرملية، وتنشأ صخور الرخام من تحول الصخور الرسوبية الكلسية، وأخيراً يتشكل صخر الأردواز نتيجة تحول الصخور الرسوبية المختلطة.

وتتمثل مظاهر التحول عادةً بالتشوه الميكانيكي،إعادة التبلور وأخيراً إعادة التنظيم والاستبدال الكيميائي مجتمعةً أو منفردةً.

- **التشوه الميكانيكي:**

ينشأ التشوه الميكانيكي Mechanical Deformation بشكل رئيس بفعـــل الضغط، فزيادة الضغط على الصخور في اتجاهين متعاكسين تقود إلى طـــي هـــذه الصخور وتصدعها، ومن ثم طحن المكونات الصخرية الموجـــودة علـــى طرفـــي الصدع، وكذلك فإن زيادة الضغط الموجه تؤدي إلى انتظـــام المكونـــات الفلزيـــة

المتطاولة (الموشورية- الصفائحية) بشكل عمودي على جهة الضغط. وقد لا يكون هذا الاتجاه موازياً لاتجاه طبقات الصخر الأولي.

- **إعادة التبلور:**

تؤدي عملية إعادة التبلور Recrystallization عادة والناتجة عن تأثير الحرارة بشكل رئيس إلى تكون بلورات فلزية ذات حجوم كبيرة على حساب البلورات الفلزية الأولية صغيرة الأبعاد. إن زيادة حجم الحبيبات الفلزية يرتبط غالباً بمقدار زيادة التحول وارتفاع درجة الحرارة، كما أن المحاليل السائلة والمواد الغازية تسهم في تسهيل هذه العملية وإنجازها.

- **الانصهار الجزئي:**

مع ارتفاع درجات الحرارة، تنصهر بعض مكونات الصخور الأولية، وعند انخفاض درجات الحرارة تبرد وتتصلب وتكسب الصخر الجديد نسيجاً مبقعاً Spotted، كالتي تشاهد غالباً في صخور الهورنفلس.

- **إعادة التنظيم الكيميائي:**

تحدث حادثة إعادة التنظيم الكيميائي Chemical Recombination نتيجة التأثير المشترك للحرارة والغازات والمحاليل السائلة، حيث يتم تشكل فلزات جديدة ونموها من المكونات الكيميائية المكُونة للفلزات الأولية الموجودة في الصخر الأولي، وحيث تكون هذه الفلزات المتكونة أكثر ثباتاً وتوازناً مع الشروط الترموديناميكية الجديدة من الحرارة والضغط.

- **الاستبدال الكيميائي:**

تتم حادثة الاستبدال الكيميائي Chemical Replacement عند استبدال بعض العناصر الكيمائية لأماكنها بأماكن عناصر كيميائية أخرى تدخل في البناء

البلوري للفلزات الأولية، وتؤدي المحاليل المائية المتغلغلة بين فجوات الصخر دوراً مهماً في تسهيل حركة هذه العناصر الكيميائية.

3-8 تصنيف الصخور المتحولة:

هناك عدد كبير من التصانيف الخاصة بتصنيف الصخور المتحولة، أبسطها وأهمها تلك التي تعتمد على بنية الصخر ونسيجه (شكل- 36)، والتي تقسم الصخور المتحولة إلى مجموعتين رئيستين هما:

3-8-1 الصخور المتحولة غير المتورقة:

تتميز الصخور المتحولة غير المتورقة Non-Foliated Metamorphic Rocks ببنيتها الكتلية حيث لا تبدي هذه الصخور أي شكل أو نوع من أشكال التصفح أو التورق أو حتى التوجه لمكوناتها الفلزية. كما تتميز بنسيجها الكثيف والمتماسك. ومن أهم أمثلتها صخور الميتاكونغلوميرات، والكوارتزيت، والرخام والهورنفليس (جدول-6). تنشأ الصخور المتحولة غير المتورقة بشكل رئيس نتيجة تأثير الحرارة فقط، وتميز غالباً الصخور المتحولة تماسياً.

جدول- 6: تقسيم الصخور المتحولة غير المتورقة.

اسم الصخر	التركيب الفلزي	النسيج الصخري
الميتاكونغلوميرات	كسارات وقطع صخرية مشوهة تعود لأي نوع من الصخور	حبيبات كبيرة ضخمة
الكوارتزيت	كوارتز	حبيبات خشنة إلى دقيقة
الرخام	كالسيت، دولوميت، سيديريت	
الهورنفليس	فلدسبات، ميكا، أوليفين، هورنبلند، بيروكسين، غارنت وكوارتز	حبيبات دقيقة إلى حبيبات دقيقة جداً

3-8-2 الصخور المتحولة المتورقة:

تتميز الصخور المتحولة المتورقة Foliated Metamorphic Rock بأبعاد حبيبية تراوح بين الناعمة والخشنة مع بنية صفائحية (Laminated Structure). وقد تكون هذه الصفائح متفاوتة الثخانة (رقيقة أو ثخينة) وتميز هذه البنى عادة الصخور المتحولة الإقليمية وتنشأ نتيجة تراصف الفلزات الأبرية الموشورية والصفائحية حيث تكون محاورها الطولية موجهة ومتوازية. تضم هذه المجموعة الأنواع الصخرية الآتية: الأردواز، والفيلليت، والشيست، والغنايس والأمفيبوليت المتورق (جدول-7). وتتكون صخور هذه المجموعة عادة نتيجة التأثير المشترك لعاملي الحرارة والضغط، وتميز الصخور المتحولة إقليمياً.

جدول- 7: تقسيم الصخور المتحولة والمتورقة.

اسم الصخر	التركيب الفلزي						النسيج الصخري		
الأردواز	كلوريت	الميكا	الكوارتز	الفلدسبات	الأمفيبولات	البيروكسين	حبيبات دقيقة جداً	غير متطبق	حبيبات فلزية موجهة
الفيلليت							حبيبات دقيقة		
الشيست							حبيبات كبيرة		
الغنايس							حبيبات كبيرة	متطبق	

3-9 أنماط التحول (Types of Metamorphism):

تحدث عملية التحول وفق عدة طرائق نوجز فيما يأتي أهمها:

3-9-1 التحول التماسي أو الحراري:

يتم التحول التماسي أو الحراري Contact or Thermal Metamorphism بفعل الحرارة غالباً كنتيجة مباشرة لتلامس متداخلات الأجسام المغماتية كاللاكوليت والباثوليت والفاكوليت والقواطع والسدود للصخور المضيفة الملامسة لها. هذا وتسهم الغازات والمحاليل الغنية بالشوارد المعدنية بتسهيل عملية التحول هذه، ويتميز التحول التماسي عادة بضغط منخفض يراوح كحد أعلى بين 2- 3 كيلوبار، كما يتميز بشكل عام بانتشاره الإقليمي المحدود وبتناقص درجة التحول كلما تم ابتعاد الصخر المضيف عن الجسم المغماتي، لذلك فقد تم تقسيم الاختلافات في درجة التحول التي تصيب الصخور المضيفة إلى نطاقين، يتميز كل نطاق منهما بتغيرات محدودة. ففي النطاق الداخلي وخاصة الأجزاء القريبة من سطح التلامس تحدث تحولات كيميائية (Metasomatic Aurede) ناتجة غالباً عن انتقال الحرارة من الأجسام المغماتية إلى الصخور المضيفة المحيطة بها.

يتوقف تأثير التحول التماسي الحراري ويختلف بشدته ونوعه مع حجم الأجسام المغماتية واختلاف طبيعة الصخور المضيفة المحيطة بهذه الأجسام، فعلى سبيل المثال يقود التأثر الحراري للصخور الرملية المكونة بمعظمها من فلز الكوارتز إلى تكوين صخور الكوارتزيت، وكذلك تتحول الصخور الكربوناتية الكلسية والصخور الدولوميتية إلى صخور الرخام، كما تتحول الصخور الرسوبية الغضارية إلى صخور ناعمة الحبيبية ذات لون قاتم وكثافة عالية تسمى صخور الهورنفلس Hornfels Rocks.

3-9-2 التحول الإقليمي:

ينجم التحول الإقليمي Regional Metamorphism نتيجة تضافر تأثير الحرارة والضغط يساعدهما غالباً تأثير الماء والمحاليل الكيميائية. يحدث التحول

الاقليمي ببطء شديد وتشتمل مساحات إقليمية كبيرة تقاس بعشرات أو مئات الكيلومترات، كما أنها تؤثر في صخور ذات سماكات كبيرة تراوح بين العشرات إلى المئات من الأمتار، وتظهر آثارها على كل من البنية والنسيج والتركيب الفلزي لهذه الصخور. إن أهم ما يميز الصخور المتحولة إقليمياً هو نسيجها الصفائحي المتورق (Foliation Texture)، فنتيجة للتحول الإقليمي تتشكل فلزات جديدة لها أشكال موشورية أو أبريه أو صفائحية أو قضيبية تتراصف نتيجة الضغط بشكل متراص وتصطف وتنتظم في الاتجاه الأقل ضغطاً مؤدية بذلك إلى تشكل صخور جديدة لها نسيج صفائحي متورق. ومن أمثلة هذه الصخور الأردواز والشيست والغنايس والأمفيبوليت والغرانوليت والإيكلوجيت.

3-9-3 التحول الديناميكي:

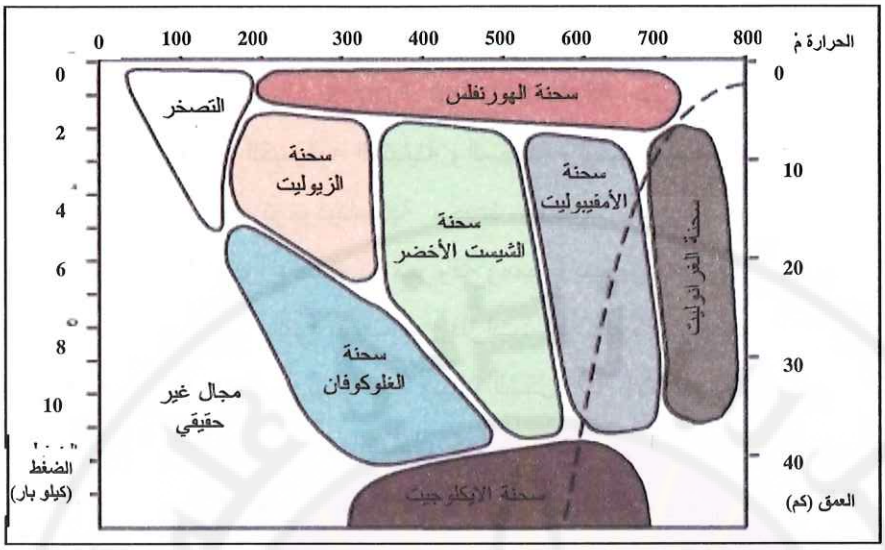
يحصل التحول الديناميكي Dynamic Metamorphism عادة نتيجة تأثير عامل الضغط فقط، والناتج غالباً عن فعل الحركات الأرضية مثل الفوالق والتصدعات، مما يؤثر على بنية الصخور السطحية ونسيجها، وذلك في صخور القشرة الأرضية فتصبح ذات بنية ميلونيتية حطامية.

3-9-4 التحول التراجعي:

يحدث التحول التراجعي Retrogressive Metamorphism نتيجة تأثر صخور متحولة سابقة بشروط تحول أدنى درجة وشدة من درجة تحولها الأولى، ويستدل عادة على عملية التحول التراجعية من تشكل فلزات جديدة تشكلت في درجات حرارة منخفضة حلت محل فلزات سابقة لها بالتشكل، وذات درجات تشكل حرارية مرتفعة مثل تشكل فلز الكلوريت من البيوتيت أو الهورنبلند. أحياناً تكون هذه العملية معكوسة بشكل كلي، فلدى تعرض صخور متحولة سابقاً لشروط تحول أكبر وأشد تكون فلزاتها غير ثابتة أو مستقرة تحت تأثير هذه الشروط فيتم تحولها تحولاً تقدمياً (Progressive Metamorphism).

10-3 سحنات التحول:

تعرف سحنات التحول Metamorphic Faces على أنها مجموعة من الصخور ذات التراكيب الكيميائية المتباينة والمختلفة والمميزة بمجموعة فلزية ثابتة ومستقرة ضمن شروط ترموديناميكية محددة (ضغط، حرارة)، وتسمى سحنة التحول عادة نسبة إلى أنواع صخرية معروفة ومميزة بمجموعة فلزية محددة، فمثلاً سحنة الشيست الأخضر والتي تتألف من فلزات: البلاجيوكلاز الصودي (ألبيت)، الإبيدوت، الكلوريت، الأكتينوليت، هذا ويبين الشكل-39 الأنواع المختلفة لسحنات التحول تبعاً لتحولات الحرارة والضغط، كما ويتضح من الشكل سحنات التحول الرئيسة تبعاً للشروط الترموديناميكية السائدة في أثناء تشكلها، وهي: سحنة الشيست الأزرق (ضغط عالٍ وحرارة منخفضة)، سحنة الزيوليت (ضغط وحرارة منخفضين)، سحنة التحول التماسية (حرارة متوسطة وضغط منخفض)، سحنه الشيست الأخضر (حرارة متوسطة وضغط متوسط)، سحنة الأمفيبوليت (حرارة متوسطة إلى مرتفعة وضغط متوسط)، سحنة الغرانوليت (حرارة مرتفعه وضغط منخفض إلى مرتفع)، سحنة الإيكلوجيت (حرارة مرتفعة وضغط مرتفع).



شكل- 39: الأطوار السحنية المختلفة وعلاقتها مع الضغط والحرارة.

جدول- 8: سحنات التحول المختلفة مع ما يقابلها من تجمعات فلزية مميزة.

سحنة التحول	طبيعة صخور الأصل		
	صخور نارية	صخور غضارية	صخور كلسية
سحنة الشيست الأزرق	غلوغوفان، لاستونيت، كلوريت، بيمبلليت، جاديت.	غلوغوفان، لاستونيت، كلوريت، أراغونيت، كوارتز، مسكوفيت.	تريموليت، أراغونيت، مسكوفيت، غلوكوفان.
سحنة الشيست الأخضر	كلوريت، أكتينوليت، إيبيدوت، ألبيت.	كلوريت، مسكوفيت، ألبيت، كوارتز.	كالسيت، دولوميت، فلوغوبيت، تريموليت، إيبيدوت، كوارتز.
سحنه الأمفيبوليت	هورنبلند، بلاجيوكلاز، إيبيدوت، ألماندين.	بيوتيت، مسكوفيت، ألبيت، كوارتز.	كالسيت، ديوبسيد، غروسولار، فورستريت
سحنة الغرانوليت	ديوبسيد، هيبرستين، غارنت، بلاجيوكلاز.	غارنت، أورثوكلاز، بلاجيوكلاز، كوارتز، سيلليمانيت أو ديستين.	كالسيت، بلاجيوكلاز، ديوبسيد.
سحنة الإيكلوجيت	بيروكسين(جاديت)، بيروب، روتيل، ديستين.	----------	----------
سحنة الهورنفلس	ديوبسيد، هيبرستين، بلاجيوكلاز.	بيوتيت، أورثوكلاز، كوارتز، كورديريت، أندالوزيت.	كالسيت، ولستونيت، غروسولار.

Damascus University

تدريب عملي:

- ضع علامة صح أو خطأ أمام العبارات الآتية:

– تكون الصخور النارية أكثر تبلوراً من الصخور الرسوبية ( ).

– تكون الصخـــور النارية المتداخلـــة أكثر تبلوراً من الصخور النارية الجوفية ( ).

– تنتج الصخور النارية من تجمع الفلزات الأولية ( ).

– يعد التركيب الفلزي وحجم البلورات (النسيج الصخري) الأساس في تقسيم الصخور النارية ( ).

- علل ما يلي:

– يكون صخر الغرانيت أكثر تبلوراً من صخر البازلت.

– يكون صخر الريوليت فاتح اللون، بينما يكون صخر الغابرو داكن اللون.

- حدد الفرق:

– بين الصخور الأولية والصخور الرسوبية.

– بين الصخر والفلز.

– بين الصخور المتحولة التماسية والإقليمية.

- عرف كل مما يلي:
  - سحنة التحول:
  - الفلز الدال:
  - الباراجينيز الفلزي:
- حدد المقابلات الصخرية البركانية لكل من الصخور النارية الجوفية التالية: الغابرو، والديوريت والغرانيت.

الفصل الرابع

الخرائط

4-1 مقدمة

4-2 تعريف الخارطة

4-3 أنواع الخرائط

4-4 فوائد الخرائط

4-5 نظام الاحداثيات الجغرافية لاسقاط الخرائط

4-6 أنواع أنظمة الإسقاط الرئيسة

4-6-1 الإسقاط المخروطي (إسقاط لامبير)

4-6-2 الإسقاط الأسطواني (إسقاط ميركاتور)

4-6-3 الإسقاط السمتي (المستوي)

4-6-4 الإسقاط الميركاتوري المعترض

4-7 مكونات الخارطة

4-7-1 مقياس الخارطة

4-7-2 منحنيات (خطوط التسوية) أو خطوط تساوي الارتفاع

4-7-3 تحديد موقع نقطة ما على السطح الخارجي للأرض

4-7-4 تحديد مكان نقطة وارتفاعها على الخارطة

4-7-5 حساب المسافة الحقيقية بين نقطتين على الخارطة

4-8 الخرائط الطوبوغرافية

4-9 المقطع (البروفيل) الطوبوغرافي

4-10 تمارين على الخرائط الطوبوغرافية

4-11 الخارطة الجيولوجية

4-11-1 تحديد الثخانة الحقيقية للطبقة السطحية

4-11-2 المصطلحات على الخارطة الجيولوجية

4-12 تمارين على الخرائط الجيولوجية

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

4- الخرائط

4-1 مقدمة:

يعرف علم الخرائط بأنه العلم الذي يهتم بفن رسم الخرائط ووضع أسسها، ويعتمد على إسقاط وتمثيل المعالم الموجودة على السطح الخارجي للأرض كله أو بعض منه على مستو "خارطة". هذا التمثيل أو الإسقاط يصاحب عادةً بمجموعة من التشوهات على الخارطة نتيجة كروية الأرض، مع العلم أنه كلما كان سطح الأرض المراد إسقاطه أصغر كلما كان مقدار التشوه أقل، وجميع أنواع الإسقاط تحاول الحد من شدة هذه التشوهات.

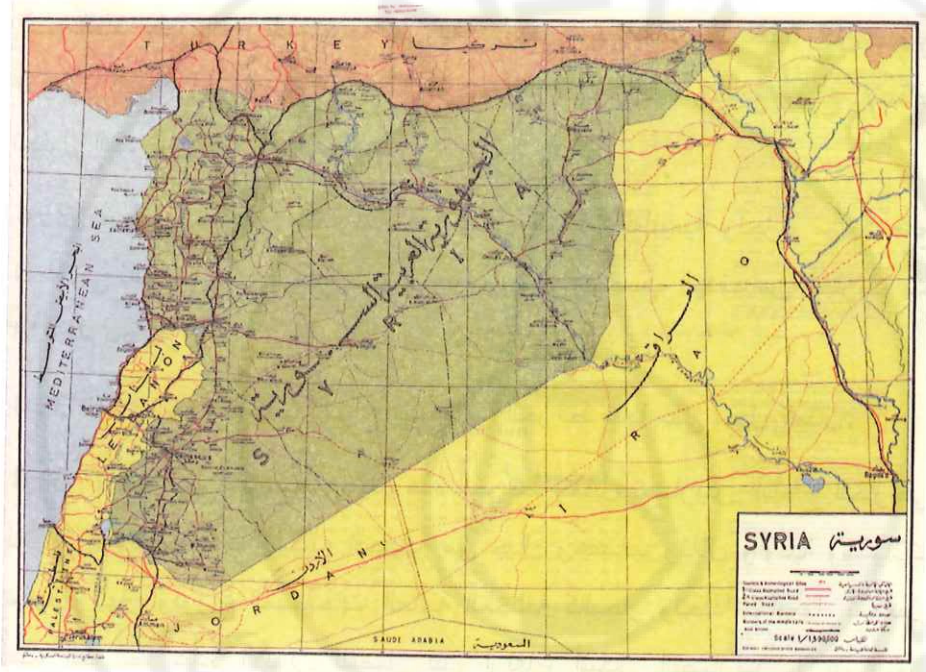
4-2 تعريف الخارطة: الخارطة هي تمثيل للمعالم الطبيعية ولجزء من السطح الخارجي للأرض على سطح مستو وبمقياس محدد، وحسب الهدف من الخارطة يتم الاهتمام بإظهار بعض المعالم بينما يتم إهمال معالم أخرى.

4-3 أنواع الخرائط: هناك أنواع عديدة من الخرائط منها على سبيل المثال:

4-3-1 الخرائط الطبيعية: وتهتم هذه الخرائط بتمثيل تضاريس السطح الخارجي للأرض، وتحديد كافة أشكاله الحقيقية من جبال وهضاب وتلال وأودية ومسيلات مائية وأنهار وتوزع المسطحات المائية المختلفة كالبحار وتحدد مواقعها. تستعمل هذه الخرائط عادةً الألوان للفصل بين ارتفاع أشكال التضاريس الرئيسة من مرتفعات أو سهول أو منخفضات، فمثلا يستعمل اللون البني الداكن للمرتفعات، واللون الأصفر للمناطق المستوية أو الصحراوية، واللون البني الشاحب لمناطق الهضاب، واللون الأخضر للسهول الساحلية، يوضح هذا النوع من الخرائط أيضاً بعض المعالم الإنشائية كالطرق والمدن والقرى.

4-3-2 الخرائط السياسية: تهتم هذه الخرائط ببيان الحدود السياسية بين الدول والمقاطعات أو الولايات والتجمعات السياسية مع تحديد مواقع العواصم وأهم المدن،

تستعمل هذه الخرائط أيضاً الألوان للفصل لتلون كل دولة أو وحدة من الوحدات السياسية بلون محدد، كما يستعمل للفصل بين الحدود وتوضيحها أنواع مختلفة من الخطوط منها: المتقطعة، ومنها الخط والنقطة، ومنها الخط والنقطتين، ويذكر مدلول الحدود المستعملة عادةً في دليل الخارطة، فيكتب مثلاً: حدود دولية، أو حدود غير متفق عليها، أو حدود داخلية... (الشكل-40).



شكل- 40: خارطة سوريا السياسية.

4-3-3 خرائط الطرق "المواصلات": تهتم هذه الخرائط ببيان أنوع الطرق البرية كافة وشبكة السكك الحديدية داخل القرى والمدن والدول والقارات التي تربط بينها. وتظهر الطرق على هذه الخرائط بتصنيفات متنوعة ومتعددة تختلف مع اختلاف نوع الطرق ذاتها "وحيدة المسار أو ثنائية المسار أو رباعية المسار، باتجاه واحد أو باتجاهين أو متعددة الاتجاهات". لهذه الخرائط أهمية بالغة لتنقل الأفراد أو لنقل

البضائع بين المدن والقرى والدول التي تشملها الخارطة، وعادة ما تعكس شبكة المواصلات أو خرائط الحركة لدولة ما قوة نظام مواصلاتها.

4-3-4 الخرائط البشرية: تهتم هذه الخرائط بتحديد التوزيع السكاني على سطح الأرض في منطقة ما، وتوضح مناطق الكثافة السكانية.

4-3-5 الخرائط المناخية: تهتم هذه الخرائط بتحديد الظواهر المناخية السائدة كافة، كتوزع الحرارة والهطولات المائية، والرطوبة واتجاهات الرياح والضغط الجوي.

4-3-6 الخرائط الاقتصادية: تهتم هذه الخرائط بتحديد مناطق توزع الثروات المعدنية وغير المعدنية وجميع النشاطات والفعاليات الاقتصادية "الزراعية والصناعية والتجارية" (شكل-41).



شكل- 41: خارطة سوريا الاقتصادية وتظهر موقع توزع الثروات الطبيعية وأنواعها.

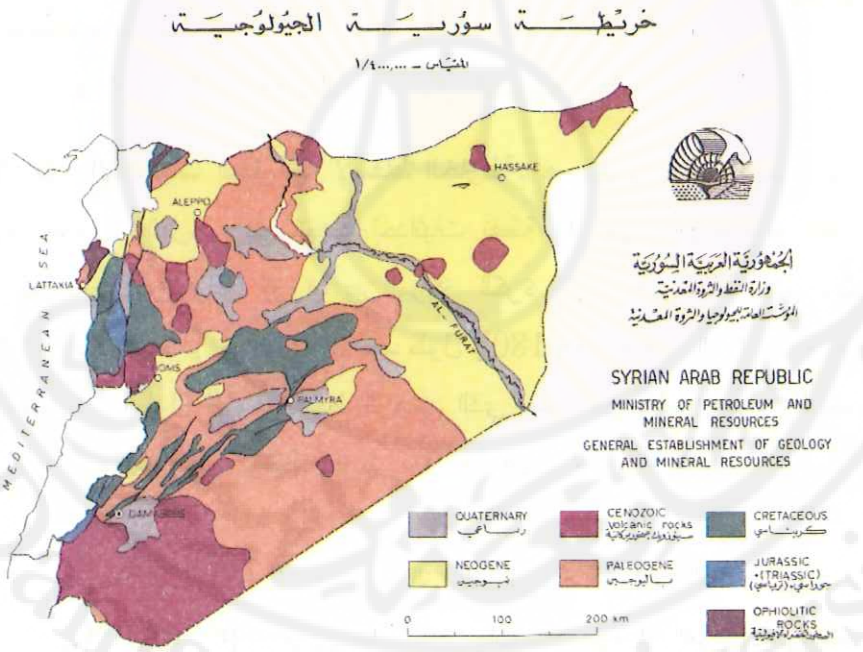
4-3-7 الخرائط السياحية: يهتم هذا النوع من الخرائط بتمثيل تفاصيل المعالم الرئيسة للمدن والدول مثل الطرق والشوارع بمسمياتها والمطارات والحدائق والمتنزهات والمتاحف والمباني الحكومية والفنادق ومراكز البريد ومراكز التسوق ومراكز تأجير السيارات ومحطات البنزين والمطاعم وغيرها من مراكز الخدمات السياحية الأخرى. تعد هذه الخرائط بشكل رئيس مهمة للسياح وللنشاط السياحي من جهة، كما تكون مهمة أيضاً لاستعمالها في تخطيط المدن من قبل وزارة الإسكان أو وزارة الإدارة المحلية والمؤسساتك افة ذات العلاقة.

4-3-8 الخرائط التضاريسية: تهتم هذه الخرائط ببيان المعالم الطبيعة والتضاريس للسطح الخارجي لمنطقة ما كالمرتفعات والمنخفضات ومجاري

المسيلات المائية، كما يوضح عليها البحار والأنهار وطرق المواصلات بأنواعها كافة.

4-3-9 الخرائط الطوبوغرافية: تعد إحدى أنواع الخرائط التضاريسية، وتهتم بتمثيل المعالم الطبيعية وأيضاً الحضارية على الخارطة كالمدن والنواحي والقرى وشبكة المواصلات والأنهار والمسيلات المائية، يطلق على هذه الخرائط أيضاً اسم خرائط التسوية، كونها تعتمد عند إنجازها على الخطوط الكونتورية "خطوط التسوية".

4-3-10 الخرائط الجيولوجية: هي خرائط طبوغرافية يمثل عليها التشكيلات الصخرية والتكوينات الجيولوجية كافة، وعلاقة الصخور مع بعضها، والفوالق والطيات، ويستعمل لتوضيح ذلك مجموعة من الرموز المتعددة أو الألوان المتنوعة (شكل- 42).



شكل- 42: خارطة سوريا الجيولوجية.

4-4 فوائد الخرائط: للخرائط فوائد عديدة يتم تحقيقها، أهمها:

- تحديد المواقع المختلفة على السطح الخارجي للأرض ومعرفة ارتفاعها عن سطح البحر.
- تحديد وتقدير المسافات الفاصلة بين مواقع مختلفة على السطح الخارجي للأرض.
- تحديد الملامح الجيومورفولوجية للسطح الخارجي للأرض "جبال، تلال، هضاب، وديان، مسيلات مائية.....".
- تحديد البنى الجيولوجية المختلفة "الفوالق المؤكدة وغير المؤكدة وأنواعها، الطيات واتجاه الطبقات المتكشفة وميولها.....".
- تحديد مواقع انتشار الخامات الاقتصادية المعدنية أو غير المعدنية.
- توضيح الحدود الجيولوجية المؤكدة وغير المؤكدة وأعمار التكشفات الصخرية المختلفة وأنواعها.
- تحديد امتداد الإنشاءات العمرانية والأماكن السكانية.

4-5 نظام الإحداثيات الجغرافية لإسقاط الخارطة: هو نظام إحداثيات يعتمد على خطوط الطول والعرض في تحديد إحداثيات نقطة ما، حيث أن خطوط الطول والعرض تعبر عن قياس الزوايا بين مركز الكرة الأرضية والنقاط على سطح الكرة الأرضية وبالتالي يوجد 360 خط طول و180 خط عرض الشكل-40. وقد تم اعتماد خط الطول 0 وهو الخط الوهمي الذي يصل بين قطبي الكرة الأرضية ويمر من مدينة غرينتش، وخط العرض 0 وهو الخط الوهمي المنطبق على دائرة الاستواء.

خط العرض (LATITUDE): المسافة الزاويّة إلى الشمال أو الجنوب من خط الاستواء (EQUATOR)، ويقاس عادة بالدرجات العشرية أو الدرجات والدقائق والثواني.

خط الطول (LONGITUDE): المسافة الزاويّة إلى الشرق أو الغرب من خط غرينتش، ويقاس عادة بالدرجات العشرية أو الدرجات والدقائق والثواني.

خط الاستواء (EQUATOR): الموازي (PARALLEL) أو خط العرض المرجعي الذي تقاس منه قيم العرض (LATITUDE). ويمر في منتصف المسافة بين قطبي الأرض.

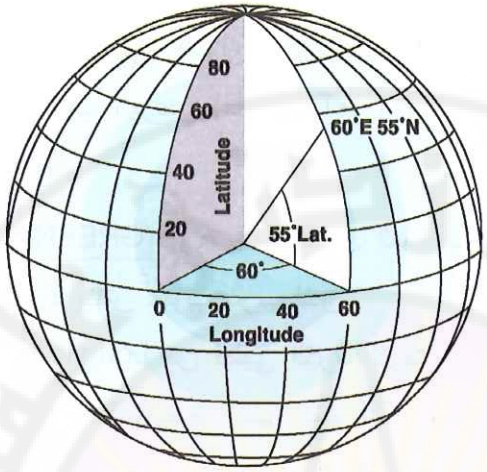
خط غرينتش (GREENWICH): وهو خط الطول المرجعي الذي تقاس منه قيم الطول، ويمر من مدينة غرينتش جنوب غرب لندن.

تمر خطوط الطول Longitude من قطبي الكرة الأرضية وتقسم خط الاستواء بمسافات متساوية تقدر بدرجة واحدة. اختير عام 1924م خط الطول المار من غرينتش "إحدى ضواحي لندن" في بريطانيا، مبدأ ترقيم خطوط الطول البالغ عددها 360 خط طول (دائرة مبدأ الطول أو دائرة نصف النهار أو خط الزوال الأول، تقسم خطوط الطول إلى خطوط طول شرقية يبلغ عددها 180 خط طول تقع إلى الشرق من خط غرينتش، وخطوط طول غربية ويبلغ عددها 180 خط طول تقع إلى الغرب من خط غرينتش (شكل-43).

يمثل خط الاستواء خط العرض المركزي الناتج عن قطع الكرة الأرضية بمستوي يمر من مركزها، والمتعامد مع المستقيم المار من القطبين. يبلغ محيط الكرة الأرضية عند خط الاستواء 40000 كم، قسمت إلى 360°(400غراد)، أي أن المسافة التي تفصل الدرجة عن الدرجة التي تليها تساوي 111.111 كم. كل درجة تساوي 60 دقيقة ومن ثم تساوي الدقيقة الواحدة 1851.851م، كل دقيقة تساوي 60 ثانية ومن ثم تساوي الثانية الواحدة 30.86م.

يعد خط العرض المنطبق على خط الاستواء خط العرض الأساسي أو المرجعي، وبداية ترقيم خطوط العرض البالغ عددها 180 خط عرض. تقسم خطوط العرض Latitude إلى خطوط عرض موجبة أو شمالية يبلغ عددها 90 خط عرض تقع

إلى الشمال من خط الاستواء وخطوط عرض سالبة أو جنوبية يبلغ عددها 90 خط عرض تقع إلى الجنوب من خط الاستواء (شكل-43).

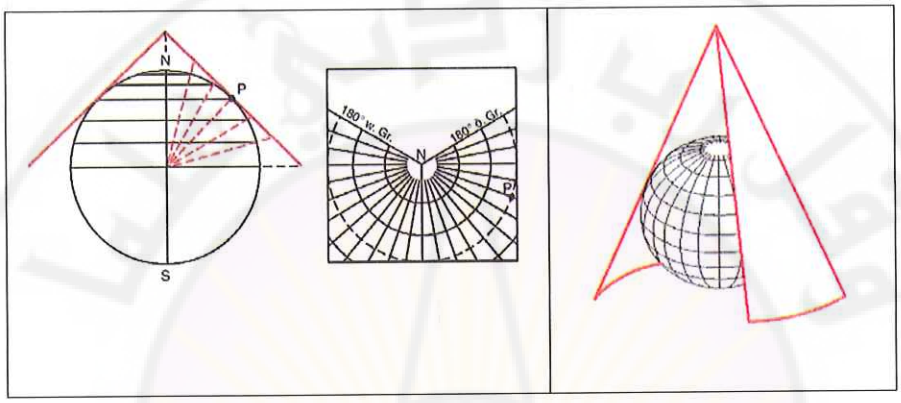


شكل- 43: الإسقاط الجغرافي للأرض، القطبين وخط الاستواء وتوزع خطوط الطول والعرض الجغرافية.

4-6 أنواع أنظمة الإسقاط الرئيسة: هناك عشرات الأنواع للإسقاط، إلا أن أكثرها شيوعاً تبعاً لطريقة الإنشاء ثلاثة أنواع هي: الإسقاط المخروطي والإسقاط الأسطواني والإسقاط السمتي، يتفرع من كل نوع منها مجموعة من الإسقاطات الفرعية.

4-6-1 الإسقاط المخروطي (إسقاط لامبير): لإنشاء الإسقاط المخروطي نتصور أنه تم لف صفحة ورقية شفافة مغلقة من أعلاها ومفتوحة من قاعدتها تمثل الخارطة حول دائرة واقعة على سطح الأرض أي على امتداد خط عرض أعلى أو أسفل خط الاستواء (شكل-44)، بحيث تكون على شكل مخروط. يتم إسقاط المعالم الموجودة كافة على السطح الخارجي للأرض إلى سطح المخروط، ثم يتم فرد السطح الجانبي للمخروط فينتج عن ذلك مسقط مخروطي الشكل. يكون مقياس الخارطة الناتجة عن الإسقاط المخروطي صحيحاً على طول خط العرض الواقع

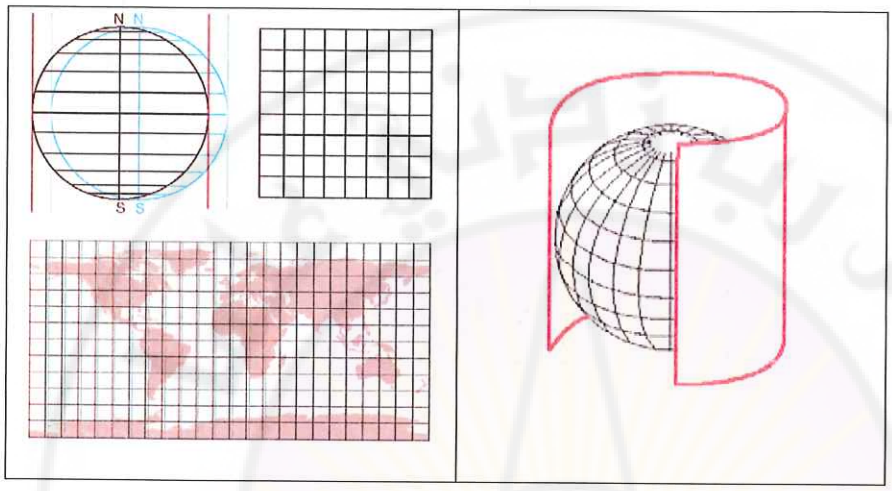
على تماس مع سطح الأرض، ثم يبدأ بالتشوه والتغيير كلما ابتعدنا عن خط العرض شمالاً أو جنوباً باتجاه خط الاستواء أو القطب. تظهر خطوط العرض في الإسقاط المخروطي على هيئة دوائر لها مركز واحد هو رأس المخروط، بينما تظهر خطوط الطول على شكل خطوط مستقيمة تمر بالمركز وتتباعد عن بعضها باتجاه المحيط الخارجي بزوايا ثابتة (شكل-41).



شكل- 44: الإسقاط المخروطي.

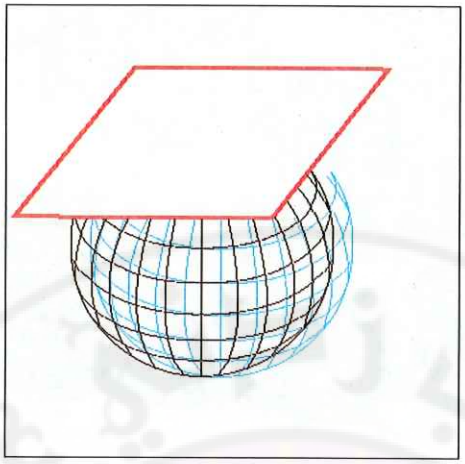
4-6-2 الإسقاط الأسطواني (إسقاط ميركاتور): نوع من أنواع الإسقاط، تُسقط فيه الأرض على أسطوانة مماسه أو قاطعة لها. ثم تُقطَع الأسطوانة من القاعدة إلى القاعدة الأخرى، وتُبسَط. ولإنشاء الإسقاط الأسطواني نتصور أنه تم لف صفحة ورقية شفافة تمثل الخارطة حول دائرة تماس كبيرة واقعة على خط الاستواء (شكل-45)، ينشأ عنها مسقطٌ أسطواني على هيئة مستطيل، تظهر فيه خطوط الطول والعرض متعامدة، يكون مقياس الإسقاط صحيحاً وحقيقياً على امتداد دائرة التماس، ويكون التشوه أكبر ما يمكن عند القطبين. تظهر خطوط العرض والطول في الإسقاط الأسطواني في الخارطة على شكل خطوط مستقيمة متعامدة على بعضها، تتباعد خطوط الطول عن بعضها بمسافات متساوية بينما تتناقص المسافة الواقعة بين خطوط العرض المتوازية كلما ابتعدنا عن خط الاستواء باتجاه القطبين، يشار إلى القطب بقطعة مستقيمة مشابهة لخط الاستواء لوجوده فرضاً في اللانهاية

(شكل-45)، يعد إسقاط مركاتور أشهر المساقط الأسطوانية، يستعمله الملاحون كثيراً، كون خطوطه تصل بين النقاط على الخارطة بخطوط مستقيمة، فيتَبعها الملاحون دون تغيير اتجاه البوصلة.



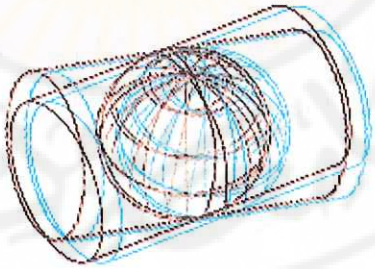
شكل- 45: الإسقاط الأسطواني.

4-6-3 الإسقاط السمتي (المستوي): ينشأ الإسقاط السمتي عند إسقاط الكرة على سطح مستوٍ نتيجة تلامس مستوى الخارطة السطح الخارجي للأرض في نقطة واحدة (شكل-46)، يكون المقياس في الإسقاط السمتي حقيقياً خالياً من أي تشوه فقط في نقطة واحدة هي المركز الهندسي للمسقط. وفي حال كانت نقطة التماس منطبقة على أحد قطبي الكرة الأرضية فإن خطوط العرض تظهر في المسقط على هيئة دوائر مركزها القطب، بينما تظهر خطوط الطول على شكل مستقيمات تمر من مركز الخارطة (شكل-43).



شكل- 46: الإسقاط السمتي (المستوي).

4-6-4 الإسقاط الميركاتوري المعترض UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR (UTM): أساس هذا الإسقاط هو إسقاط ميركاتور بعد جعل أسطوانة الإسقاط عامودية على أسطوانة ميركاتور (معترضة) الشكل-47، وتقسيم الكرة الأرضية إلى ستين نطاقاً، وكل نطاق هو عبارة عن 6 درجات طول حيث يبدأ النطاق 31 من خط غرينيتش (شكل-47)، وبالتالي فإن سوريا مثلا تقع بين خطي الطول 36-42 أي تقع ضمن النطاق 37 حيث خط الطول 39 يقسم النطاق 37 في المنتصف (شكل-48).



شكل- 47: إسقاط UTM الدولي UTM-Projection.



شكل- 48: شبكة إسقاط UTM الدولية للأرض.

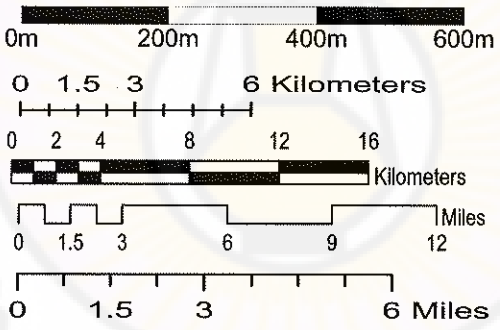
4-7 مكونات الخارطة: تتضمن الخارطة كل من مفتاح أو دليل الخارطة، وهو الناحية المرجعية من الخارطة والتي تبين جميع الألوان والرموز وأنماط الخطوط وأنواع التظليل والحاشية المستخدمة على الخارطة. كما يتضمن مفتاح الخارطة على مقياس الخارطة واتجاه الشمال.

4-7-1 مقياس الخارطة: هو التصغير المطلوب لعرض سطح الأرض على خارطة. ويمكن التعبير عن مقياس الخارطة بنسبة المسافة، فمثلاً عندما يكون مقياس الخارطة 1:24,000، يعني أن وحدة واحدة من المسافة على الخارطة تمثل 24,000 وحدة من المسافة على الأرض. ويمكن التعبير عنها أيضاً بالمساواة. واتجاه الخارطة: حيث يتم رسم معظم الخرائط عادةً بطريقة يدل أعلاها على اتجاه الشمال الجغرافي، وتزود الخرائط عادة على سهم يشير إلى هذا الاتجاه.

- **المقياس النسبي:** يطلق عليه أيضاً معامل الارتسام أو الاختزال، ويمثل العلاقة "النسبة العددية" بين المسافات البينية أو الخطية على الخارطة والمسافات الأفقية أو الطبيعية للأرض المقابلة لها ويكون المقياس ثابتاً في الخارطة الواحدة. يعبر عن المقياس النسبي إما عددياً أو خطياً "بيانياً".

- **المقياس النسبي العددي:** يعبر عنه بكسر عددي صحيح عادي يمثل بسطه الوحدة القياسية "الرقم واحد"، ومقامه المسافة المصغرة، فيكتب على سبيل المثال (1:50000) أي واحد من خمسين ألفاً ويعني ذلك أن الأبعاد أو المسافات على الخارطة تم تصغيرها 50 ألف مرة عن الأبعاد أو المسافات المقابلة لها على السطح الخارجي للأرض. (يعني كل 1سم على الخارطة يساوي 50000سم في الطبيعة أي 500م).

- **المقياس النسبي الخطي:** يعبر عنه بقطعة خطية مستقيمة أو بخط عريض يتم تقسيمها أو تقسيمه إلى فواصل متساوية الطول (شكل-49)، طول كل منها يساوي 1سم يتناسب مع الطول الطبيعي لعدد معلوم من الأميال أو الكيلومترات. يساعد المقياس البياني البسيط عادة على تحديد الأبعاد والمسافات الطبيعية تحديداً خطياً دون الحاجة للقيام بأي عمليات تحويل رياضية.



شكل- 49: أنواع مختلفة لتمثيل مقياس الخارطة.

تصنف مقاييس الخرائط في ثلاث مجموعات "كبيرة، ومتوسطة وصغيرة":

جدول- 9: أنواع مقاييس الخرائط.

مقاييس كبيرة	مقاييس متوسطة	مقاييس صغيرة
1:1000 ↔ (1سم = 10م)	1:100000 ↔ (1سم = 1كم)	1:1000000 ↔ (1سم = 10كم)
1:5000 ↔ (1سم = 50م)	1:200000 ↔ (1سم = 2كم)	1:2000000 ↔ (1سم = 20كم)
1:10000 ↔ (1سم = 100م)	1:250000 ↔ (1سم = 2كم)	1:50000000 ↔ (1سم = 50كم)
1:25000 ↔ (1سم = 250م)	1:300000 ↔ (1سم = 3كم)	1:100000000 ↔ (1سم = 100كم)
1:50000 ↔ (1سم = 500م)	1:400000 ↔ (1سم = 4كم)	1:200000000 ↔ (1سم = 200كم)
	1:500000 ↔ (1سم = 5كم)	1:300000000 ↔ (1سم = 200كم)
		1:500000000 ↔ (1سم = 500كم)

ومن أجل تحويل مقياس رسم الخارطة الخطي إلى نسبي يتم اتباع الخطوات التالية:

- تقاس المسافة بين نقطتين على المقياس الخطي.
- تكتب هذه المسافة وأمامها المسافة التي تقابلها في الطبيعة من المقياس الخطي.
- تحول المسافات السابقة إلى الوحدات نفسها وتكتب على شكل كسر أو نسبة.

مثال:

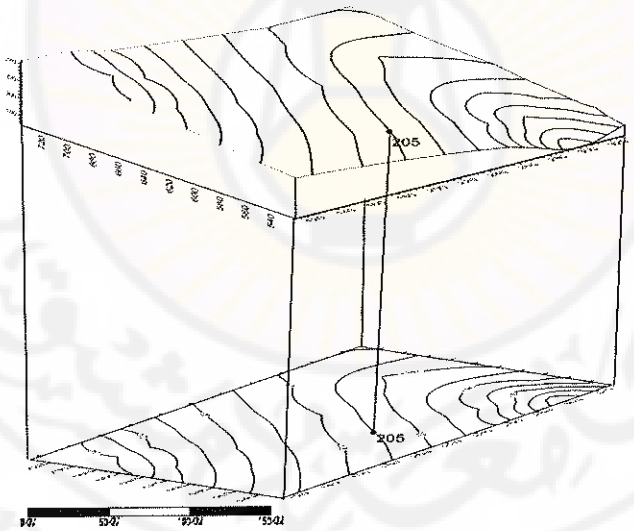
إذا كان كل 1 سم على الخارطة يمثل 2 كم في مقياس الرسم الخطي

2 كيلومتر = 2 X 100000 =200000

مقياس الرسم النسبي 1/200000

2-7-4 منحنيات (خطوط التسوية) أو خطوط تساوي الارتفاع: هي خطوط وهمية تصل بين النقاط متساوية المناسيب "الارتفاع" بالنسبة لسطح البحر أو بالنسبة لسطح أو مستوى افتراضي مرجعي تمثل على الخرائط الطوبوغرافية، قد تكون

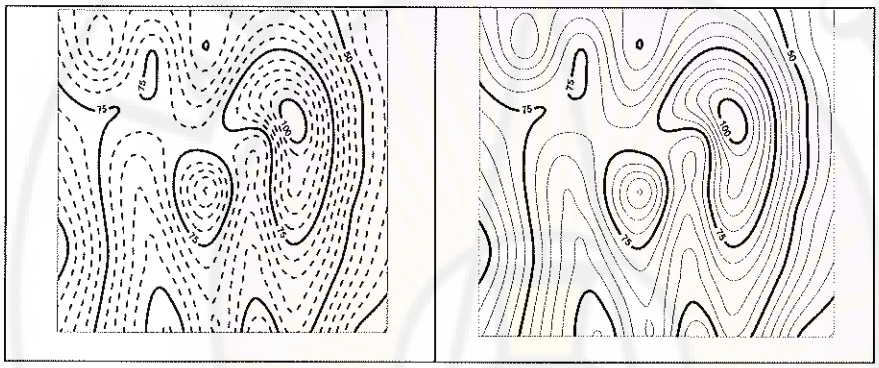
نقاط المنسوب موجبة القيمة أي تكون مرتفعة (أعلى) عن سطح البحر أو سالبة القيمة فتكون منخفضة (أخفض) عن سطح البحر، لذلك لا تتقاطع خطوط التسوية أو تتلاقى مع بعضها لأن كل خط تسوية يمثل منسوب ارتفاع مختلف عن خط التسوية الآخر. وتُستعمل خطوط التسوية لتحديد المناطق ذات الارتفاعات المتساوية، ولإظهار التضاريس (المرتفعات والمنخفضات)، يتم تزويد خطوط التسوية بأرقام تشير إلى مناسيب ارتفاعها بالنسبة للمستوى المرجعي المعتمد في الخارطة، وينحدر السطح الخارجي للأرض عادةً عمودياً على خطوط التسوية وفي اتجاه خط التسوية الأقل ارتفاعاً، ويسمى الفرق في الارتفاع بين خطي تسوية بالفاصل الرأسي، ويلاحظ كلما كانت خطوط التسوية متقاربة (كثيفة) كلما كانت الميول شديدة (منحدرات شديدة)، وكلما كانت متباعدة كلما كانت الميول منخفضة (منحدرات طفيفة)، ويشير ثبات المسافة بينها إلى ثبات ميل التضاريس، علماً أن درجة الانحدار يعبر عنها بالزاوية المحصورة بين السطح المنحدر والمستوى الأفقي(شكل-50).



الشكل- 50: يوضح كيف تمثل أرقام خطوط التسوية ارتفاعات النقط على سطح الأرض.

وتقسم خطوط التسوية إلى خطوط تسوية رئيسة وخطوط تسوية ثانوية (شكل-51):

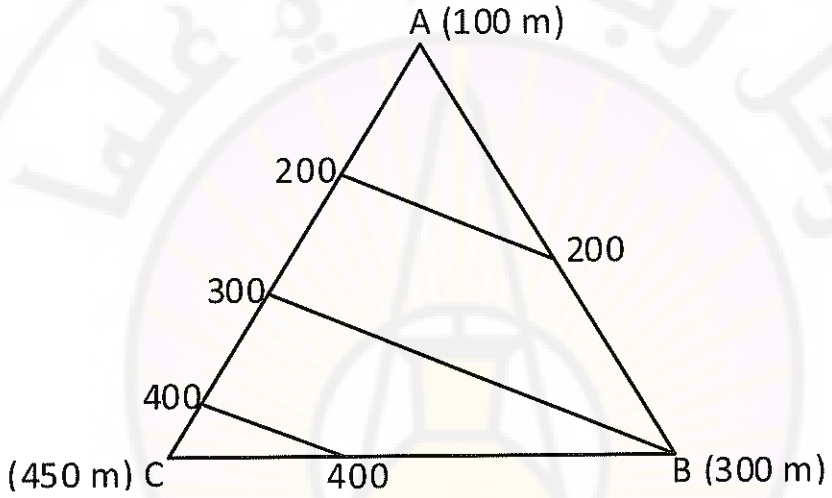
- **خطوط تسوية رئيسة:** تمثل على الخارطة غالباً على هيئة خطوط متصلة عريضة نسبياً قاتمة اللون، مزودة بأرقام تشير إلى مقدار ارتفاعها نسبةً لمستوي الارتفاع المرجعي (شكل-51).
- **خطوط تسوية ثانوية:** تمر بين خطوط التسوية الرئيسة، تمثل على الخارطة غالباً على هيئة خطوط رفيعة نسبياً متصلة أو متقطعة فاتحة اللون (شكل-51).



شكل- 51: خطوط تسوية رئيسة (قاتمة ومتصلة ومرقمة)، وخطوط تسوية ثانوية (فاتحة أو متقطعة وغير مرقمة).

يمكن تتبع خطوط التسوية باستخدام طريقة التوسيط المثلثي (شكل-52)، وتعتمد هذه الطريقة على تحديد عدد من النقاط في منطقة الدراسة لها ارتفاع متساوٍ على سطح الأرض والوصل فيما بينها للحصول على منحني تسوية يحمل رقماً يدل على ارتفاع هذه النقاط عن سطح البحر "أو أي سطح مرجعي محدد"، وذلك من خلال الوصل بين ثلاث نقاط مختلفة الارتفاع على المستوي الأفقي فنحصل على مثلث، تقسم المسافات بين كل رأسين من رؤوس المثلث إلى عدد من الفواصل متساوية الارتفاع تبعاً لتباعد خطوط التسوية ولفرق الارتفاع بين النقطتين. كما في المثال التالي:

لنأخذ ثلاث نقط A = 100م ، B = 300م ، C = 450م، نصل بين النقاط الثلاثة فنحصل على مثلث رؤوسه مختلفة الارتفاعات، فإذا أردنا أن تكون المسافة بين منحنيات التسوية 100م نقسم المسافة بين كل نقطتين بفاصل 100م ثم نصل بين النقاط متساوية الارتفاع فنحصل على منحنيات التسوية بين هذه النقاط، كما في الشكل-52. نكرر هذه العملية ونختار ثلاثة نقاط مختلفة أخرى حتى تكتمل منحنيات التسوية في الخارطة.



شكل- 52: إنشاء خطوط التسوية باستخدام طريقة التوسيط المثلثي.

4-7-3 تحديد موقع نقطة ما على السطح الخارجي للأرض: لتحديد موقع نقطة ما تقع على السطح الخارجي للأرض بدقة، نحتاج معرفة إحداثيات هذه النقطة الجغرافية (خط طولها، وخط عرضها وارتفاعها).

إن ارتفاع نقطة ما تقع على السطح الخارجي من الأرض هو مقدار ارتفاع أو انخفاض هذه النقطة عن سطح مرجعي للارتفاعات هو مستوى سطح البحر.

تستخدم حالياً أجهزة GPS(Global position system) لتحديد إحداثيات نقطة ما وارتفاعها عن سطح البحر، وذلك بمساعدة التوابع الصنعية.

4-7-4 تحديد مكان نقطة وارتفاعها على الخارطة: نستطيع تحديد مكان نقطة ما على الخارطة إذا كانت إحداثياتها معلومة كما نستطيع معرفة ارتفاعها عن سطح البحر تبعاً لموقعها بالنسبة لمنحنيات التسوية فإذا وقعت النقطة على خط التسوية تكون قيمة ارتفاعها عن سطح البحر تساوي قيمة منحني التسوية الواقعة عليه، أما إذا وقعت النقطة بين خطي تسوية فيتم قياس المسافة بين خطي التسوية التي تقع النقطة بينهما ثم تقاس المسافة العمودية بين النقطة وأحد منحنيات التسوية ومن ثم نستطيع حساب ارتفاع هذه النقطة عن سطح البحر باستخدام النسبة والتناسب كما في المثال التالي:

إذا وقت نقطة ما بين منحني تسوية فرق الارتفاع بينهما 100م وكانت المسافة بينهما على الخارطة 10 سم والمسافة العمودية بين النقطة وأحد المنحنيين 6سم يكون فرق الارتفاع بين النقطة وهذا المنحني يساوي 6 x 100 : 10= 60م، فإذا كانت قيمة المنحني 600 وكان ارتفاع النقطة أعلى من المنحني فيكون ارتفاعها عن سطح البحر يساوي 660م، أما إذا كانت أخفض من المنحني يكون ارتفاعها 540م.

4-7-5 حساب المسافة الحقيقية بين نقطتين على الخارطة: لحساب تلك المسافة يتم أولاً حساب زاوية الانحدار التي تعرف بأنها مقدار الزاوية المحصورة بين سطح ما والمستوي الأفقي المتقاطع معه. وتكون درجة الانحدار صفر إذا كان هذا السطح أفقياً، لدى حساب درجة الانحدار من الخارطة الطوبوغرافية يتم اتباع الخطوات التالية:

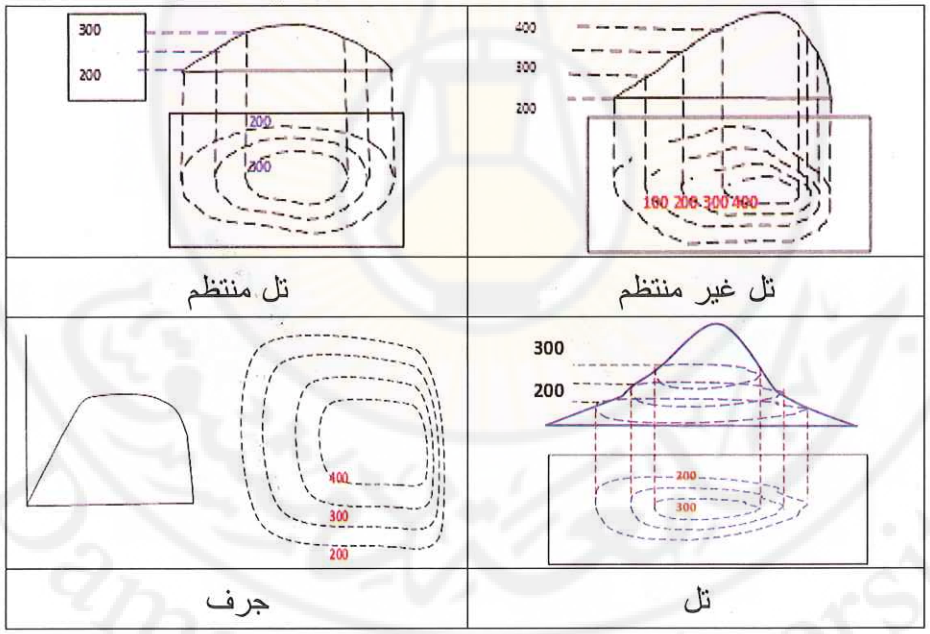
- يتم حساب فرق الارتفاع الشاقولي بين النقطتين.
- يتم حساب المسافة الأفقية (الحقيقية) بين النقطتين مقدرة بالأمتار. (وتساوي المسافة على الخارطة X مقياس الخارطة).

- ظل الزاوية = فرق الارتفاع : المسافة الأفقية.
- يتم حساب قيمة الزاوية باستخدام الآلة الحاسبة فتكون هي زاوية الانحدار.

وتكون المسافة الحقيقية بين النقطتين = المسافة الأفقية X تجب زاوية الانحدار.

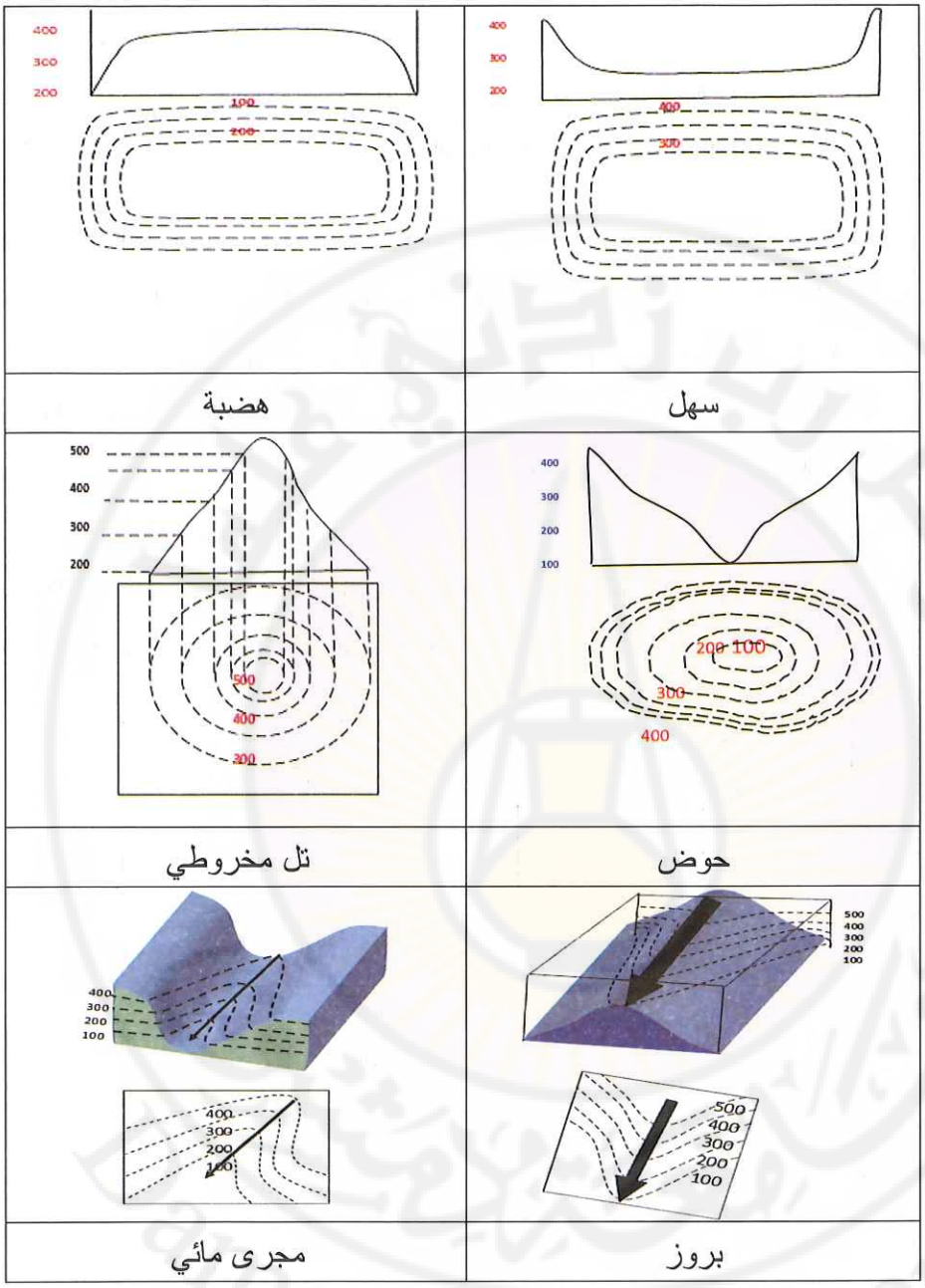
4-8 الخرائط الطوبوغرافية: هي الخرائط التي تبين الأبعاد الثلاثة للنقط التي تظهر عليها، أي توضح تضاريس سطح الأرض، وتبين ارتفاعات النقط بالنسبة لبعضها البعض، أو بالنسبة لمستوى مقارنة ثابت (سطح البحر مثلاً) باستخدام منحنيات التسوية، علاوة على بيان الخارطة للمسقط الأفقي للمعالم الموجودة بالمنطقة سواء أكانت طبيعية أم صناعية. وتتألف الخارطة الطوبوغرافية بشكل رئيس من مفتاح الخارطة ومنحنيات التسوية.

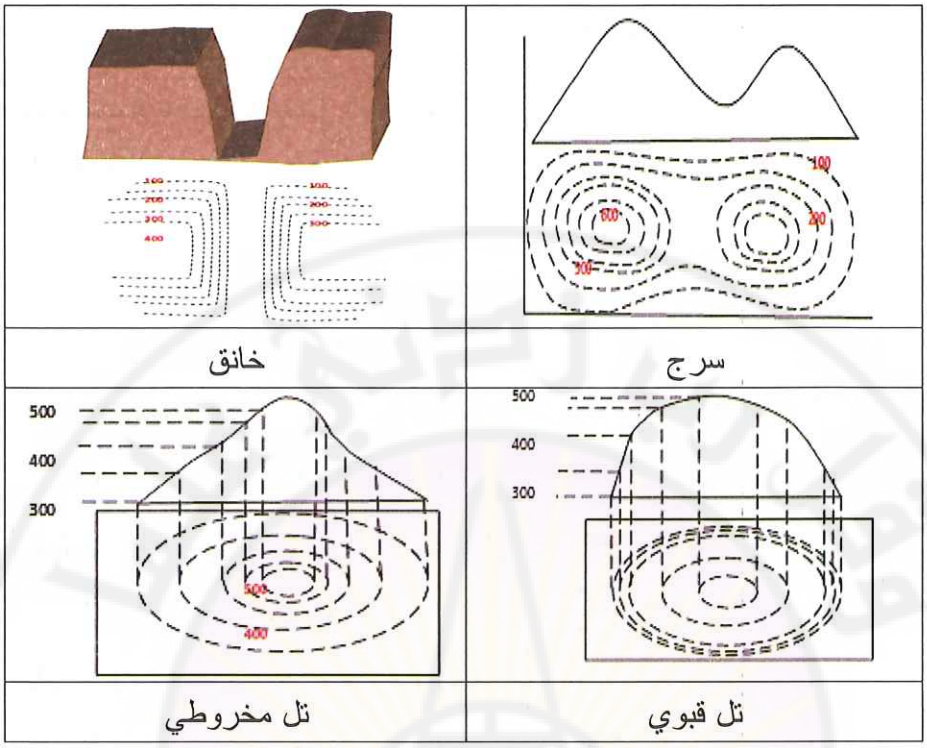
استناداً إلى شكل توزع خطوط التسوية، يمكن لقارئ الخارطة الطوبوغرافية، تحديد المعالم والوحدات التضاريسية الرئيسة التالية والموضحة في الشكل-53.



تل منتظم | تل غير منتظم

جرف | تل


400
300
200
100
سهل
هضبة
حوض
تل مخروطي
بروز
مجرى مائي

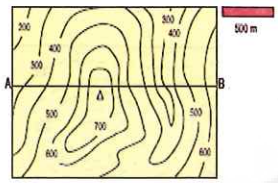
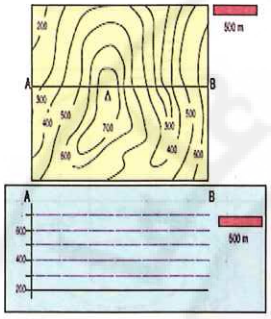
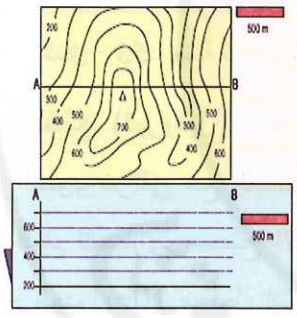
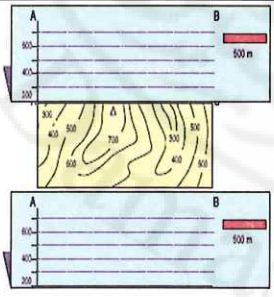


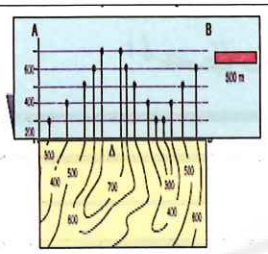
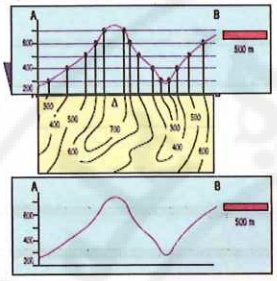
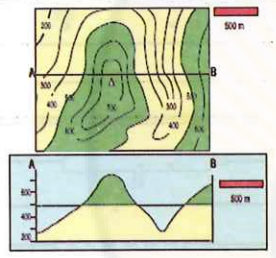
شكل- 53: أمثلة لبعض الهيئات الطوبوغرافية ومساقطها على الخارطة.

4-9 المقطع (البروفيل) الطوبوغرافي: وهو سطح التقاطع الناجم عن تقاطع السطح الطوبوغرافي مع المستوي العمودي المار عبر نقاط محددة، حيث يظهر الشكل العام لتضاريس سطح الأرض في المنطقة المعينة على طول هذا المقطع. ويوضح الجدول-10 مراحل إنشاء المقطع الطوبوغرافي:

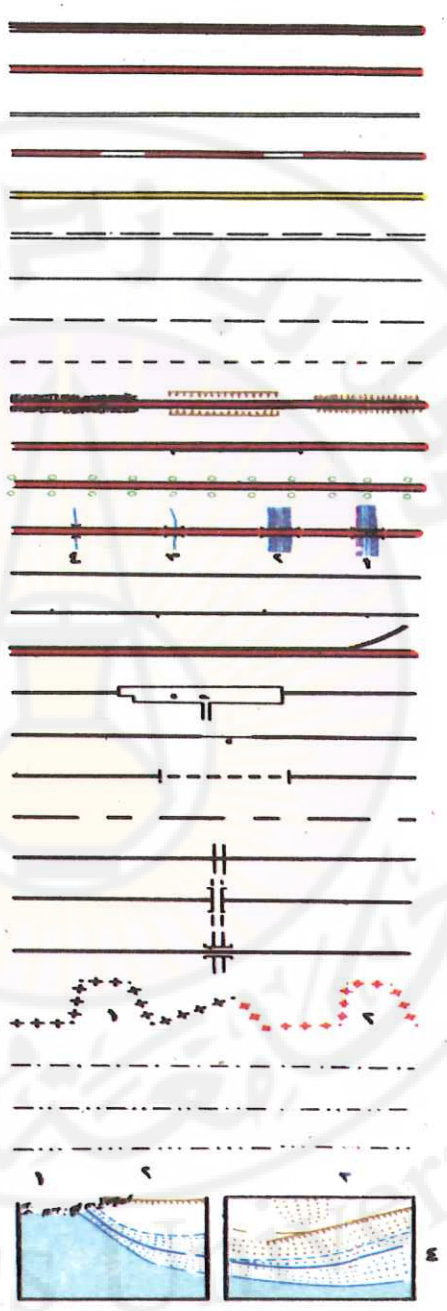
Damascus University

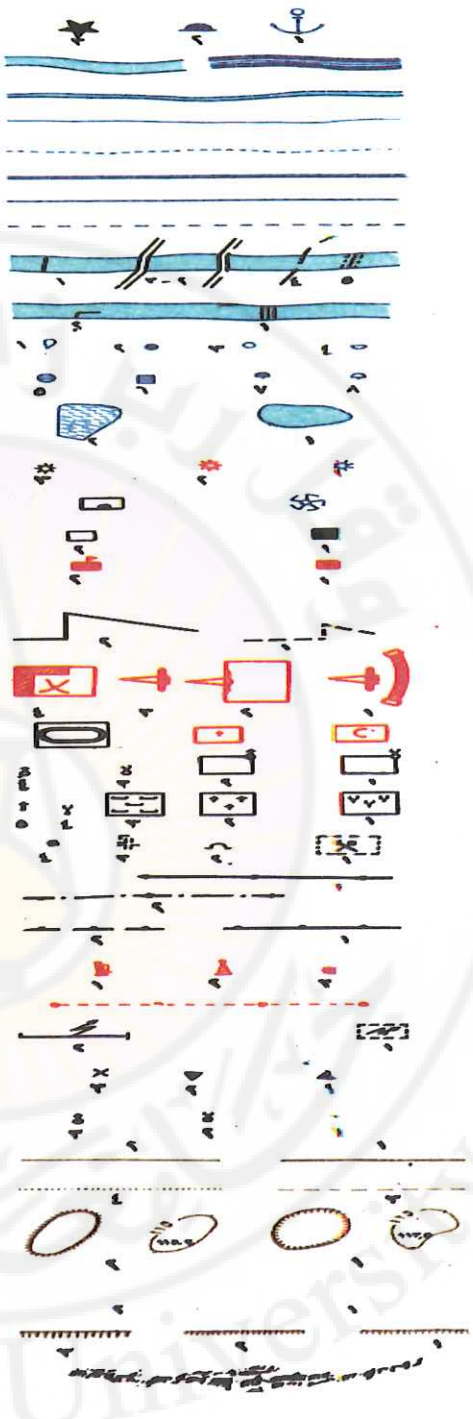
جدول- 10: مراحل إنشاء المقطع الطوبوغرافي.

1	**نحدد** امتداد خط المقطع الطوبوغرافي المراد إنشاؤه.	
2	تجهز الورقة الميليمترية بتحديد محاور المقطع عليها حسب المقياس المطلوب حيث يكون المقياس الأفقي للمقطع مساوياً لمقياس الخارطة، بينما يكون المقياس الشاقولي مرتبطاً بالفرق بين قيمة أعلى نقطة طبوغرافية وأخفضها على طول المقطع.	
3	تثني الورقة الميليمترية عند المحور الأفقي.	
4	يثبت جانب الورقة الميليمترية على امتداد خط المقطع الطوبوغرافي المحدد على الخارطة.	

5	تحدد مواقع تقاطع منحنيات التسوية مع حافة الورقة الميليمترية، ثم تُسجل قيمة منحني التسوية بجانب نقطة التقاطع الموافقة.	
6	تحدد مواقع جميع نقاط التقاطع حسب موقعها على المحور الأفقي وقيمتها على المحور الشاقولي، ثم يتم وصل النقاط للحصول على المقطع الطوبوغرافي المطلوب.	
7	يمكن تحويل المقطع الطوبوغرافي إلى مقطع جيولوجي من خلال تحديد أماكن تكشف التشكيلات الجيولوجية كما في الشكل.	

المصطلحات الطبوغرافية





١- مكان إرساء أو سد وه ملاحة في البحار والأنهار الكبيرة
٢- هوامة ٣- فنار
أنهر كبيرة (رسم بأبعاده الحقيقية إذا تجاوز عرضها ١٠٠ أمتار
مجرى ماء نهر صغير من ٥ - ١٠٠ أمتار
مجرى ماء نهر صغير دون ٥ أمتار
مسيل موسمي يجف صيفاً
فلاهرضها أكثر من ٥ أمتار
فلاهرضها أقل من ٥ أمتار
قناة تحت الأرض
١- سد ٢- سد مع طريق صالح لسير العربات
٤- سد مع سكك ٥- سد مع مخاضة
١- شلالات ٢- سد للتضييق مجرى ماء أو تشبيه
١- نبع ٢- بئر ماشر ٣- بئر فيضي ٤- مصنع
٥- خزان كبير مستدير ٦- خزان كبير مربع
٧- منهل (مثل مياه الفيضة) ٨- مورد للمواشي
مستنقع (رام) ١- ماشر ٢- موسمي
١- طاحون مائية ٢- طاحون نارية ٣- طاحون هوائية
فاصورة بئر أو نزازي ضمن بيت
١- أبنية حجرية أو اسمنتية ٢- براكة خشبية أو حديدية
١- مبنى حكومي ٢- مدرسة
سور من أسلاك شائكة
١- سور حائط متداع ٢- سور حائط جيد
١- مطار ٢- مركز طيران شراعي ٣- محيط ٤- ثكنة عسكرية
مستشفى حكومي - ملعب
١- مسجد ٢- كنيسة ٣- مسجد صغير ٤- كنيسة صغيرة
١- مقابر إسلامية ٢- مسيحية ٣- يهودية
٤- ضريح إسلامي ٥- ضريح مسيحي
١- مقلع حجري ٢- منارة ٣- حزائب ٤- زرائب مواشي
١- خط نقل الطاقة الكهربائية بدون توضيح الأعمدة
٢- " " مع توضيح الأعمدة
١- خط هاتف وبرق فوق الأرض
٢- " " تحت الأرض
١- محطة بترين ٢- بالبترول ٣- خزان بترول
خط أنابيب بترول
١- محطة هوائية أو محطة تقوية (كتب بارتفاعه)
٢- محطة إرسال أو استقبال
١- نقطة جيوديزية درجة أولى وثانية
٢- " " ثالثة فما دون
٣- علامة ثبوتية
١- نقطة ارتفاع ٢- نقطة ثابتة
١- منحنى رئيسي ٢- منحنى عادي
٣- منحنى ثانوي ٤- منحنى نصف ثانوي
١- حصوة ٢- تلة
١- مناطق بركانية ٢- رجوم (أكوام ثابتة من الحمامة)
١- انهيار تراب بين ١- ٣ م
٢- " " بين ٣- ١٠ م
٣- " " أكثر من ١٠ م
حروف صغيرة

10-4 تمارين على الخرائط الطوبوغرافية:

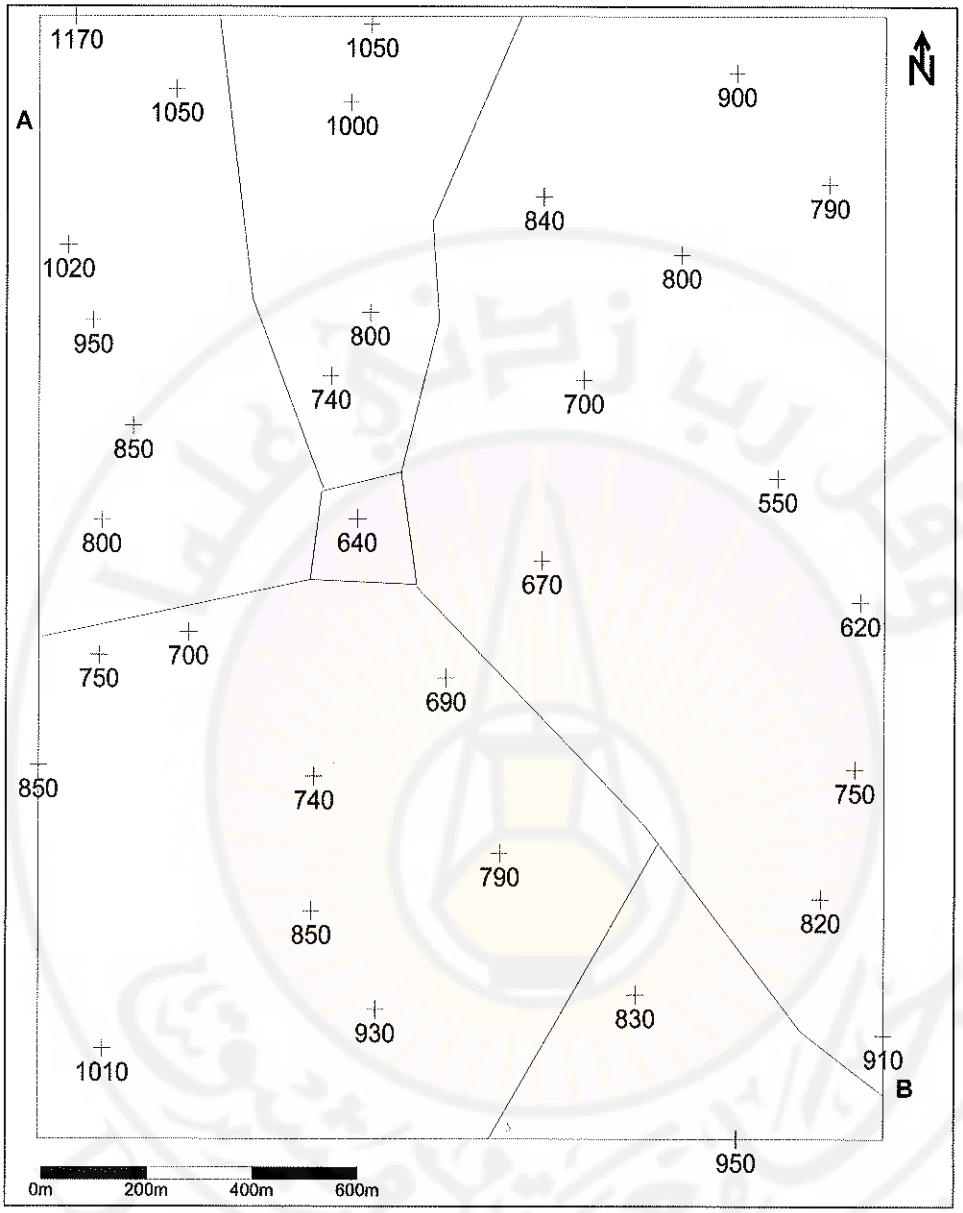
التمرين (1):

أجريت دراسات لرسم خارطة طبوغرافية لمنطقة محددة، وعُينت ارتفاع النقاط عن سطح البحر فتم الحصول على النتائج المدونة على الشكل المجاور.

المطلوب:

- ارسم خطوط التسوية إذا علمت أن المسافة الكونتورية تساوي 100م.
- ارسم المقطع الطوبوغرافي الممتد بين النقطتين A و B.

Damascus University



Damascus University

التمرين (2):

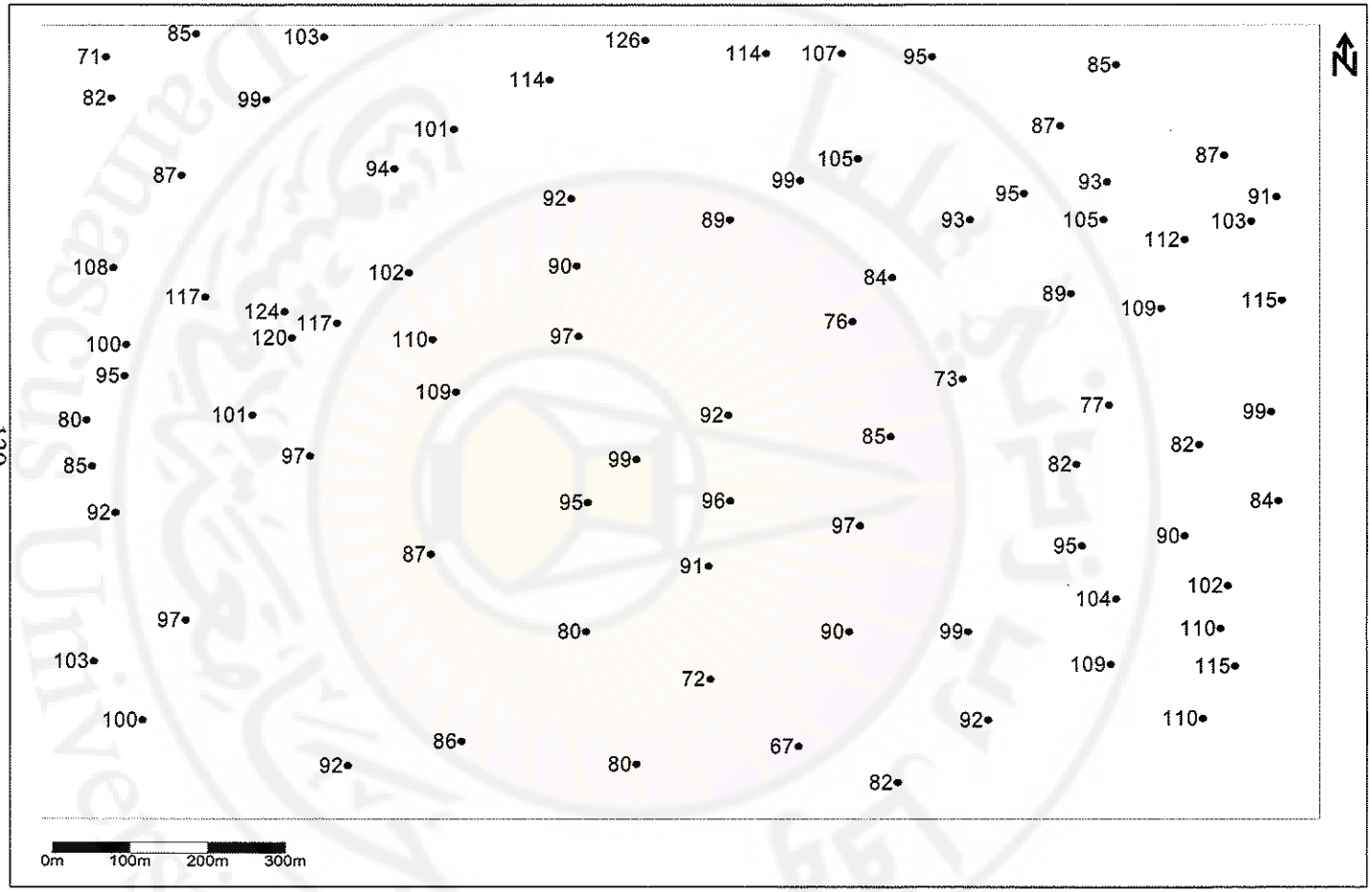
أُجريت دراسات لرسم خارطة طبوغرافية لمنطقة محددة، وعُينت ارتفاع النقاط عن سطح البحر فتم الحصول على النتائج المدونة على الشكل المجاور.

المطلوب:

1- ارسم منحنيات التسوية للخارطة السابقة بفارق ارتفاع بينها يساوي5م.

2- ارسم المقطع الطوبوغرافي الممتد بين زاويتي الخارطة الشمالية الشرقية والجنوبية الغربية بمقياس ارتفاع 500/1.

Damascus University


N
85
103
126
114
107
95
85
71
114
82
99
101
87
87
105
87
94
99
93
92
95
91
89
93
105
103
112
108
102
90
84
117
89
124
117
109
115
120
110
97
76
100
95
73
109
77
80
101
92
99
85
97
99
82
85
82
92
95
96
84
97
87
95
90
91
102
104
97
80
90
99
110
103
109
115
72
100
92
110
86
67
92
80
82
0m
100m
200m
300m

التمرين (3):

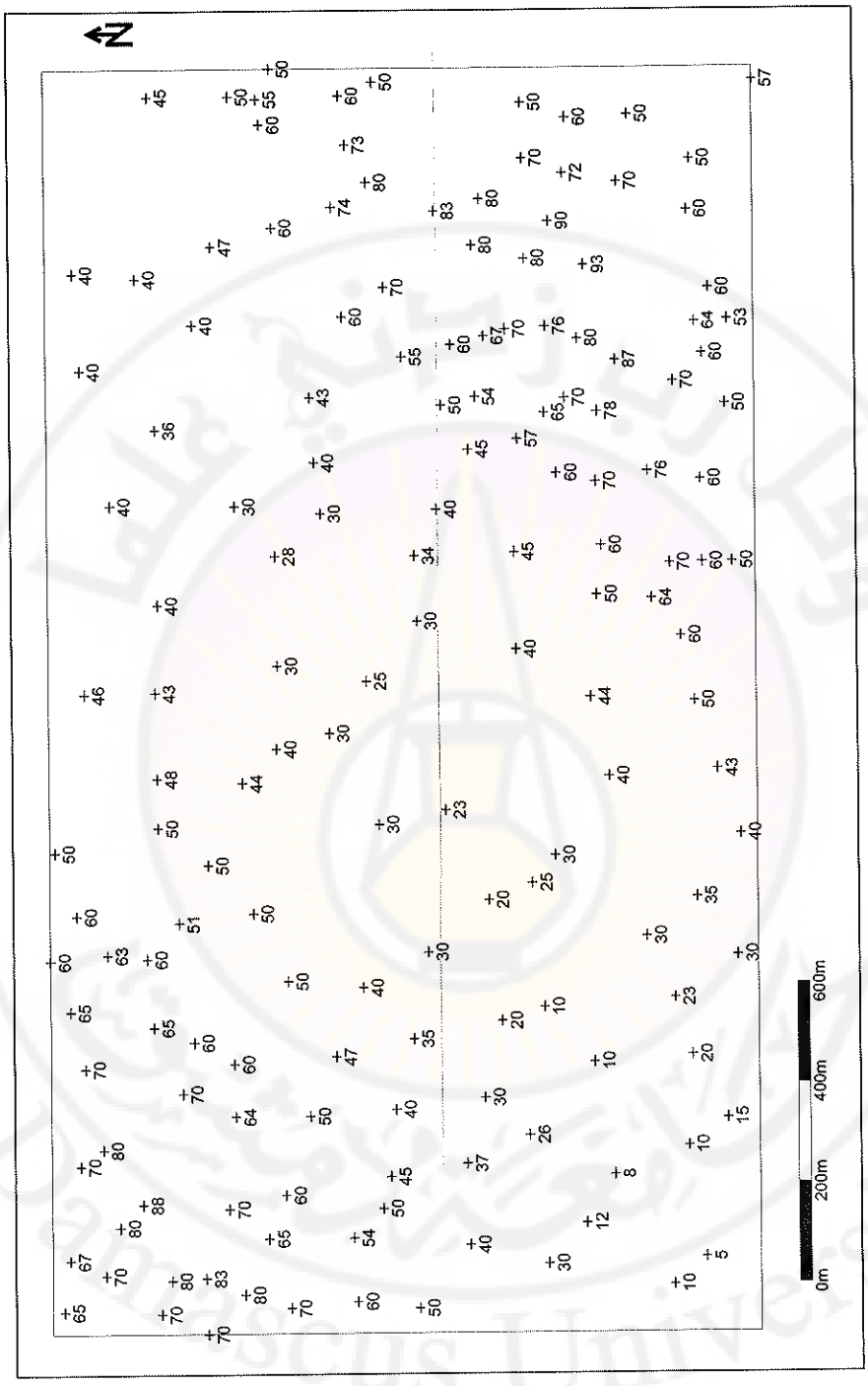
أجريت دراسات لرسم خارطة طبوغرافية لمنطقة محددة، وعُينت ارتفاع النقاط عن سطح البحر فتم الحصول على النتائج المدونة على الشكل المجاور.

المطلوب:

1- حدد خطوط منحنيات التسوية 10م، ولتكن النقطة ذات الارتفاع 80 الموجودة في الزاوية الشمالية الغربية نقطة البداية.

2- ارسم المقطع الطوبوغرافي الممتد بين النقطتين 57 الموجودة في الزاوية الجنوبية الشرقية و65 الموجودة في الزاوية الشمالية الغربية.

Damascus University


N
0m
200m
400m
600m

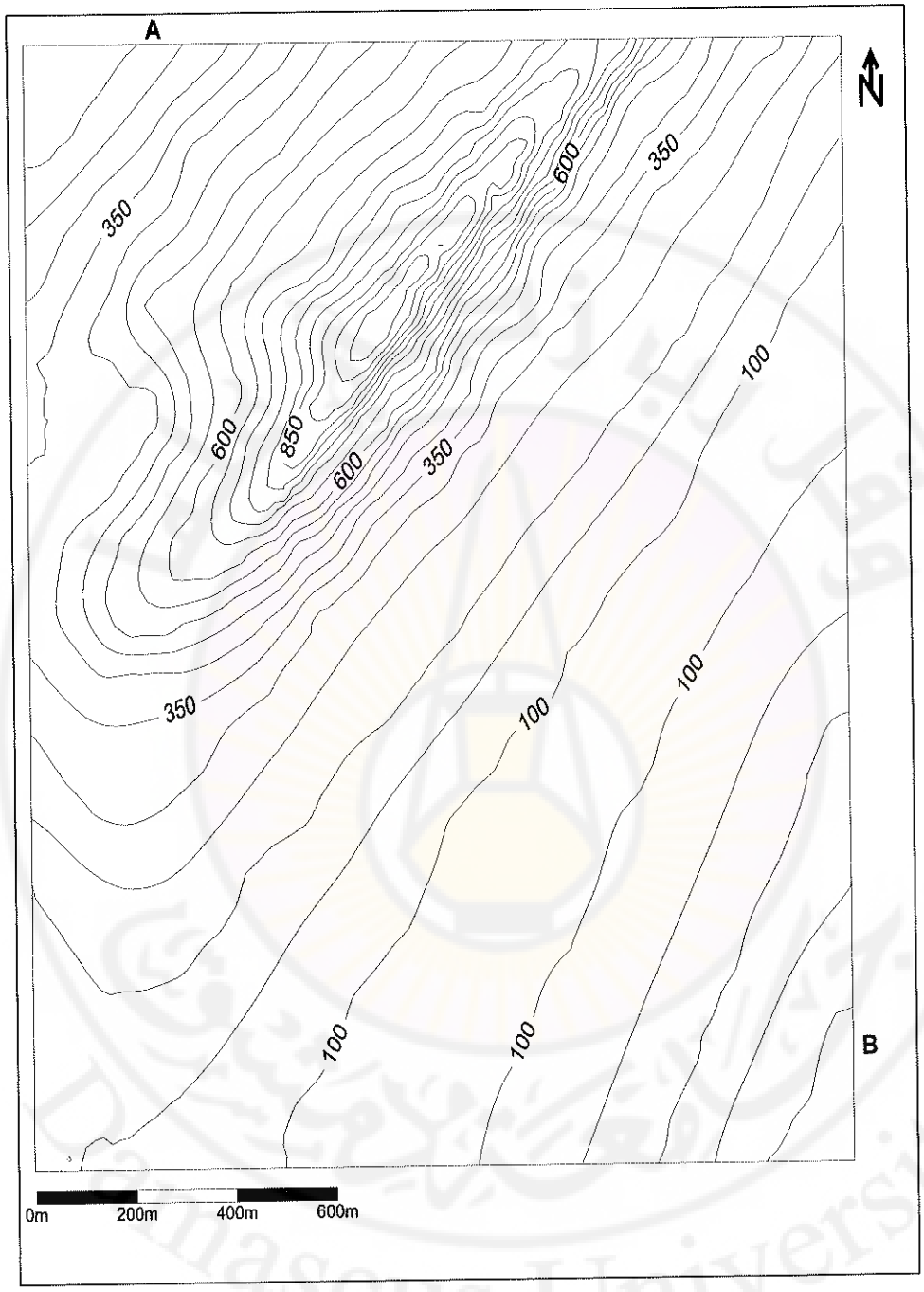
التمرين (4):

أجريت دراسات لرسم خارطة طبوغرافية لمنطقة محددة، وعُينت ارتفاع النقاط عن سطح البحر وتم رسم خطوط تساوي الارتفاع "الخطوط الكونتورية".

المطلوب:

1- ارسم المقطع الطوبوغرافي بين النقطتين A و B وبمقياس عامودي 10000/1.

2- صف الوضع الطوبوغرافي للمنطقة.


A
B
N
350
600
850
100
0m
200m
400m
600m

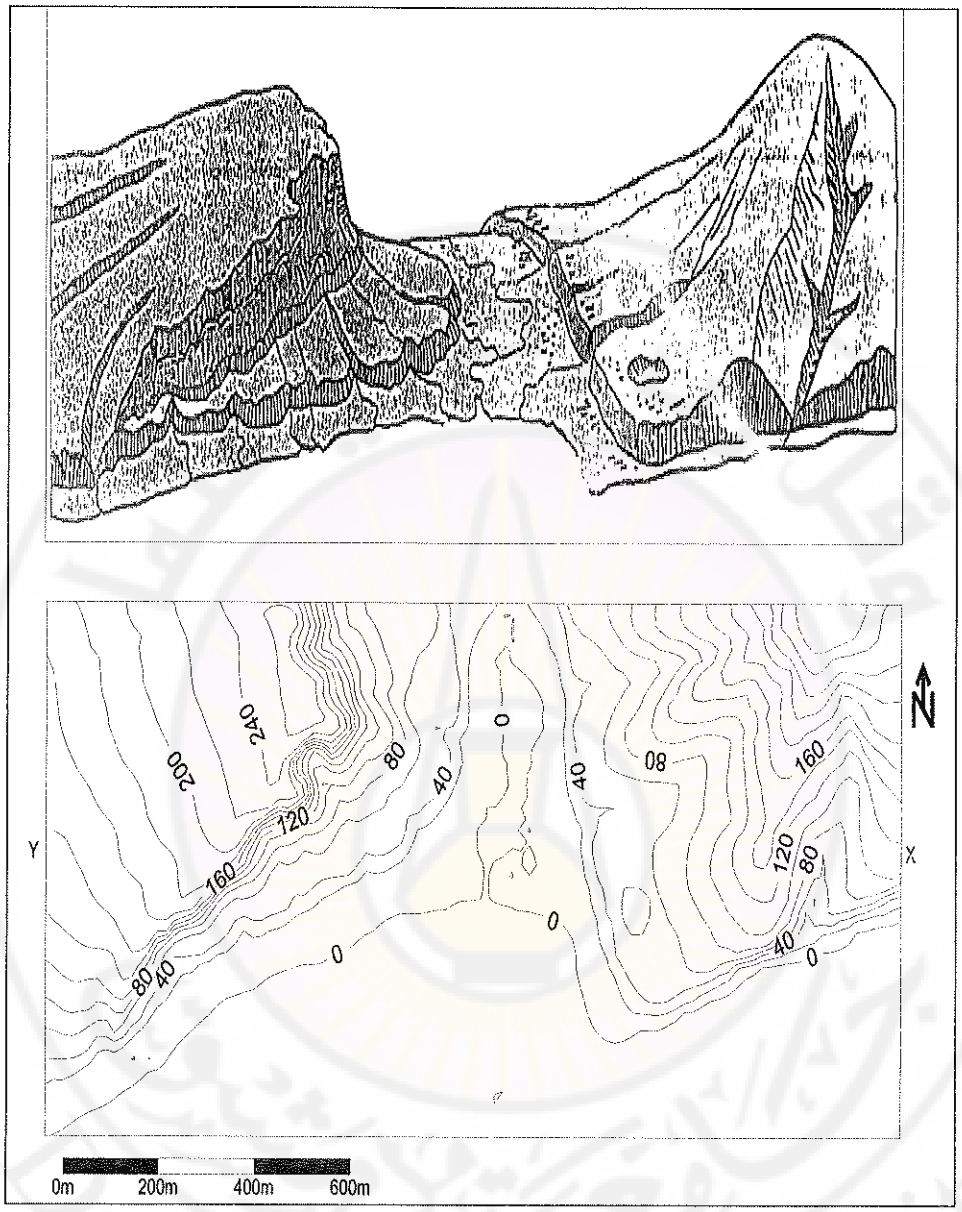
التمرين (5):

حُددت المعالم الطوبوغرافية الموضحة في الجزء العلوي من الخارطة المدرجة جانباً.

المطلوب:

1- ادرس العلاقة بين سطح اليابسة والخارطة الطوبوغرافية.

2- ارسم المقطع الطوبوغرافي الممتد بين النقطتين X و Y بمقياس رسم عامودي 2000/1.


Y
X
N
240
200
160
120
80
40
0
0m
200m
400m
600m

التمرين (6):

أجريت دراسات لرسم خارطة طبوغرافية لمنطقة محددة، وعُينت ارتفاع النقاط عن سطح البحر وتم رسم خطوط تساوي الارتفاع "الخطوط الكونتورية".

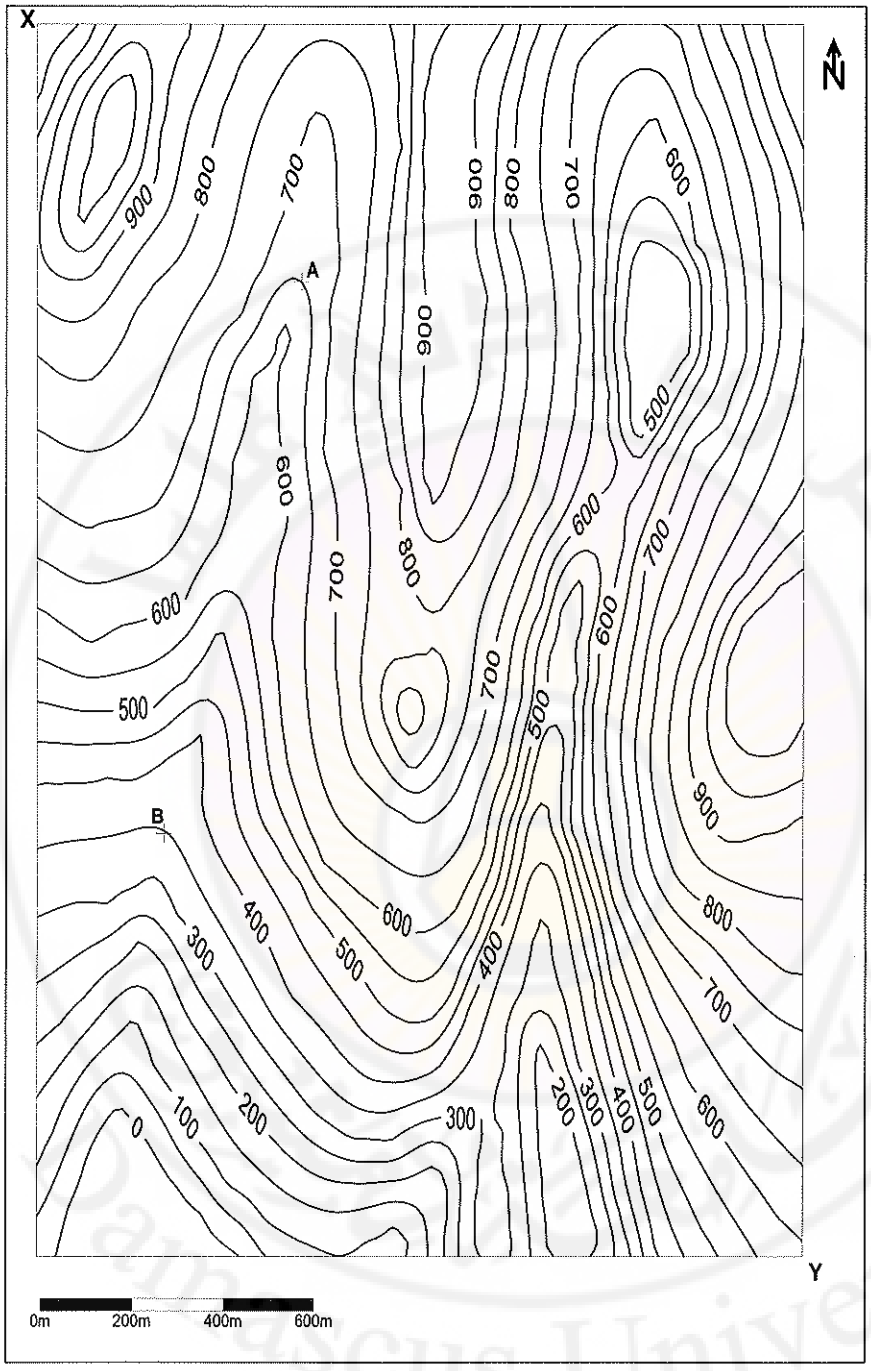
المطلوب:

1- ارسم المجاري المائية باللون الأزرق

2- ارسم المقطع الطوبوغرافي الممتد بين النقطتين X وY بمقياس ارتفاع 5000/1.

3- حدد الميل الواقع بين النقطتين A و B.

4- حدد المسافة الحقيقية الفاصلة بين النقطتين A و B.


X
Y
N
A
B
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0m
200m
400m
600m

التمرين (7):

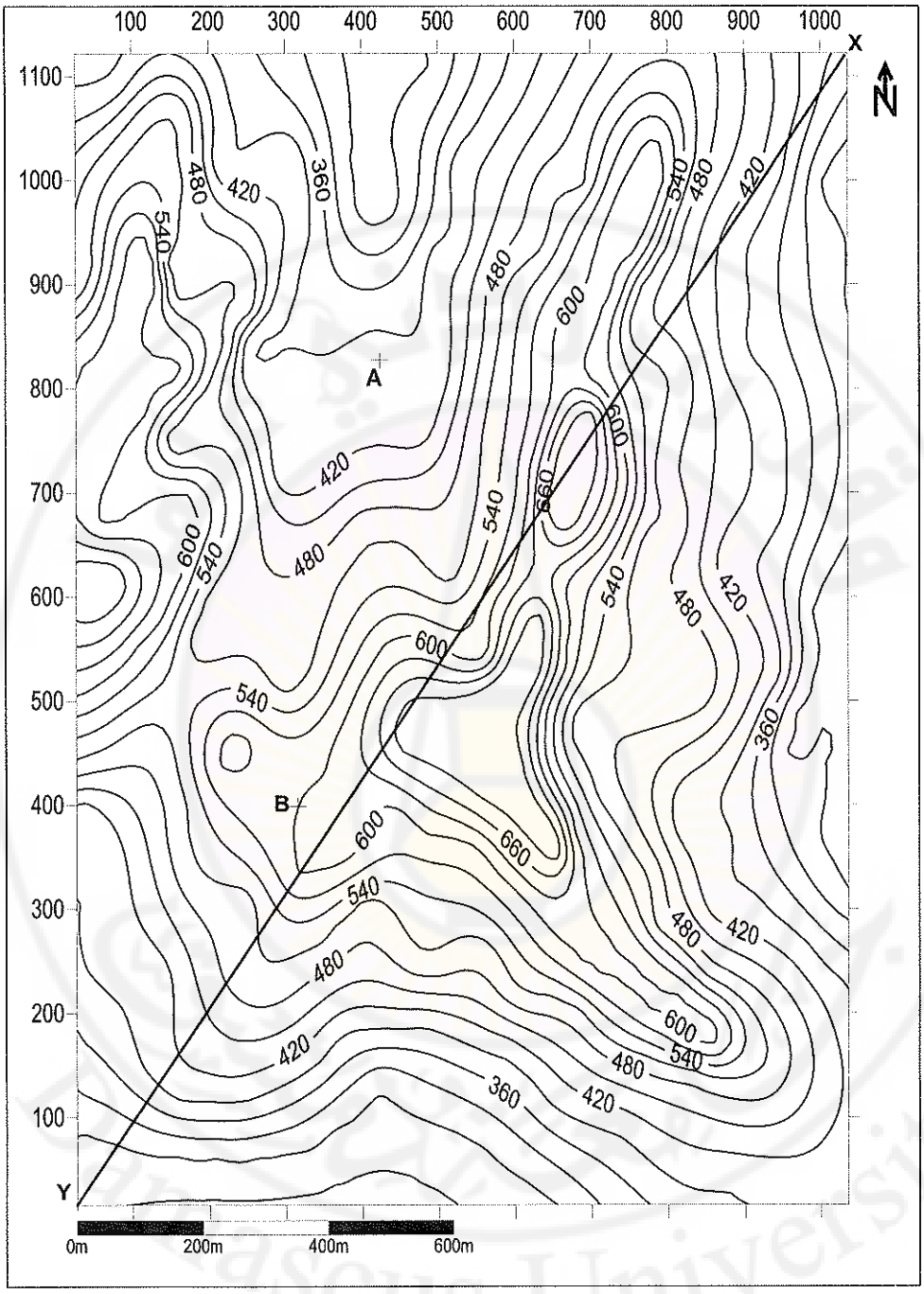
أجريت دراسات لرسم خارطة طبوغرافية لمنطقة محددة، وعُينت ارتفاع النقاط عن سطح البحر وتم رسم خطوط تساوي الارتفاع "الخطوط الكونتورية".

المطلوب:

1- ارسم المقطع الطوبوغرافي الممتد بين النقطتين X و Y بمقياس عامودي 3000/1.

2- حدد إحداثيات النقطة A ثم حدد ارتفاعها عن سطح البحر.

3- حدد المسافة الحقيقية الفاصلة بين النقطتين A و B.


100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
X
Y
N
A
B
360
420
480
540
600
660
0m
200m
400m
600m

التمرين (8):

أجريت دراسات لرسم خارطة طبوغرافية لمنطقة محددة، وعُينت ارتفاع النقاط عن سطح البحر وتم رسم خطوط تساوي الارتفاع "الخطوط الكونتورية".

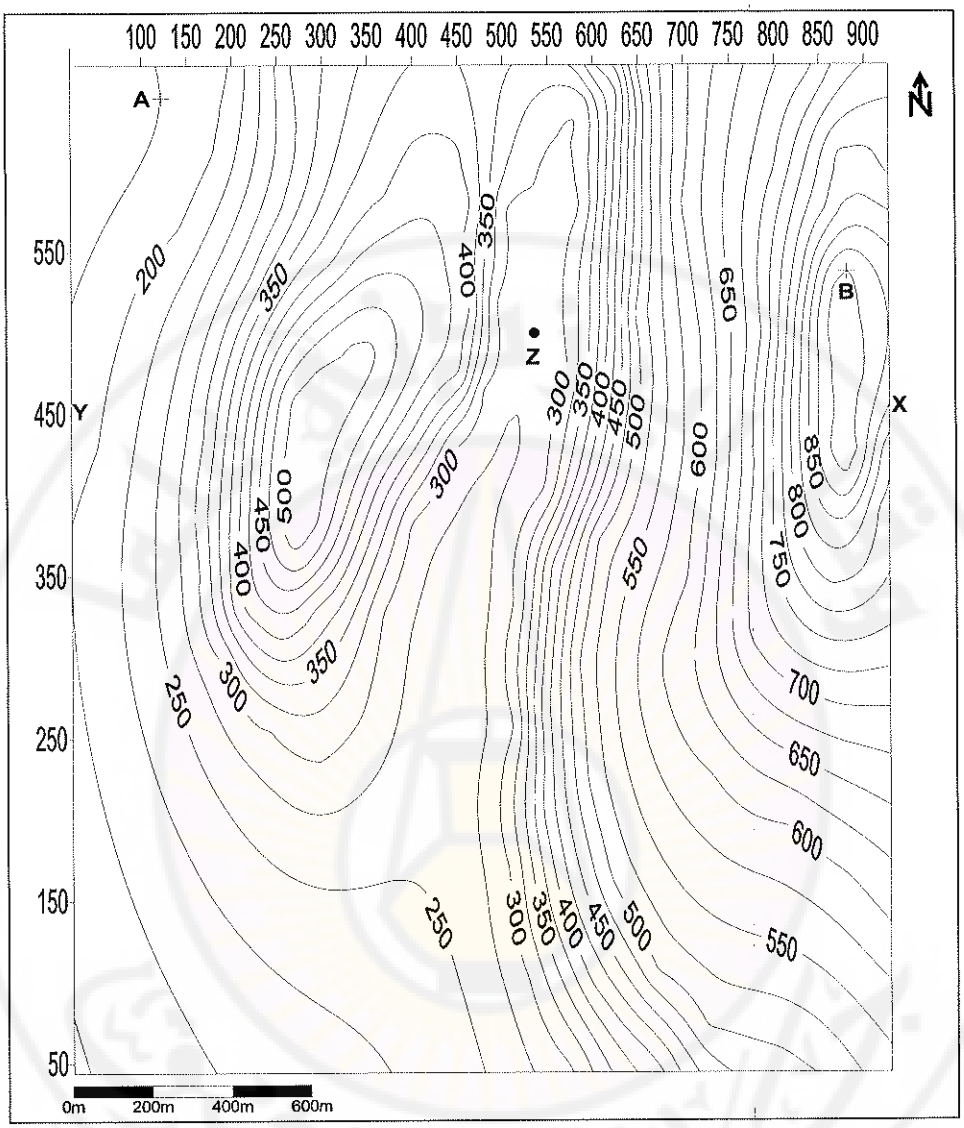
المطلوب:

1- ارسم المقطع الطوبوغرافي الممتد بين النقطتين X و Y بمقياس ارتفاع 1/10000.

2- حدد درجة الانحدار بين النقطتين A و B.

4- حدد المسافة الحقيقية الفاصلة بين النقطتين A و B.

3- حدد ارتفاع النقطة Z عن سطح البحر ثم حدد إحداثياتها.


100 150 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650 700 750 800 850 900
A
B
N
X
Y
550
450
350
250
150
50
0m 200m 400m 600m

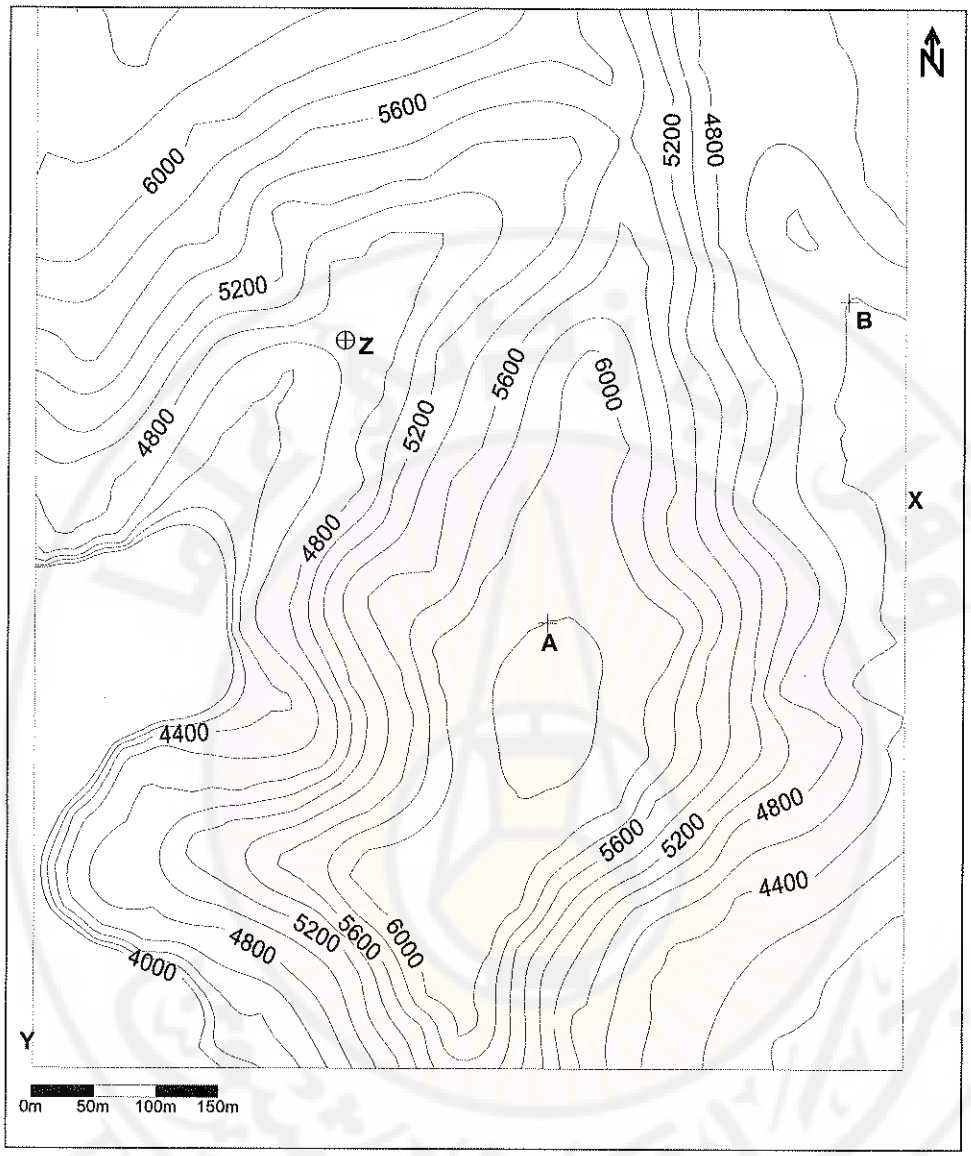
التمرين (9):

أجريت دراسات لرسم خارطة طبوغرافية لمنطقة محددة، وعُينت ارتفاع النقاط عن سطح البحر وتم رسم خطوط تساوي الارتفاع "الخطوط الكونتورية".

المطلوب:

1. ارسم المقطع الطوبوغرافي الممتد بين النقطتين X و Y بمقياس ارتفاع 1/25000 .
2. حدد درجة الانحدار بين النقطتين A و B .
3. حدد المسافة الحقيقية الفاصلة بين النقطتين A و B.
4. حدد ارتفاع النقطة Z عن سطح البحر.

Damascus University



Damascus University

التمرين (10):

أجريت دراسات لرسم خارطة طبوغرافية لمنطقة محددة، وعُينت ارتفاع النقاط عن سطح البحر وتم رسم خطوط تساوي الارتفاع "الخطوط الكونتورية".

تظهر في الشكل خارطة طبوغرافية بمقياس 1/25 000 .

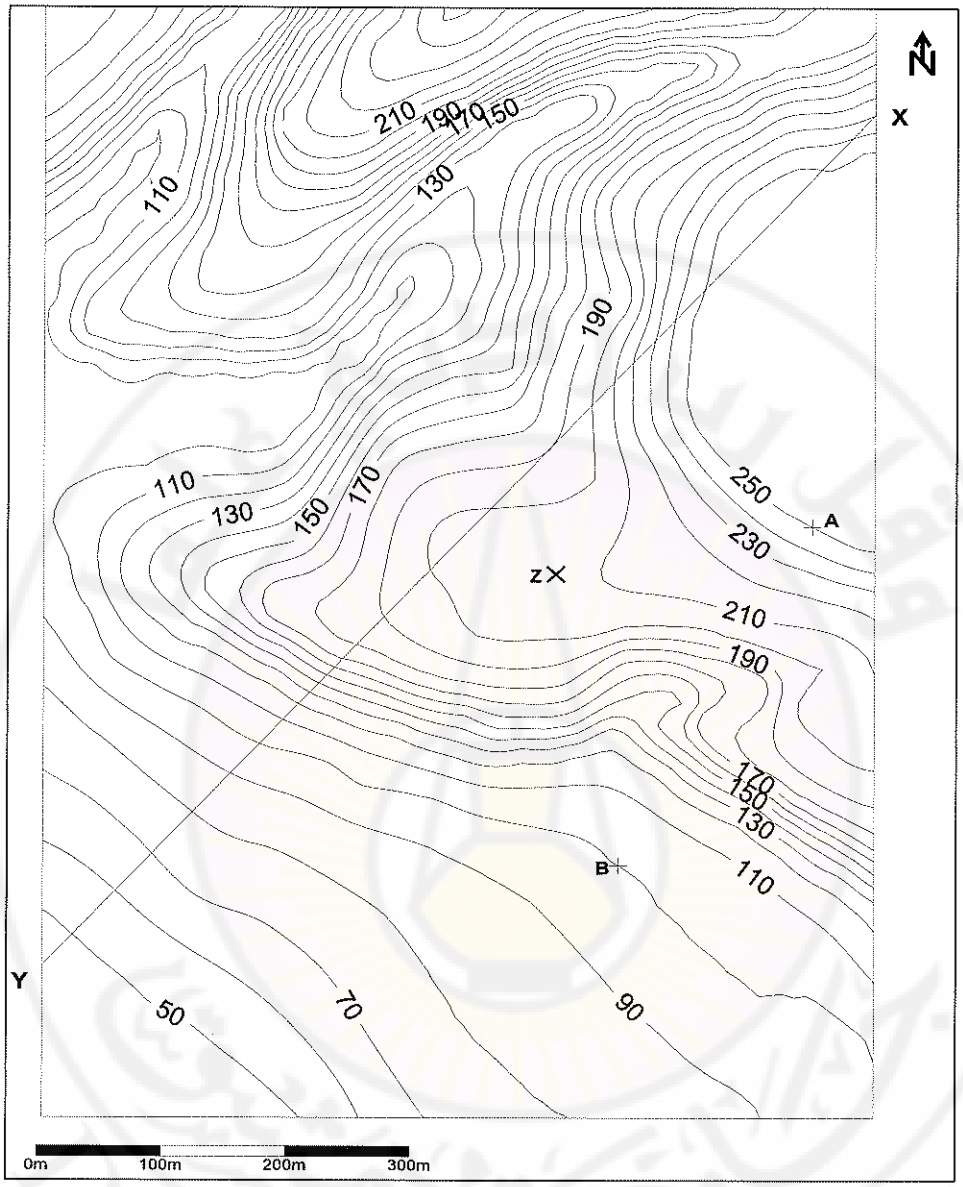
المطلوب:

1- ارسم المقطع الطوبوغرافي الممتد بين النقطتين X و Y بمقياس ارتفاع 1/2000 .

2- حدد الميل الحاصل بين النقطتين A و B .

3- حدد ارتفاع النقطة Z عن سطح البحر.

4- حدد المسيلات المائية في الخارطة السابقة بلون أزرق.


N
X
Y
Z
A
B
210
190
170
150
130
110
190
110
130
150
170
250
230
210
190
170
150
130
110
50
70
90
0m
100m
200m
300m

4-11 الخارطة الجيولوجية: هي تمثيل لكافة التشكيلات الصخرية والتراكيب الجيولوجية المختلفة بالبنية أو بالتأريخ والمنتشرة على سطح الأرض في منطقة محددة على أساس طبوغرافي وبمساعدة رموز وإشارات وألوان متفق عليها(جدول-11)، تتباين دقة الخرائط الجيولوجية تبعاً لأساسها الطوبوغرافي. أيضاً تختلف أنواعها تبعاً للهدف المرجو تحقيقه، فمنها على سبيل المثال:

- خرائط التوضعات الاقتصادية: وتظهر مكامن الخامات المعدنية والتوضعات الاقتصادية.
- الخرائط البتروغرافية أو الليثولوجية: وتبين أنواع الصخور المتكشفة في منطقة ما.
- الخرائط التكتونية: وتوضح كافة العناصر البنيوية الأساسية للقشرة الأرضية والتشوهات التي أثرت بالصخور وظروف تطورها الجيولوجي.
- خرائط التوضعات الرباعية: وتوضح أماكن انتشار التوضعات الصخرية الحديثة.
- الخرائط الهيدوجيولوجية: تبين توزع الأحواض المائية الجوفية وامتدادها.
- الخرائط الجيومورفولوجية: وتعكس العناصر الأساسية للسطح الخارجي من الأرض.
- الخرائط الجيوهندسية: وتعبر عن كافة الخصائص الفيزيائية للصخور "كالمسامية والتركيب الحبي والانطغاطية والقساوة والتشقق والرشح...." وغيرها من المعطيات الضرورية لأعمال البناء.

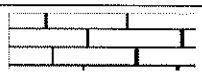
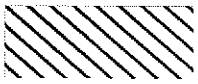
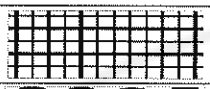
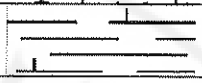
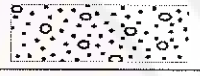
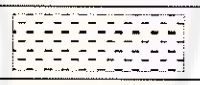
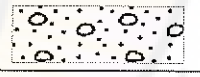
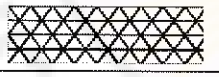
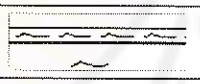
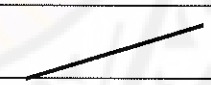
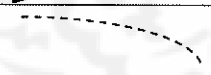
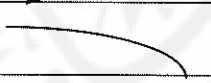
4-11-1 تحديد الثخانة الحقيقية للطبقة الأفقية: يعرف تكشف الطبقة على السطح بأنه السطح الناتج عن التقاطع بين الطبقة مع السطح الطوبوغرافي، وعندما يكون السطح الطوبوغرافي عمودياً على سطح الطبقة نحصل على الثخانة الحقيقية للطبقة من قياس المسافة بين السطح العلوي والسطح السفلي لتكشف هذه الطبقة، أما

إذا لم يكن السطح الطوبوغرافي عمودياً على الطبقة فيتم الحصول على الثخانة الظاهرية للطبقة ومنها يمكن حساب الثخانة الحقيقية من خلال ضرب قيمة الثخانة الظاهرية بجيب زاوية انحدار السطح الطوبوغرافي.

جدول-11: رموز وألوان الأحقاب الجيولوجية.

العمر	الرمز	اللون
الرباعي	Q	بيج فاتح أو أبيض
النيوجين	N	أصفر
الباليوجين	P	بني فاتح
الكريتاسي	K	أخضر
الجوراسي	J	أزرق
الترياسي	T	وردي
البرمي	R	البنفسجي
الكربوني	H	رمادي
الديفوني	D	بني
السيلوري	S	أخضر فاتح
الأوردفيسي	O	أخضر داكن
الكمبري	B	بيج داكن
قبل الكمبري	X	أحمر

4-11-2 المصطلحات على الخارطة الجيولوجية: وهي مجموعة الرموز والألوان التي تستخدم لإظهار طبيعة التشكيلات الجيولوجية والأحداث التكتونية

سلت		حجر كلسي	
صخور جبسية "جصية"		حجر كلسي رملي	
صخور ملحية		حجر كلسي مستحاثي	
صخور فوسفاتية		حجر كلسي حواري	
زيوليت		دولوميت	
ليمونيت		رمل	
سيديريت		كونغلوميرا	
بازلت		بريشيا	
غرانيت		بريشيا بركانية	
صخور بركانية		حصى	
طف بركاني		غضار	
ريولويت		حصى رملية	
كمبرليت		كلوغونيت	
فالق غير مؤكد		فالق مؤكد	
حد غير مؤكد		حد مؤكد	
عدم توافق		طبقة تميل بمقدار 35°	

شكل-54: الرموز المستعملة في الخرائط الجيولوجية.

والتتابع الزمني لهذه التشكيلات على الخارطة الجيولوجية (الشكل-54) والجدولين(12 و13).

جدول-12: ألوان الصخور النارية المستعملة في الخرائط الجيولوجية.

نوع الصخور	التركيب	اللون
مندسة	حامضية	أحمر
	قلوية	برتقالي ضارب للحمرة
	متوسطة	أخضر
	أساسية	أزرق نيلي
	فوق أساسية	بنفسجي
مخترجة	حامضية	برتقالي
حديثة	متوسطة وأساسية	أخضر

جدول-13: رموز الصخور النارية المستعملة في الخرائط الجيولوجية.

الصخور المندسة		الصخور المخترجة	
اسم الصخر	الرمز	اسم الصخر	الرمز
الغرانيت	Y (غاما صغيرة)	ليباريت	λ (لامدا صغيرة)
الديوريت	δ (دلتا صغيرة)	بورفير كوارتزي	τ (لامدا مفتوحة)
سيانيت	Z (سكما صغيرة)	ترافيت	T (تلو)
غابرو	μ (ني صغيرة)	انديرنيت	α (الفا صغيرة)
بيروكسينيت، دونيت	σ (سيكما صغيرة)	بورفيرا انديزتي	α (الفا فتحة)
سيانيت – نيفليني	ε (ايبسلوت)	بازلت	β (بيتا صغيرة)
		دياباز	β (بيتا فتحة)

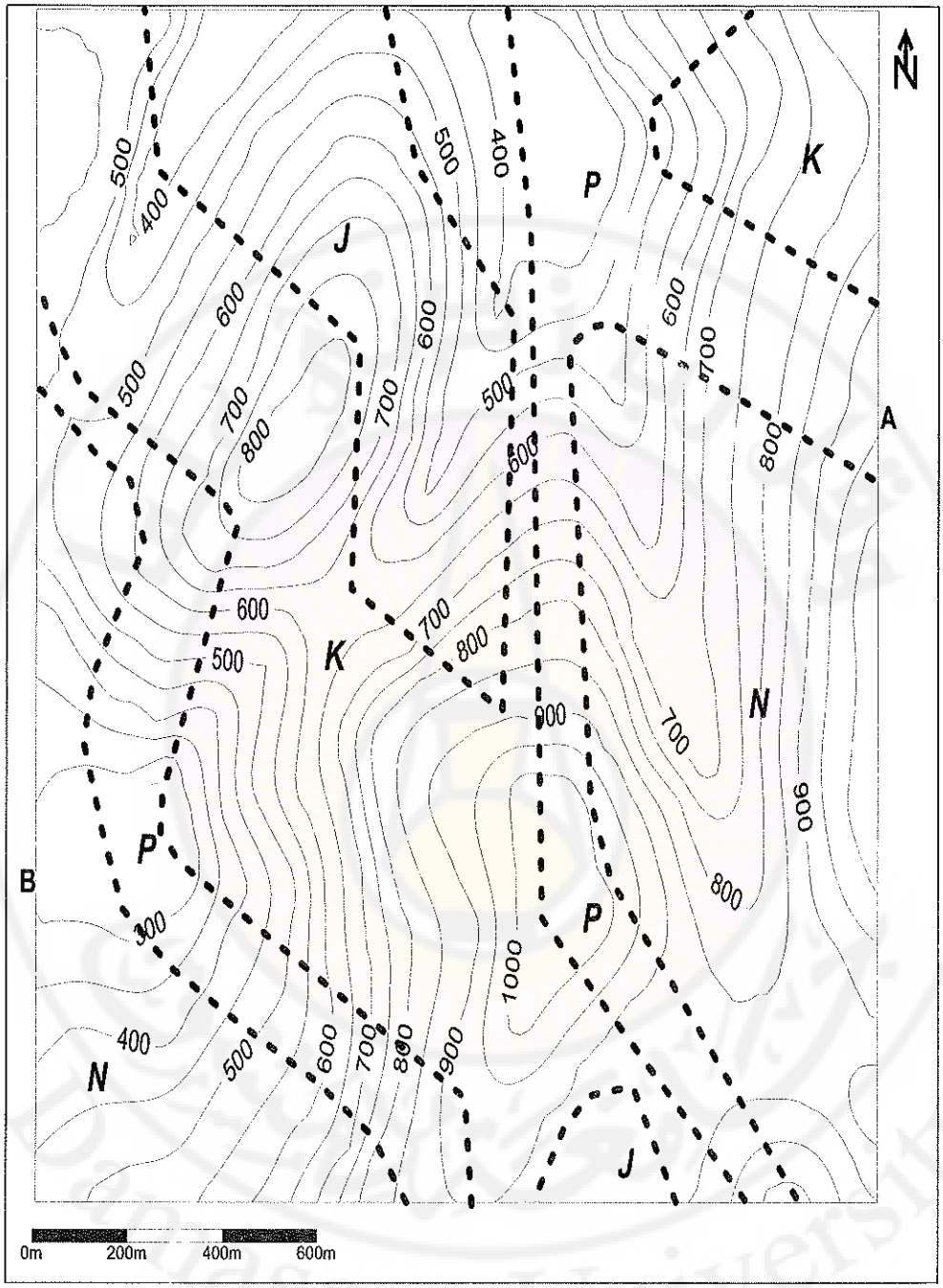
12-4 تمارين على الخرائط الجيولوجية:

التمرين (1):

المطلوب:

1- ادرس الخارطة الجيولوجية المدرجة جانباً ثم قم بتلوينها.

2- ارسم مقطعاً جيولوجياً بين النقطتين A و B ، متوافقاً مع جدول المصطلحات، إذا علمت أن توضعات الجوراسي تتألف من صخور الدولوميت, وتوضعات الكريتاسي تتألف من الحجر الكلسي وتوضعات الباليوجين تتألف من صخور المارل, وتوضعات النيوجين تتألف من الحجر الرملي.


N
A
B
J
K
P
N
0m
200m
400m
600m

التمرين (2):

يُظهر الشكل المدرج جانباً خارطة طبوغرافية.

المطلوب:

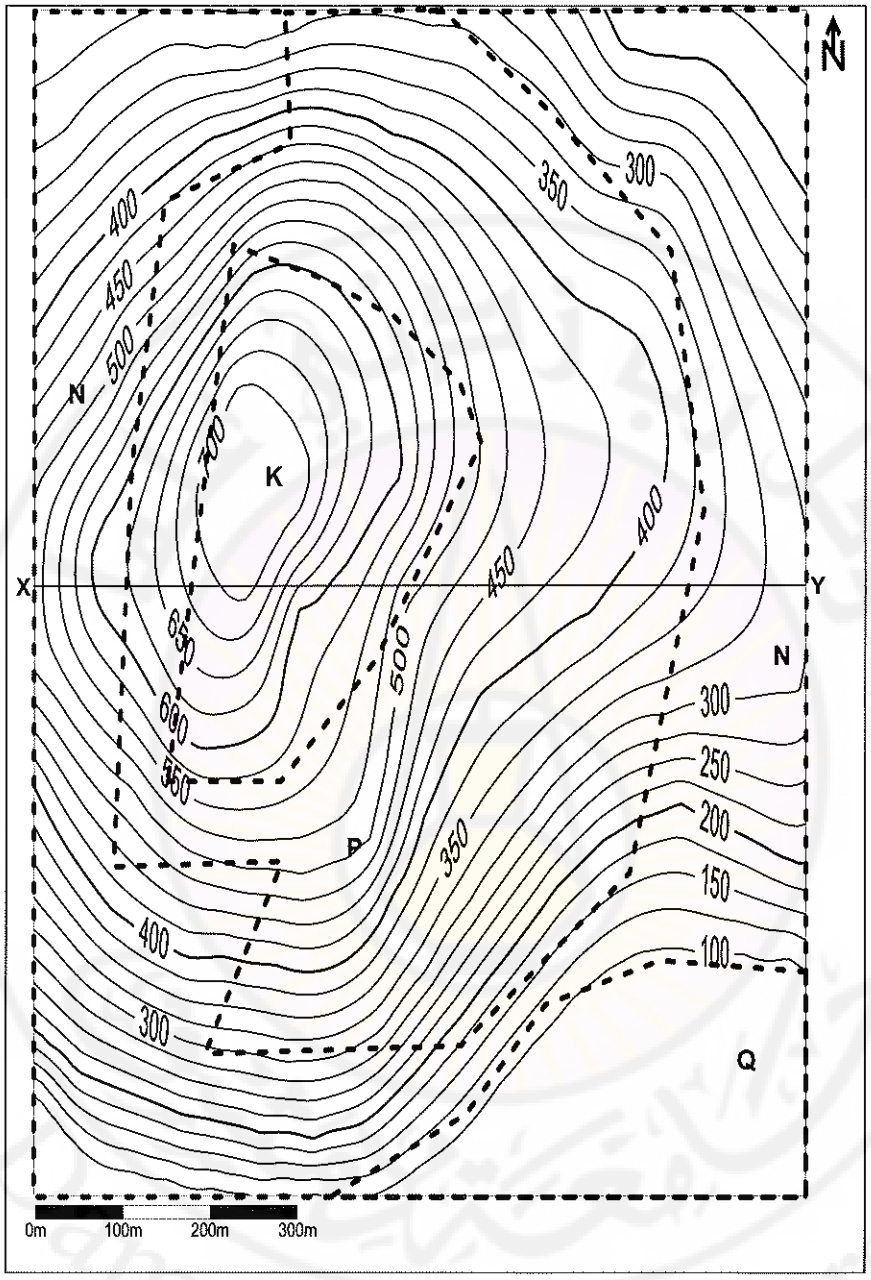
1- ارسم المقطع الطوبوغرافي الواقع بين النقطتين X و Y بمقياس ارتفاع 1/5000 .

يتكشف في المنطقة من الأعلى للأسفل طبقة من الحجر الكلسي تليها طبقة من المارل ثم طبقة من الكونغلوميرا وأخيرا صبات بازلتية .

و:

2- ارسم رموز التكشفات الصخرية على الخارطة ولونها حسب العمر الموافق لها.

Damascus University


N
300
350
400
450
500
700
K
X
Y
N
300
250
200
150
100
P
Q
0m
100m
200m
300m

التمرين (3):

يظهر عند النقطة A السطح العلوي لطبقة من الأنهدريت غير معلومة الثخانة يليها للأعلى وعلى الترتيب الطبقات الأفقية التالية: طبقة من الحجر الرملي ثخانتها 100م فطبقة من الغضار الصفحي ثخانتها 150م ثم طبقة من الحجر الكلسي ثخانتها 100م.

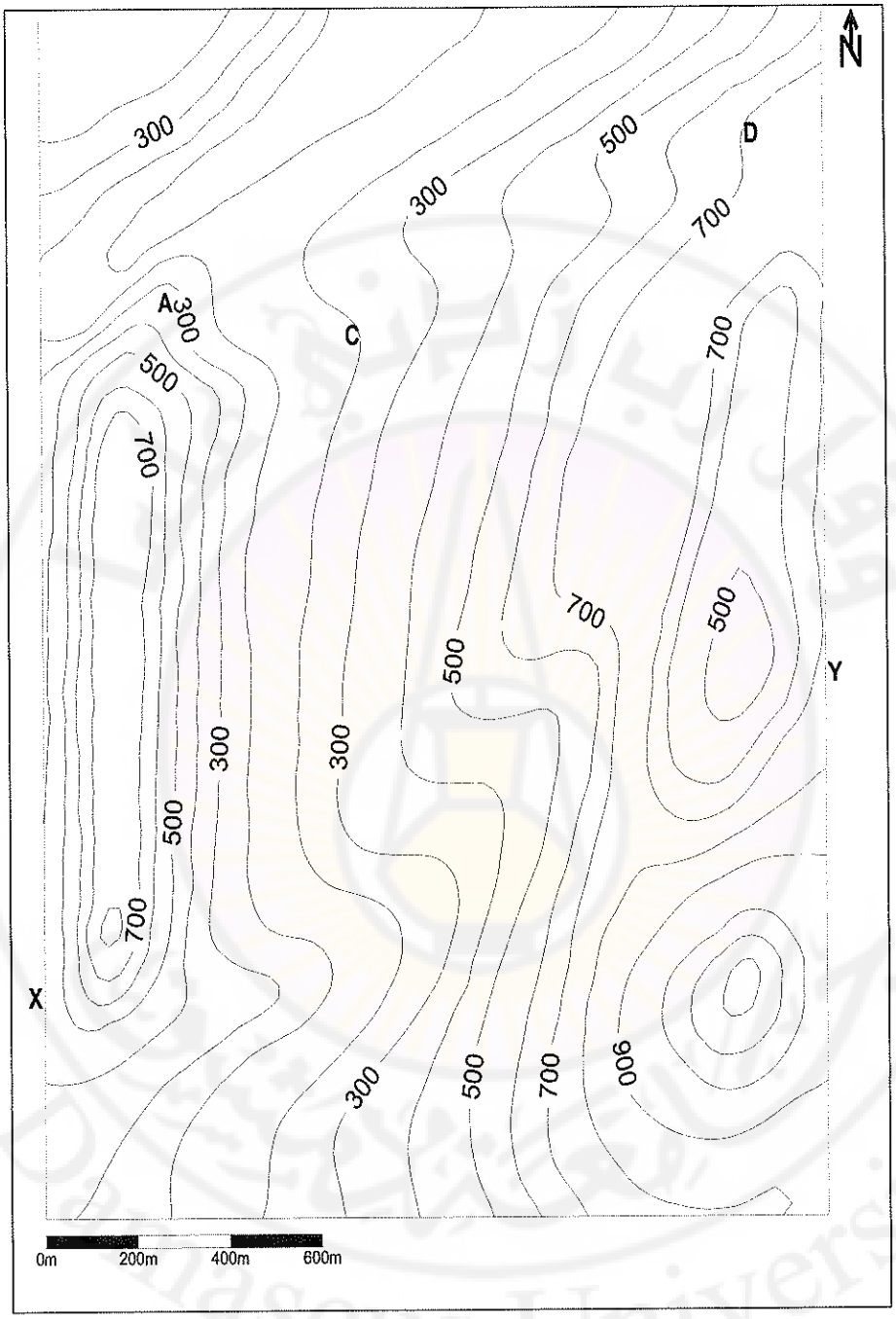
المطلوب:

1- ارسم العمود الطبقي للتتابعات الصخرية.

2- ارسم حدود الطبقات الجيولوجية.

3- ارسم المقطع الجيولوجي الواقع بين النقطتين X و Y بمقياس عامودي 1/10000.

4- حدد الميل الواقع بين النقطتين C و D.


N
A
C
D
X
Y
300
500
700
900
0m
200m
400m
600m

التمرين (4):

يظهر عند النقطة (Z) السطح العلوي لطبقة من الحجر الكلسي ثخانتها 20م ، يليها لنحو الأسفل طبقة أفقية من الغضار ثخانتها 40م، ثم طبقة أفقية من الحجر الرملي ثخانتها 40م .

المطلوب:

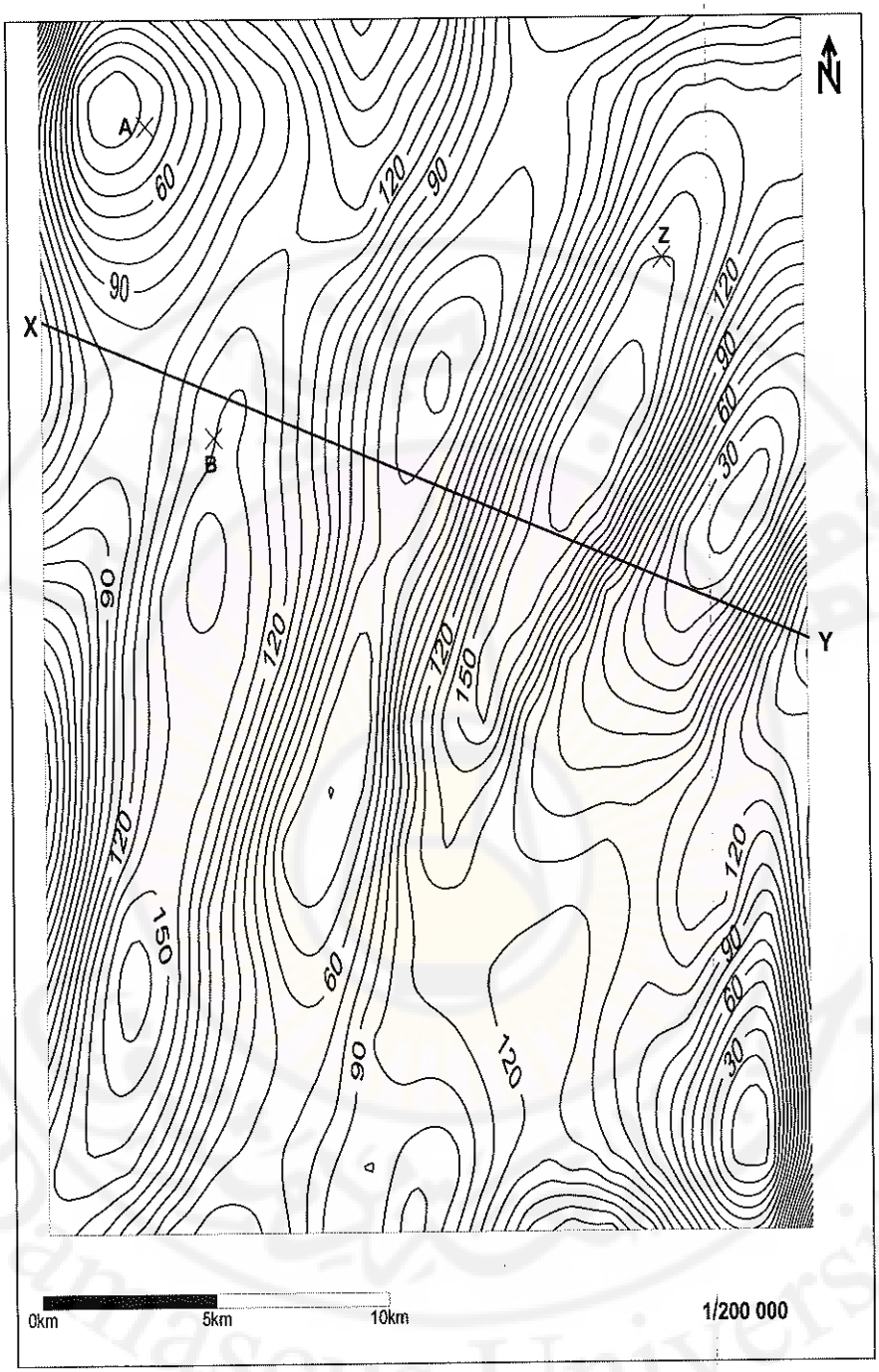
1- تحديد مواقع تكشف جميع الطبقات على الخارطة.

2- ارسم المقطع الجيولوجي الواقع بين النقطتين X و Y بمقياس عامودي 1000/1.

3- حدد الميل الواقع بين النقطتين A و B .

4- ارسم العمود الطبقي للتتابعات الصخرية.

Damascus University

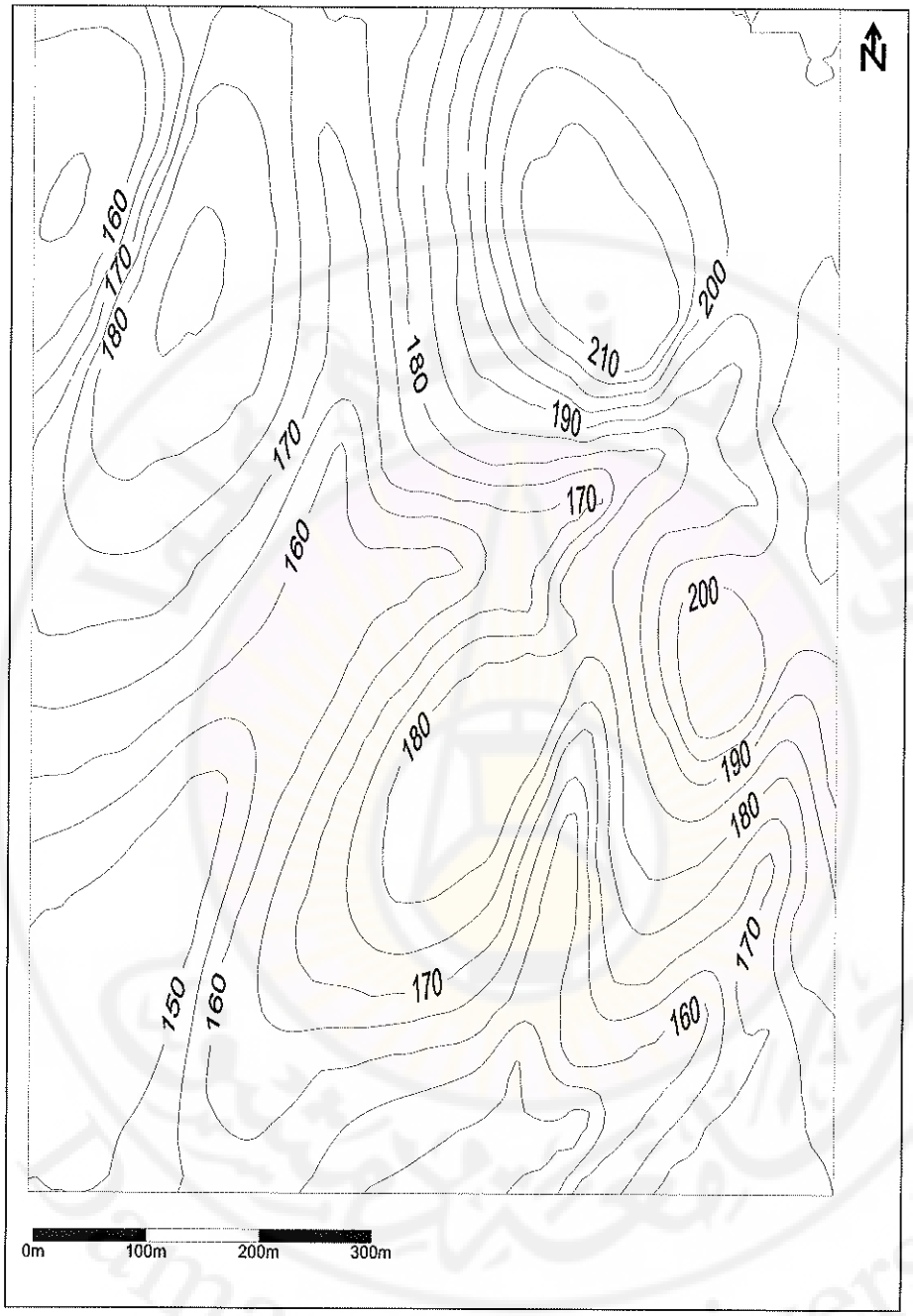

N
A
B
Z
X
Y
60
90
120
150
30
0km
5km
10km
1/200 000

التمرين (5):

يتكشف في المنطقة طبقة من الحجر الكلسي تعود للباليوجين الأسفل بثخانة 15م، وطبقة من المارل تعود للباليوجين الأعلى بثخانة 25م، تليها طبقة من الكونغلوميرا تعود للنيوجين بثخانة 15م وتظهر في المنطقة صبات بازلتية رباعية بثخانة 5م.

المطلوب:

1- ارسم المقطع الطوبوغرافي الممتد من الزاوية الشمالية الشرقية وحتى الزاوية الجنوبية الغربية للخارطة بمقياس 500/1.
2- ارسم التكشفات على الخارطة ولونها حسب العمر الموافق لها.
3- ارسم العمود الطبقي للتتابعات الصخرية السابقة.
4- حول المقطع الطوبوغرافي السابق إلى مقطع جيولوجي.


N
160
170
180
180
210
200
190
170
170
160
200
180
190
180
170
150
160
170
160
0m
100m
200m
300m

التمرين (6):

يظهر على الخارطة في النقطة (A) السطح العلوي لطبقة أفقية من الحجر الكلسي ثخانتها 50م يليها إلى الأسفل طبقة أفقية من الغضار ثخانتها 100م ثم طبقة أفقية من الحجر الرملي ثخانتها 50م.

المطلوب:

1- ارسم أماكن تكشف الطبقات السابقة على الخارطة.

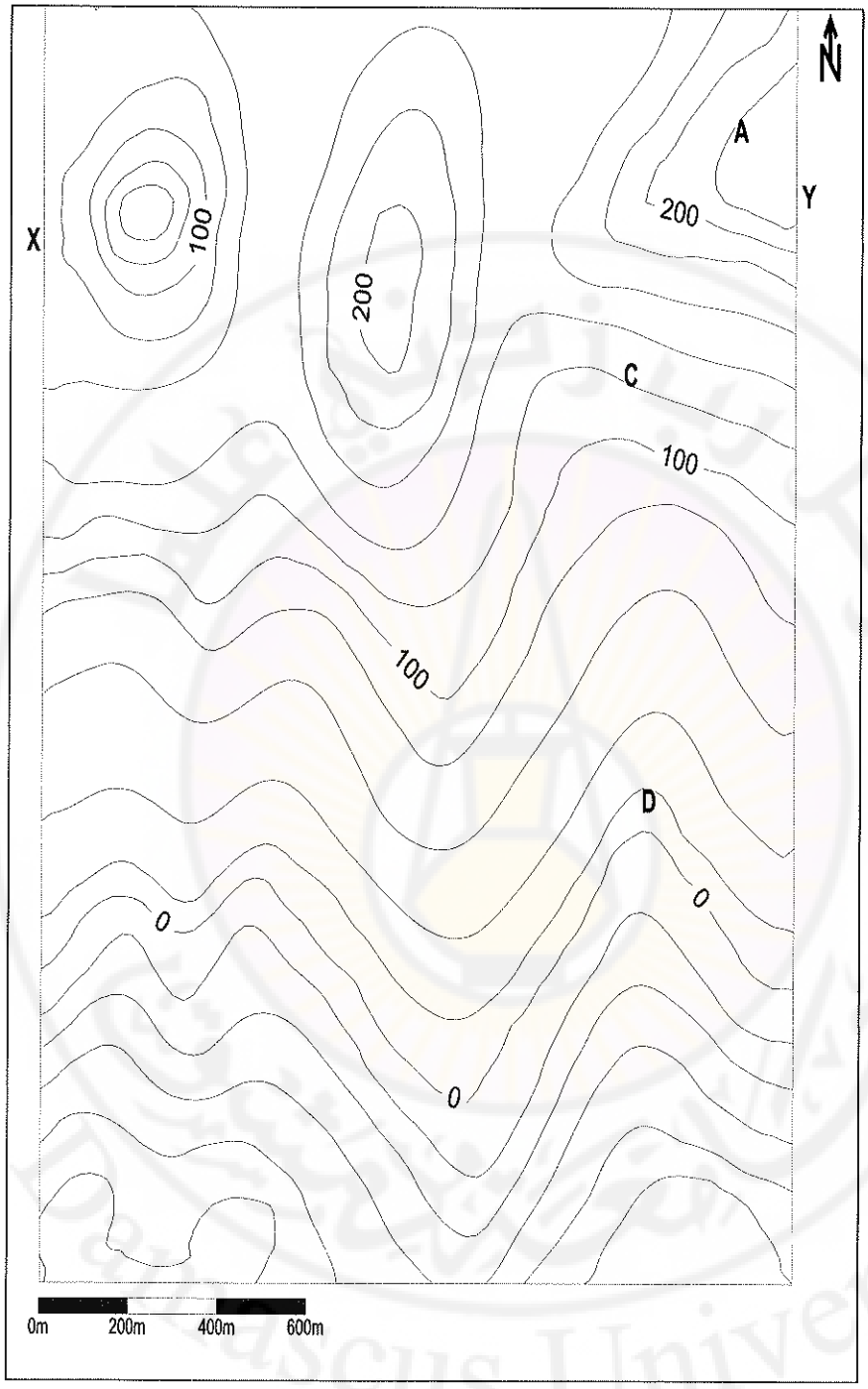
2- ارسم مقطع جيولوجي بين النقطتين X و Y بمقياس عامودي 2500/1.

3- احسب قيمة الميل بين النقطتين C و D.

4- حدد مجاري الأودية على الخارطة مبيناً اتجاهاتها.

5- لون الحجر الكلسي باللون أزرق والغضار باللون الأخضر والحجر الرملي باللون الأصفر.

Damascus University


N
A
Y
X
100
200
200
C
100
100
D
0
0
0
0m
200m
400m
600m

التمرين (7):

يُظهر الشكل المدرج جانباً خارطة جيولوجية.

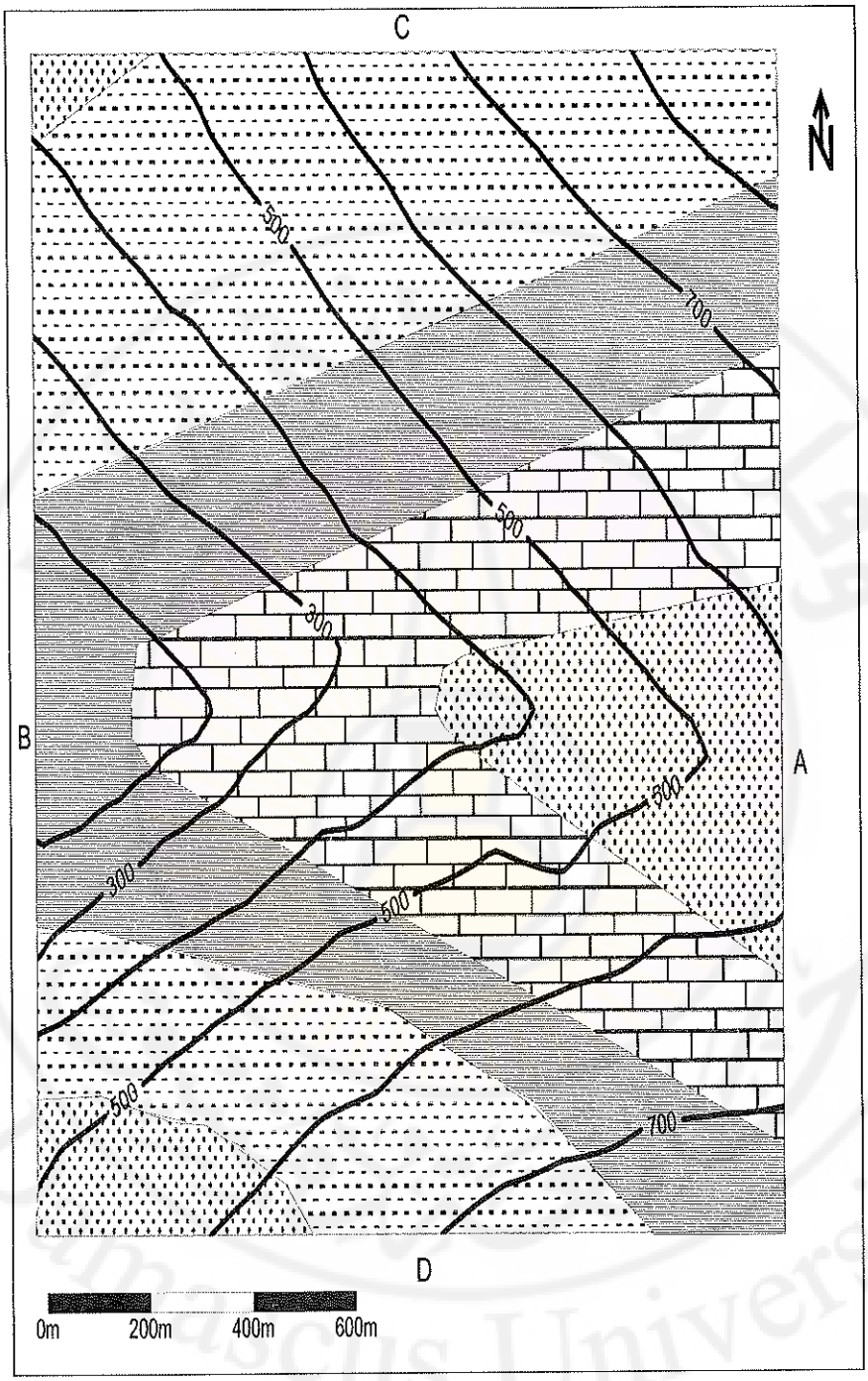
المطلوب:

1- ادرس الخارطة الجيولوجية ثم قم بتلوينها (الحجر الرملي باللون الأصفر والغضار الصفحي باللون الأخضر والحجر الطيني باللون البني والحجر الكلسي باللون الأزرق).

2- ارسم المقطع الجيولوجي الممتد بين A B علماً أن الطبقات تميل باتجاه الغرب25°.

3- ارسم المقطع الجيولوجي الممتد بين CD ولاحظ كيفية ظهور الطبقات الصخرية الأفقية.

Damascus University


C
N
500
700
500
300
B
A
300
500
300
500
700
D
0m
200m
400m
600m

التمرين (8):

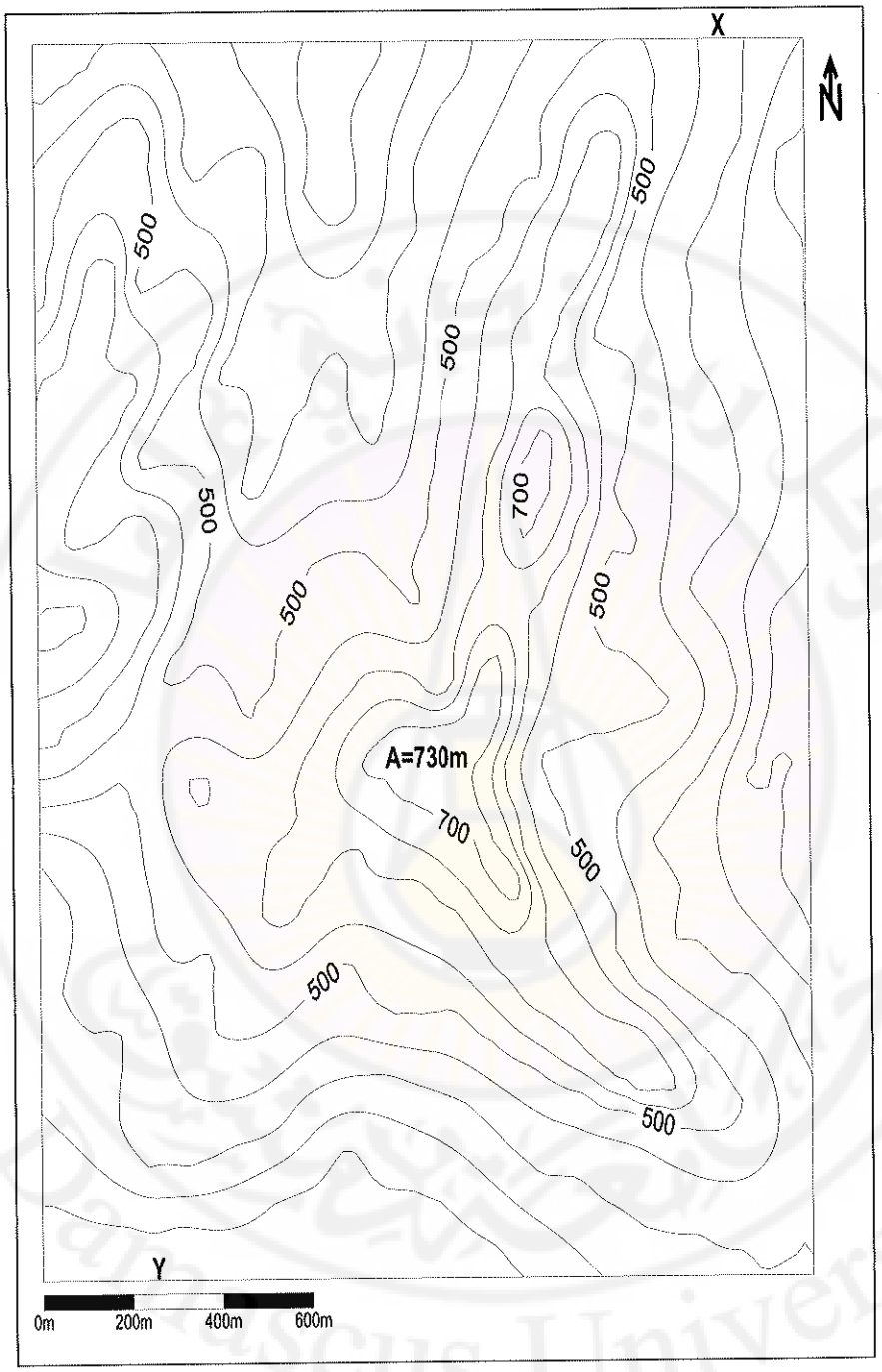
تم حفر بئر في النقطة A التي ترتفع 730م عن سطح البحر، فاخترق من الأعلى نحو الأسفل الطبقات الصخرية التالية: حجر رملي ثخانته 30م، حجر كلسي ثخانته 150م، غضار ثخانته 125م، حجر كلسي غضاري ثخانته 450م.

المطلوب:

1- ارسم الحدود الجيولوجية للتكوينات السابقة إذا علمت أن الطبقات الصخرية أفقية التوضع.

2- لون الخارطة مستخدماً اللون الأخضر للحجر الرملي، واللون الأزرق للحجر الكلسي، واللون الأحمر للغضار، واللون البرتقالي للحجر الكلسي الغضاري.

3- ارسم مقطعاً جيولوجياً على امتداد الخط الفاصل بين X Y مستخدماً الألوان والمصطلحات السابقة.


X
N
500
500
500
500
700
500
500
A=730m
700
500
500
500
Y
0m
200m
400m
600m

التمرين (9):

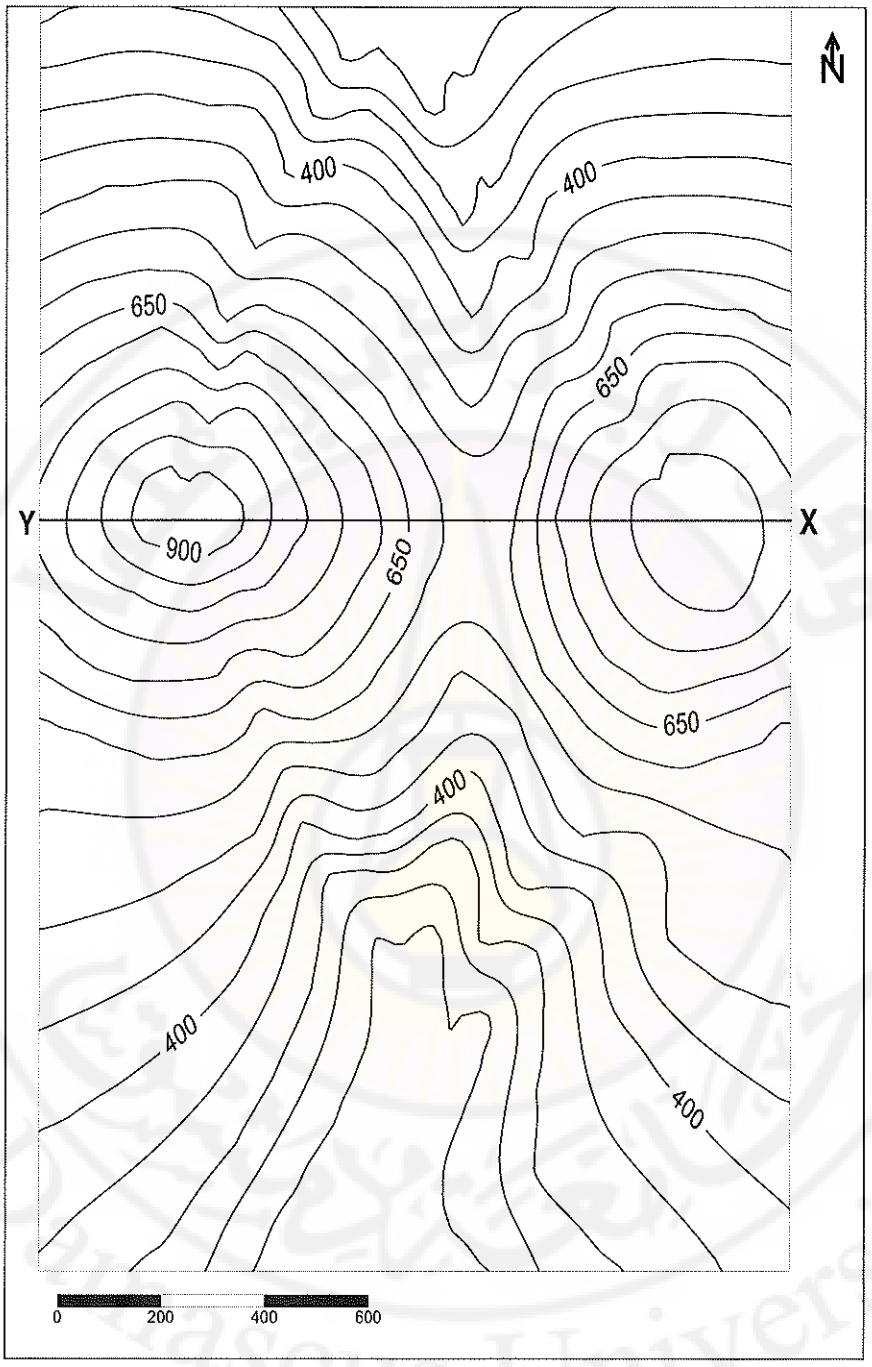
تتكشف في الخارطة السابقة صخور الجوراسي الدولوميتية على ارتفاع 950م عن سطح البحر وبثخانة 75م، تليها صخور الكريتاسي الكلسية العضوية بثخانة 125م ثم صخور الباليوجين الغضارية الصفحية بثخانة 75م فتوضعات النيوجين الكونغلوميراتية بثخانة 25م .

المطلوب:

1- ارسم المقطع الطوبوغرافي الممتد بين النقطتين X وY بمقياس ارتفاع 5000/1.

2- حدد أماكن التكشفات السابقة على الخارطة وارسم رموز الصخور وألوان الأعمار الموافقة لكل منها.

3- حول المقطع الطوبوغرافي السابق لمقطع جيولوجي على اعتبار أن كافة الطبقات أفقية.


N
400
400
650
650
Y
X
900
650
650
400
400
400
0
200
400
600

التمرين (10):

يُظهر الشكل المدرج جانباً خارطة جيولوجية.

المطلوب:

1- رقّم خطوط التسوية إذا علمت أن المسافة بين منحنيات التسوية 100م، وأن النقطة A هي أعلى نقطة في الخارطة.

لدى حفر بئر عامودية في النقطة A، اخترق صخوراً كلسية حتى عمق 560م، ثم صخوراً غضارية لعمق 960م، فالحجر الرملي الذي لعمق 1160م ثم صخراً سلتياً حتى عمق 1560م فحجر كلسي غضاري لعمق 1660م ثم صخور دولوميتية حتى عمق 2010م.

المطلوب:

2- ارسم خارطة جيولوجية توضح الحدود الجيولوجية مع بيان العلاقة بينها وبين منحنيات التسوية إذا علمت أن كافة الطبقات الصخرية أفقية التوضع.

3- ارسم مقطعاً جيولوجياً على امتداد الخط X Y إذا علمت أن المصطلحات والألوان المستخدمة هي:


حجر كلسي (أزرق)

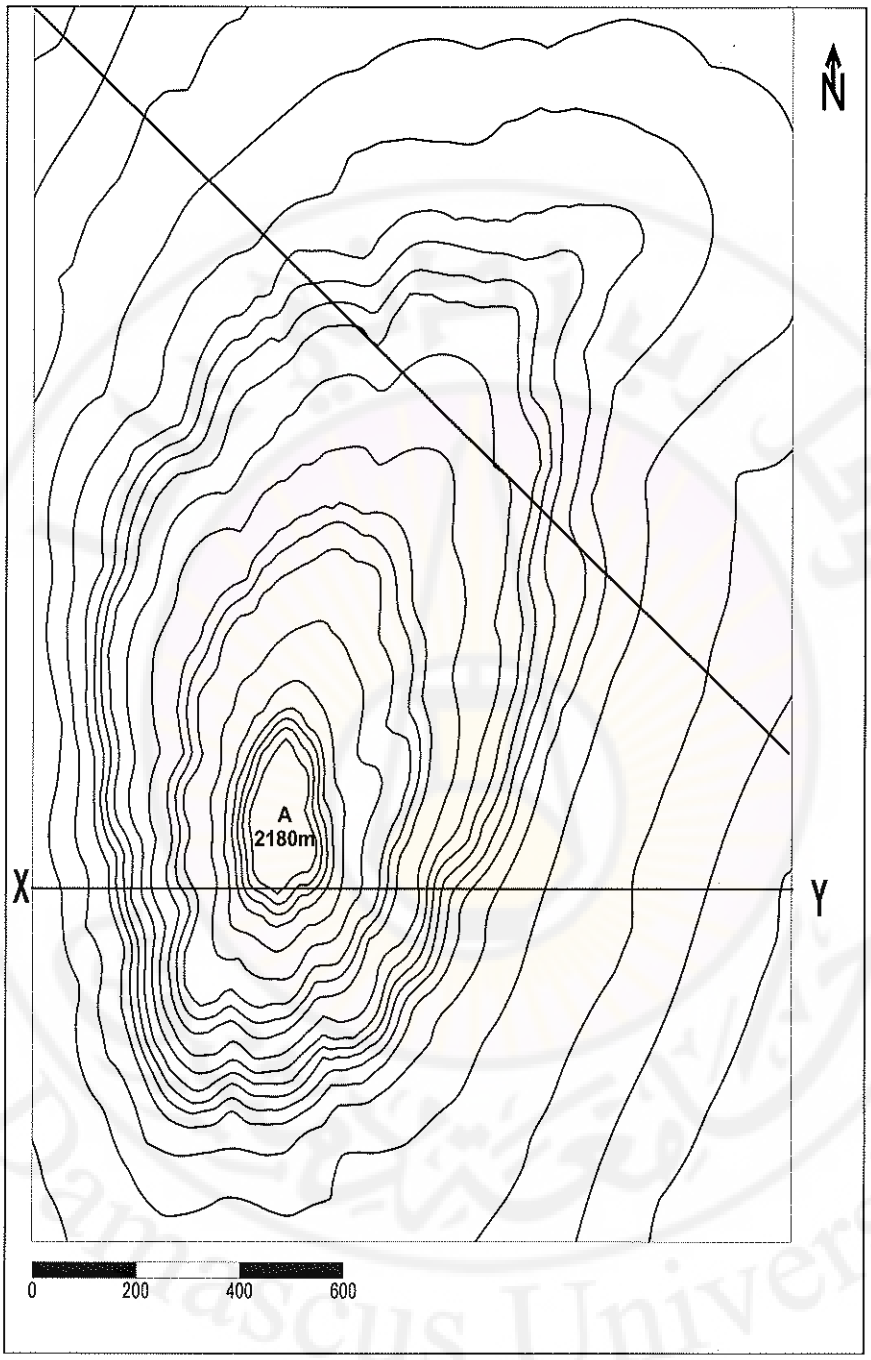

سلت (أحمر)


غضار (أخضر)


حجر كلسي غضاري (بني)


رمل (أصفر)


دولوميت (برتقالي)


N
A
2180m
X
Y
0
200
400
600

التمرين (11):

تظهر في الشكل المدرج جانباً خارطة طبوغرافية بمقياس 25000:1.

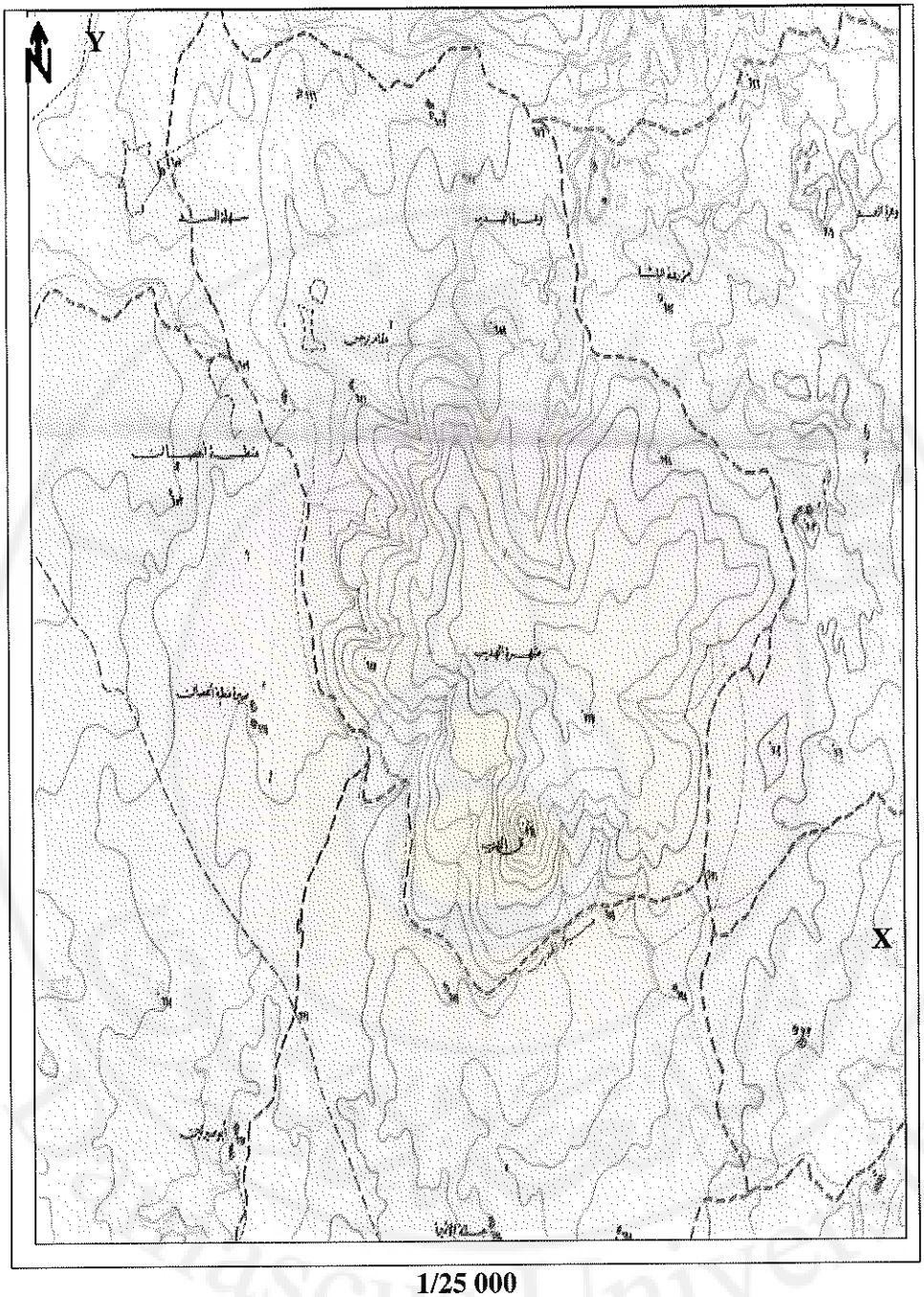
المطلوب:

1. ارسم المقطع الطوبوغرافي الممتد بين النقطتين X و Y بمقياس ارتفاع 500:1 .
2. احسب الميل بين النقطتين A و B .
3. احسب ارتفاع النقطة Z عن سطح البحر.

يتكشف في المنطقة طبقة من الحجر الكلسي تعود للباليوجين الأسفل بثخانة 75م، وطبقة من المارل تعود للباليوجين الأعلى بثخانة 130م تليها طبقة من الكونغلوميرا تعود للنيوجين بثخانة 60م وتظهر في المنطقة صبات بازلتية رباعية بثخانة 10م.

المطلوب:

1. ارسم التكشفات على الخارطة ولونها بحسب العمر الموافق لها.
2. ارسم العمود الطبقي للتتابعات الصخرية السابقة.
3. حول المقطع الطوبوغرافي السابق لمقطع جيولوجي.



1/25 000

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المراجع العلمية

المراجع العربية

- تاربوك، ادوارد جي ولأوتجنز، فريدريك ك، ترجمة حمودة، عمر سليمان وزميليه (1984): الأرض–مقدمة للجيولوجيا الطبيعية، 633ص، الإدارة العامة للمطبوعات والنشر بمجمع الفاتح للجامعات طرابلس– ليبيا.
- تركي، خالد إبراهيم (1992): الجيولوجيا الفيزيائية، عملي (معادن وصخور)، 123ص، عمادة شؤون المكتبات في جامعة الملك سعود، الرياض– المملكة العربية السعودية.
- حبيب، حسن، السفرجلاني، عبدالرحمن وبطحة، عدنان (2006): أسس علم التربة والجيولوجيا (الجزء العملي)، 173ص، منشورات جامعة دمشق، دمشق–الجمهورية العربية السورية.
- حبيب، حسن، السفرجلاني، عبدالرحمن (2008): مينرالوجيا التربة (فلزات التربة)، 289ص، منشورات جامعة دمشق، دمشق– الجمهورية العربية السورية.
- حسن، محمد يوسف، شريف، عمر حسين، والنقاش، عمر باقر (1990): أساسيات علم الجيولوجيا 550 ص، مركز الكتب الأردني، عمان– الأردن.
- سيدا، محمد غالب (1982): علم الفلزات، 490ص، المطبعة التعاونية بدمشق، منشورات جامعة دمشق، دمشق–الجمهورية العربية السورية.
- سيدا، محمد غالب (1984): علم البلورات، 400ص، المطبعة التعاونية بدمشق، منشورات جامعة دمشق، دمشق– الجمهورية العربية السورية.

- شعت، نعيم أحمد، التركي، خالد إبراهيم (1995): أساسيات الخرائط الجيولوجية، 186ص، عمادة شؤون المكتبات في جامعة الملك سعود، الرياض- المملكة العربية السعودية.
- عطا الله، ميشيل كامل(2000): أساسيات الجيولوجيا، 410ص، دار الميسرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان- الأردن.
- فوستر، ج. روبرت (1980): الجيولوجيا العامة، 791ص، ترجمة منشورات مجمع اللغة العربية الأردني، عمان- الأردن.
- ماثيوز، وليام هـ، ترجمة ناشد، مختار رسمي(1995): ما هي الجيولوجيا، 394ص، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة - جمهورية مصر العربية.
- مرزوقي، محمد فؤاد، عبد الغفور ممدوح (1993): الصخور النارية، 228ص، منشورات مركز النشر العلمي- جامعة الملك عبد العزيز- جدة - المملكة العربية السعودية.
- مشرف، محمد عبد الغني (1997): أساسيات علم الأرض- الجيولوجيا الفيزيائية، 928ص، دار المريخ للنشر، الرياض- المملكة العربية السعودية.
- مشرف، محمد عبد الغني، إدريس الطاهر عثمان، عوض، وحسين سالم (1993): تطبيقات الجيولوجيا العامة، 646ص، دار المريخ للنشر، الرياض- المملكة العربية السعودية.
- موسى، فخري، حسين محب الدين، فهمي حسن، وصالح سيد (1981): الجيولوجيا العملية، الطبعة الثالثة، 148ص، دار المعارف، القاهرة- جمهورية مصر العربية.

المراجع الأجنبية

1- Allison, I.S and Palmer, D.F., (1980): Geology, 579P . McGraw, Bock Company, U.S.A.

2- Best, M.G., (1982): Igneus and Metamorphic Petrology, 628P., SVEN von loga verlag, germany.

3- Borchardt, O.W., (1990): Lehrbuch der Kristallographie , 3. Auflage,

4- Bucher, K and Frey, M., (1994): Petrogemesis of metamophic rockc: 315S., John Wiley & sons, Newyork. U.S.A.

5- Foster. J.R.(1980): Geology, Uded. 187P. C.E. Merril Publischers U.S.A.

6- Klein.C.,and Hurlbut,C.S.Jr., (1993): Manual Mineralogy,21. Auflage, 681S., John Wiley & Sons,New York,.

7- Montgomery .C.W., (1990): Physical Geology. 2d ed. W.M.C. Brown. Publischers U.S.A.

8- Wimmeneuer, W., (1985): Petrographie der Magrmatischen und Metamorphen Gesteine 382S. Enke Verlag Stuttgart, Germany.

9- Ramadohr,P.,and Strunz, H.,(1978):Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, 876 S. Ferdinand Enke Verlag,Stuttgart, Germany.

10- http://www.nwnature.net/cam/science/rocks/minerals.htm

11- http://flexiblelearning.auckland.ac.nz/rocks_minerals/.html

12- http://facweb.bhc.edu/academics/science/harwoodr/geol101/labs/atlasigneous/index.htm

13- http://skywalker.cochise.edu/wellerr/mineral/.htm

Damascus University

الجداول

جداول لبعض الفلزات مع خصائصها الطبيعية

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الذهـــب

اسم الفلز	الذهب
المجموعة الفلزية	العناصر الحرة
التركيب الكيميائي	Au
اللون	أصفر ذهبي
لون المخدش	أصفر
البريق (اللمعان)	معدني - ذهبي
القساوة (الصلادة)	3 -2.5
الوزن النوعي	22.3 -15.6
المكسر	غير مستو
الانفصام	لا يوجد
نظام التبلور	مكعبي- ثماني الوجوه
المترافقات الفلزية	كوارتز- موليبدينيت- سفاليريت- ستبنيت - تتراهيدريت - بيريت- ماغنيتيت – تورمالين.
المنشأ	هيدروترمالي
مكان وجوده	أمريكا- كندا- النمسا- أستراليا- روسيا - جنوب إفريقيا.



عينة ذهب متوضعة ضمن فلز الكوارتز، العينة من جنوب إفريقيا.

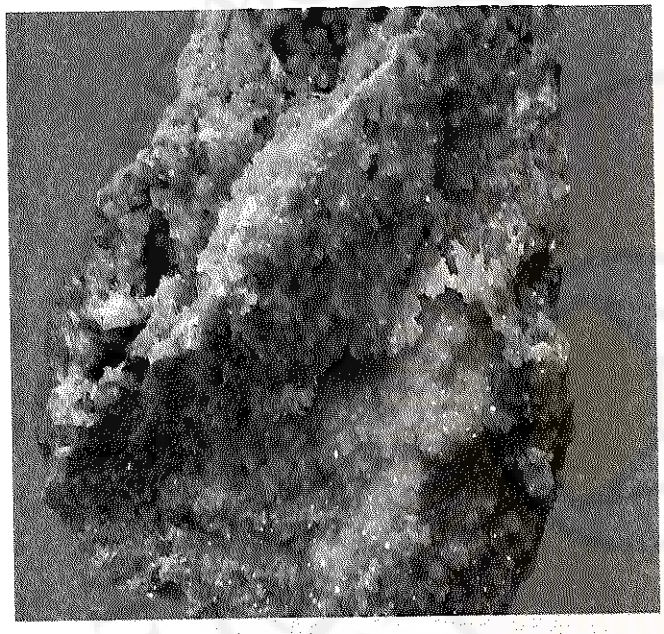
الفضـــة



اسم الفلز	الفضة
المجموعة الفلزية	العناصر الحرة
التركيب الكيميائي	Ag
اللون	رمادي معدني - فضي
لون المخدش	فضي أبيض
البريق (اللمعان)	معدني - فضي
القساوة (الصلادة)	3 -2.5
الوزن النوعي	11.1-10.1
المكسر	غير مستو - مسنن
الانفصام	لا يوجد
نظام التبلور	مكعبي - سداسي ثماني الوجوه
المترافقات الفلزية	نحاس- كالكوسيت- يورانينيت- كوارتز- رصاص.
المنشأ	هيدروترمالي — عينة فلز فضة متوضعة فوق كتلة من فلز الكالسيت من ألمانيا.
مكان وجوده	أمريكا - النرويج - المكسيك -ألمانيا.

الكبريـــت

اسم الفلز	الكبريت
المجموعة الفلزية	العناصر الحرة
التركيب الكيميائي	S
اللون	أصفر - بني - أسود- أخضر
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	دهني- شحمي
القساوة (الصلادة)	2
الوزن النوعي	2.1-2.0
المكسر	محاري- غير مستو
الانفصام	غير كامل
نظام التبلور	معيني قائم
المترافقات الفلزية	ستبنيت– سينابر– كالسيت– هاليت– جبس- أراغونيت.
المنشأ	تفكك الصخور الجبسية
مكان وجوده	أمريكا– روسيا– اليابان- أندونيسيا.



عينة كبريت مع كالسيت وأراغونيت من إيطاليا.

الغرافيـــت

اسم الفلز	الغرافيت
المجموعة الفلزية	العناصر الحرة
التركيب الكيميائي	C
اللون	رمادي قاتم - أسود
لون المخدش	رصاصي قاتم
البريق (اللمعان)	شبه معدني
القساوة (الصلادة)	2 -1
الوزن النوعي	2.2
المكسر	متعدد الأشكال
الانفصام	تام في اتجاه واحد
نظام التبلور	النظام السداسي
المترافقات الفلزية	-----
المنشأ	الصخور المتحولة
مكان وجوده	جزيرة سيلان– النمسا- الهند- إيطاليا - المكسيك - أمريكا ومدغشقر.



عينة غرافيت.

الألمـــاس

اسم الفلز	الألماس
المجموعة الفلزية	العناصر الحرة
التركيب الكيميائي	C
اللون	شفاف- أصفر- أحمر- أزرق- أسود
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	ألماسي
القساوة (الصلادة)	10
الوزن النوعي	3.5
المكسر	محاري
الانفصام	كامل

عينة ألماس من جنوب أفريقيا



نظام التبلور	مكعبي- سداسي ثماني الوجوه
المترافقات الفلزية	الغارنت -السبينل - الأوليفين
المنشأ	الصخور النارية فوق القاعدية البيريدوتيتية الكمبرليتية.
مكان وجوده	جنوب أفريقيا- زائير- الهند- البرازيل.

الأنتموان

اسم الفلز	الأنتموان
المجموعة الفلزية	العناصر الحرة
التركيب الكيميائي	Sb
اللون	رمادي فضي
لون المخدش	رمادي
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	3 - 3.5
الوزن النوعي	6.6- 7.2
المكسر	غير مستو
الانفصام	كامل
نظام التبلور	ثلاثي الميل
المترافقات الفلزية	ستيبنيت– نيكلين- سفاليريت.
المنشأ	هيدروتيرمالي
مكان وجوده	أمريكا– المكسيك- كندا.

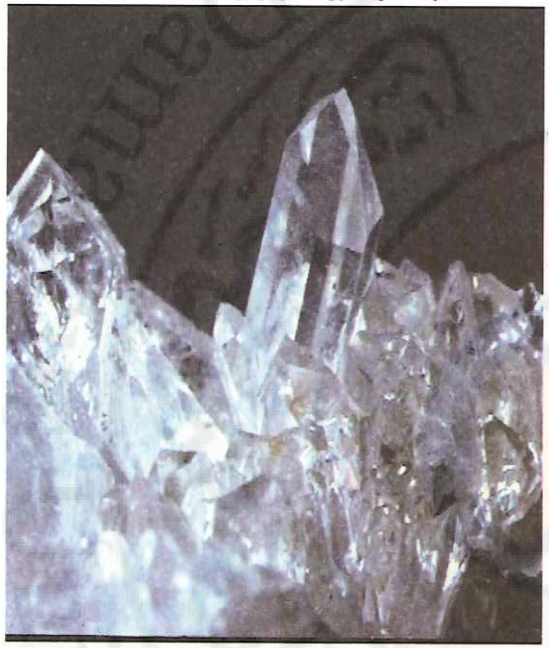


عينة أنتموان من المكسيك.

الكوارتز

اسم الفلز	كوارتز
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	SiO_2
اللون	شفاف- أبيض- بني- وردي- أصفر- دخاني- حليبي.
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	7
الوزن النوعي	2.7 -2.5
المكسر	محاري
الانفصام	لا يوجد
نظام التبلور	سداسي

عينة مواشير الكوارتز من المكسيك.



المترافقات الفلزية	بيريت– كالسيت– فلدسبات- غارنت - سفاليريت- ميكا.
المنشأ	متحول- مغماتي- هيدروترمالي.
مكان وجوده	سويسرا- البرازيل- ألمانيا – المكسيك- أمريكا.

الأوبال

اسم الفلز	الأوبال	
المجموعة الفلزية	السليكاتية	
التركيب الكيميائي	$SiO_2.nH_2O$	
اللون	أبيض حليبي- أحمر- أخضر-أصفر- بني- أزرق.	
لون المخدش	أبيض	
البريق (اللمعان)	زجاجي أو شحمي	
القساوة (الصلادة)	6.5 -5.5	
الوزن النوعي	2.5 -1	
المكسر	محاري	
الانفصام	لا يوجد	
نظام التبلور	عديم التبلور	
المترافقات الفلزية	زوليت- ليمونيت- كالسيدوان	
المنشأ	رسوبي.	عينة أوبال من هنغاريا.
مكان وجوده	أستراليا– البرازيل– أمريكا– تنزانيا- المكسيك.	

الكالسيدوان

اسم الفلز	الكالسيدوان
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	SiO_2
اللون	عديم اللون- شفاف- بني- وردي- أصفر.
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	7
الوزن النوعي	2.65
المكسر	محاري
الانفصام	لا يوجد
نظام التبلور	عديم التبلور
المترافقات الفلزية	زيوليت- ليمونيت- أوبال
المنشأ	رسوبي
مكان وجوده	استراليا– البرازيل– أمريكا– تنزانيا- المكسيك.



عينة كالسيدوان من منطقة سار- ألمانيا.

الهيماتيـــت

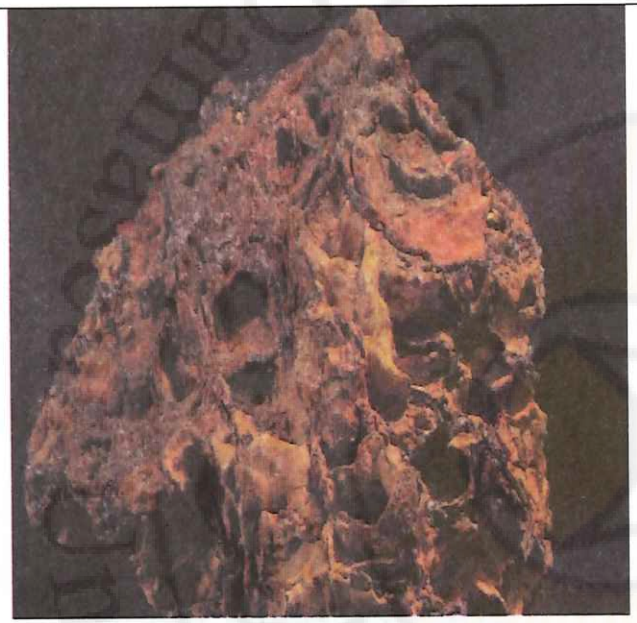
اسم الفلز	الهيماتيت
المجموعة الفلزية	الأكاسيد
التركيب الكيميائي	Fe_2O_3
اللون	أحمر- رمادي -بني قاتم آجري- أسود.
لون المخدش	أحمر بني
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	6.5 -5.5
الوزن النوعي	5.3 -5.2
المكسر	غير مستو- محاري
الانفصام	جيد
نظام التبلور	سداسي
المترافقات الفلزية	ماغنيتيت - بيريت – سيديريت- ليمونيت - كالسيت - كوارتز.
المنشأ	مغماتي - متحول ورسوبي.
مكان وجوده	أمريكا- كندا- إيطاليا- البرازيل- سويسرا - بريطانيا.



عينة هيماتيت من جبال الهارتز- ألمانيا.

الليمونيت

اسم الفلز	الليمونيت
المجموعة الفلزية	الأكاسيد المائية
التركيب الكيميائي	$FeOOH.nH_2O$
اللون	أصفر - بني.
لون المخدش	أصفر
البريق (اللمعان)	معدني كامد
القساوة (الصلادة)	5.5 -4
الوزن النوعي	4.3 - 2.7
المكسر	ترابي
الانفصام	لا يوجد
نظام التبلور	غير مبلور
المترافقات الفلزية	ماغنيتيت - هيماتيت - كالسيت- بيرولوزيت – بسيلوميلان- كوارتز.
المنشأ	نطاق الأكسدة- رسوبي
مكان وجوده	ألمانيا– فرنسا– إيطاليا– كوبا- روسيا- الهند - البرازيل - زائير.

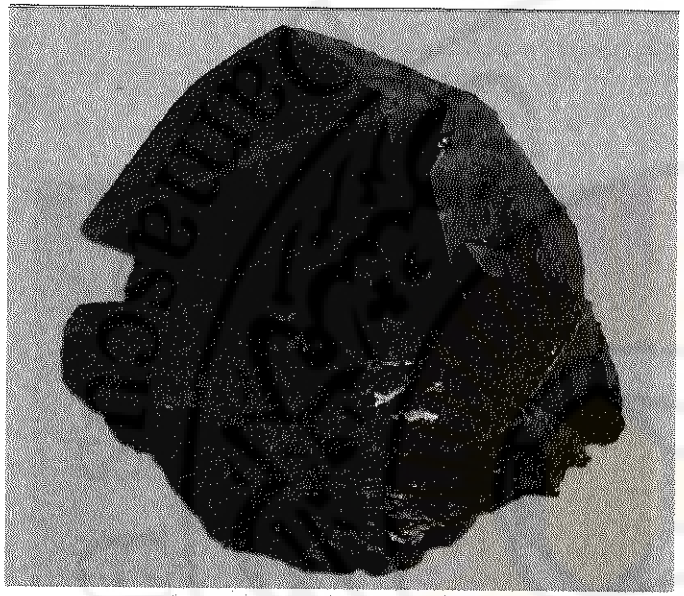


عينة لفلز الليمونيت من الهند.

الماغنيتيت

اسم الفلز	الماغنيتيت
المجموعة الفلزية	الأكاسيد
التركيب الكيميائي	Fe_2O_3
اللون	أسود
لون المخدش	أسود
البريق (اللمعان)	معدني عاتم
القساوة (الصلادة)	6.5 -5.5
الوزن النوعي	5.2
المكسر	مستو حبيبي
الانفصام	غير كامل
نظام التبلور	مكعبي- ثماني الوجوه
المترافقات الفلزية	أندراديت– هيماتيت– غوتيت– ليمونيت - كالسيت.
المنشأ	مغماتي- متحول وهيدروترمالي.
مكان وجوده	فرنسا– ألمانيا– النرويج- فنلندا - البرازيل – أمريكا- السويد.

عينة ماغنيتيتمن البرازيل



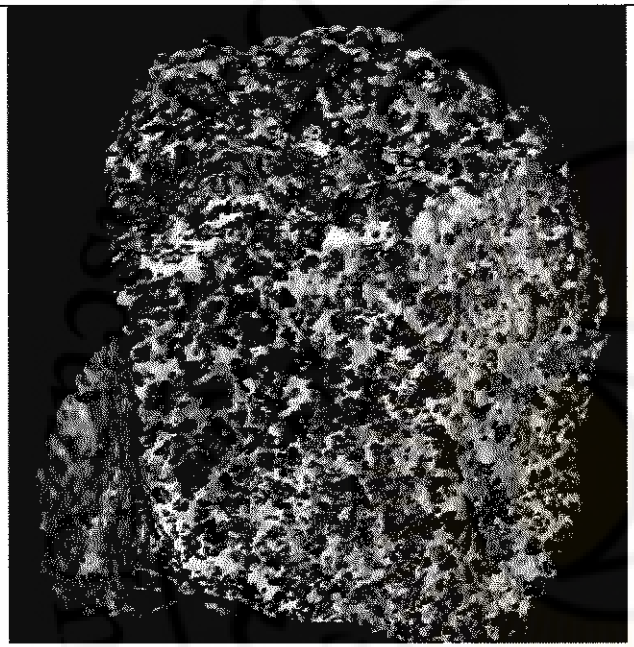
الغوتيت

اسم الفلز	الغوتيت	
المجموعة الفلزية	الأكاسيد المائية	
التركيب الكيميائي	FeOOH	
اللون	بني داكن آجري.	
لون المخدش	بني مصفر	
البريق (اللمعان)	ألماسي عاتم	
القساوة (الصلادة)	5.5 -4	
الوزن النوعي	4.3 -3.8	
المكسر	غير مستو	
الانفصام	تام	
نظام التبلور	معيني قائم	
المترافقات الفلزية	هيماتيت– بيريت– كالسيت- كوارتز- ليبيدوكروزيت.	
المنشأ	رسوبي	عينة غوتيت من المملكة المغربية.
مكان وجوده	أمريكا– ألمانيا– بريطانيا– المغرب- فرنسا- كندا.	

الإيلمينيت

اسم الفلز	الإيلمينيت	
المجموعة الفلزية	الأكاسيد	
التركيب الكيميائي	$FeTiO_3$	
اللون	أسود حديدي - أسود عاتم.	
لون المخدش	بني قاتم- أسود رصاصي.	
البريق (اللمعان)	معدني	
القساوة (الصلادة)	6 -5.5	
الوزن النوعي	4.7	
المكسر	غير مستو - محاري	
الانفصام	جيد	
نظام التبلور	الثلاثي - معيني الوجوه	
المترافقات الفلزية	ماغنيتيت– روتيل - أنورتيت.	
المنشأ	رسوبي	عينة إيلمينيت من باكستان.
مكان وجوده	روسيا - أمريكا - بريطانيا- السويد- باكستان .	

الكروميت



اسم القلز	الكروميت
المجموعة الفلزية	الأكاسيد
التركيب الكيميائي	$FeCr_2O_4$
اللون	بني آجري، رمادي قاتم إلى أسود.
لون المخدش	بني داكن
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	5.5
الوزن النوعي	4.8 -4.5
المكسر	غير مستو
الانفصام	لا يوجد
نظام التبلور	مكعبي- ثماني الوجوه
المترافقات الفلزية	الأوليفين– سبينيل- بيروكسين - الكورندوم.
المنشأ	مغماتي — عينة كروميت من جبال الأورال- روسيا.
مكان وجوده	جنوب أفريقيا– روسيا– تركيا– الفليبين- كوبا - ألبانيا - روديسيا.

الروتيل

اسم الفلز	الروتيل
المجموعة الفلزية	الأكاسيد
التركيب الكيميائي	TiO_2
اللون	أصفر إلى بني قاتم حتى الأسود.
لون المخدش	بني باهت
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	6
الوزن النوعي	4.3 -4.2
المكسر	غير مستو
الانفصام	تام
نظام التبلور	الرباعي
المترافقات الفلزية	هيماتيت– أناتاز– بروكيت– توباز– أباتيت- تيتانيت.
المنشأ	مغماتي- بغماتي ومتحول عينة روتيل من جورجيا.
مكان وجوده	النمسا- روسيا– النرويج- سويسرا- المكسيك- البرازيل - جورجيا.



البيرولوزيت

اسم الفلز	البيرولوزيت
المجموعة الفلزية	الأكاسيد
التركيب الكيميائي	MnO_2
اللون	رمادي قاتم إلى أسود
لون المخدش	أسود حديدي
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	6- 6.5
الوزن النوعي	4.5- 5
المكسر	غير مستو
الانفصام	تام
نظام التبلور	الرباعي
المترافقات الفلزية	مانغانيت– بسيلوميلان- ليمونيت.
المنشأ	رسوبي
مكان وجوده	ألمانيا– أوكرانيا– روسيا- جنوب أفريقيا- البرازيل - أمريكا.



عينة بيرولوزيت من تورينغر- ألمانيا.

الكورندوم

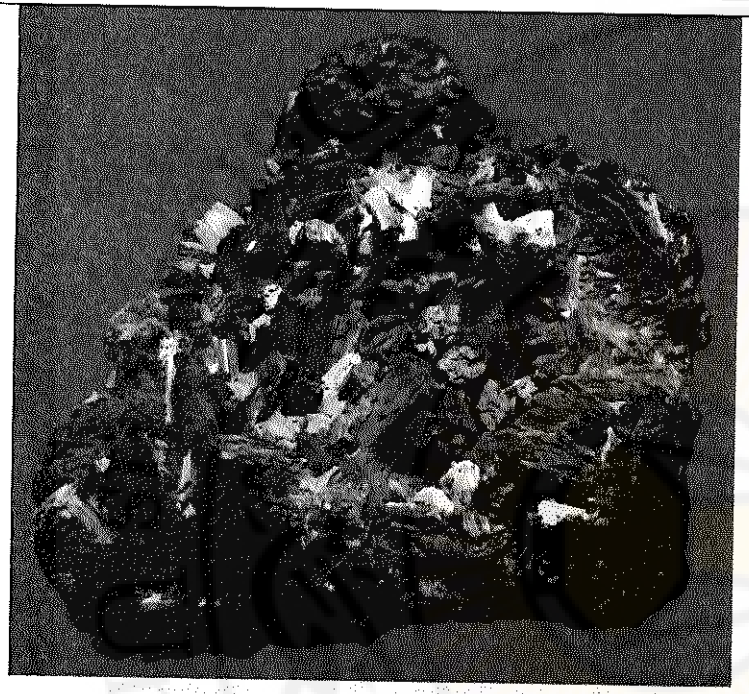


اسم الفلز	الكورندوم
المجموعة الفلزية	الأكاسيد
التركيب الكيميائي	Al_2O_3
اللون	أبيض- رمادي- أصفر- أحمر- أزرق.
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	9
الوزن النوعي	4
المكسر	غير مستو - محاري
الانفصام	لا يوجد
نظام التبلور	الثلاثي
المترافقات الفلزية	الأوليفين– الماغنيتيت– السبينيل- كيانيت - الكلوريت والميكا.
المنشأ	مغماتي - متحول — عينة كورندوم من جنوب غرب أفريقيا.
مكان وجوده	الصين– بورما- سيرلانكا – تايلاند- كشمير.

الهاوسمانيت

اسم الفلز	الهاوسمانيت	
المجموعة الفلزية	الأكاسيد	
التركيب الكيميائي	Mn_3O_4	
اللون	بني محمرآجري - بني قاتم.	
لون المخدش	بني فاتح	
البريق (اللمعان)	شبه معدني	
القساوة (الصلادة)	5.5	
الوزن النوعي	4.8 -4.5	
المكسر	غير مستو	
الانفصام	تام	
نظام التبلور	رباعي	
المترافقات الفلزية	مانغانيت– بيريلوزيت- بسيلوميلان - باريت - براونيت.	
المنشأ	هيروتيرمالي - متحول	عينة هاوسمانيت من تورينغر- ألمانيا.
مكان وجوده	ألمانيا– بريطانيا– بلغاريا– السويد– سويسرا– روسيا–أمريكا– البرازيل- الهند وجنوب أفريقيا.	

المانغانيت

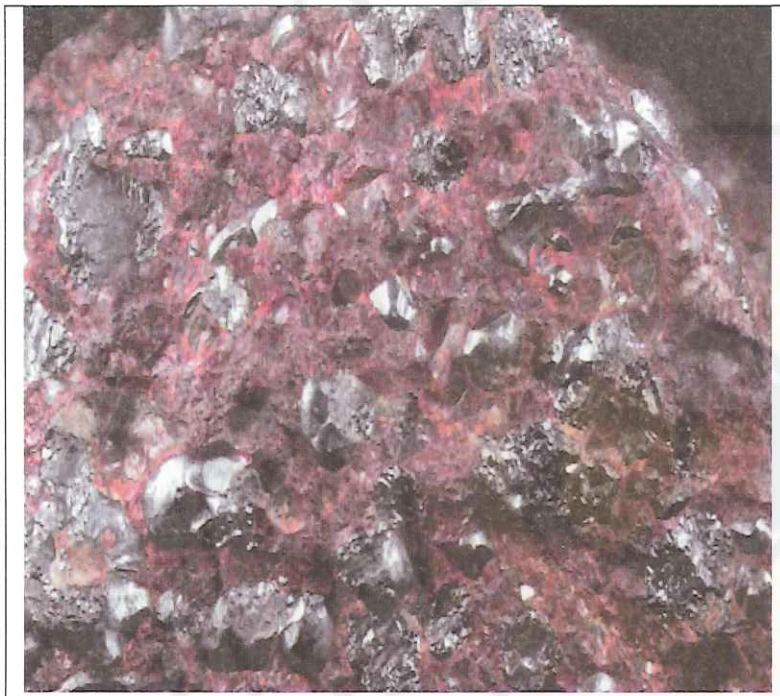


اسم الفلز	المانغانيت
المجموعة الفلزية	الأكاسيد المائية
التركيب الكيميائي	MnO.OH
اللون	أسود حديدي
لون المخدش	بني محمر
البريق (اللمعان)	شبه معدني
القساوة (الصلادة)	4
الوزن النوعي	4.3
المكسر	لا يوجد
الانفصام	كامل
نظام التبلور	أحادي الميل
المترافقات الفلزية	بيرولوزيت– كالسيت- باريت.
المنشأ	رسوبي
مكان وجوده	روسيا– كندا–مصر- أمريكا.

عينة مانغانيت من ولاية أريزونا- أمريكا.

الزنكيت

اسم الفلز	الزنكيت
المجموعة الفلزية	الأكاسيد
التركيب الكيميائي	ZnO
اللون	بني
لون المخدش	أصفر برتقالي
البريق (اللمعان)	ألماسي إلى زجاجي
القساوة (الصلادة)	4- 4.5
الوزن النوعي	5.6
المكسر	محاري
الانفصام	موشوري
نظام التبلور	السداسي
المترافقات الفلزية	فرانكلينيت– رودونيت– ويلليميت– سفليريت– رودوكروزيت- كالسيت.
المنشأ	متحول
مكان وجوده	أمريكا - روسيا - الصين.



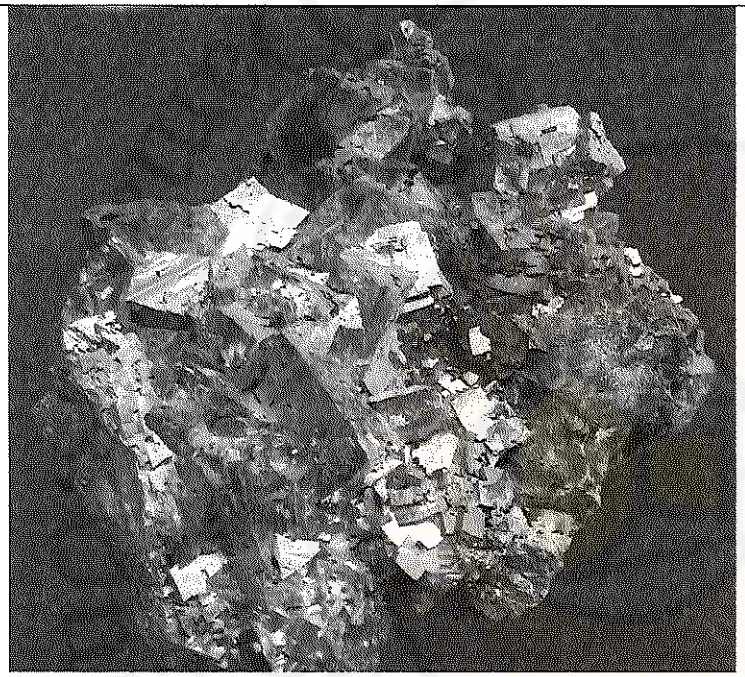
عينة لفلزي الزنكيت والفرانكلينيت من أمريكا.

الأرجينيتيت

اسم الفلز	الأرجينيتيت
المجموعة الفلزية	الكباريتية (السولفيدات)
التركيب الكيميائي	Ag_2S
اللون	رصاصي قاتم إلى أسود
لون المخدش	رصاصي قاتم
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	2.5 -2
الوزن النوعي	7.3
المكسر	غير مستو
الانفصام	غير مكتمل
نظام التبلور	مكعبي- سداسي ثماني الوجوه
المترافقات الفلزية	فضة- غالينا- سفاليريت.
المنشأ	هيدروترمالي — عينة أرجينيتيت من جبال الهارتز- ألمانيا.
مكان وجوده	النرويج– المكسيك - أسبانيا– أمريكا– ألمانيا– بوهيميا- شيلي.



الأرسينوبيريت



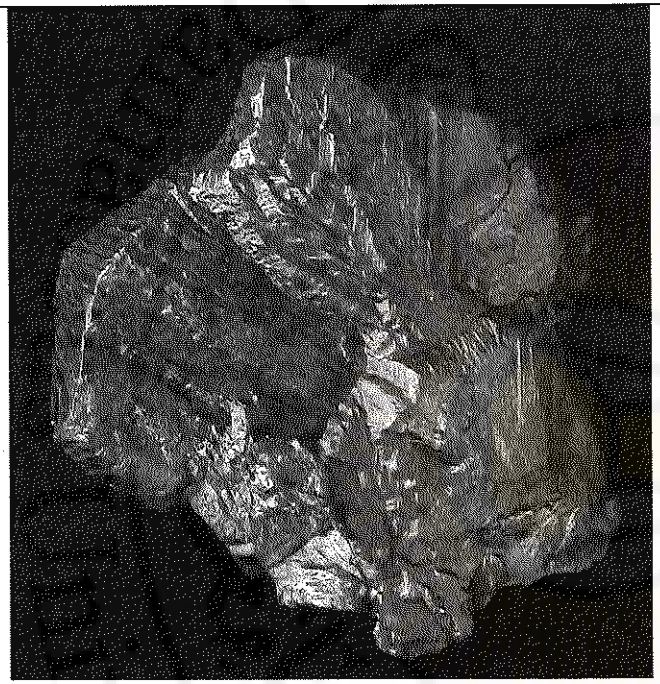
اسم الفلز	الأرسينوبيريت
المجموعة الفلزية	الكباريتية (السولفيدات)
التركيب الكيميائي	FeAsS
اللون	أبيض فضي- أبيض رمادي.
لون المخدش	أسود
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	6 -5.5
الوزن النوعي	6.2 -5.9
المكسر	غير مستو
الانفصام	جيد
نظام التبلور	أحادي الميل
المترافقات الفلزية	فضة– نحاس– غالينا– سفاليريت– بيريت– كالكوبيريت– ذهب- نيكل.
المنشأ	هيدروترمالي - بغماتي
	عينة أرسينوبيريت من فرايبرغ -ألمانيا.
مكان وجوده	بوليفيا- المكسيك–هنغاريا– النرويج– أمريكا- بريطانيا.

البورنيت

اسم الفلز	البورنيت	
المجموعة الفلزية	الكباريتية (السولفيدات)	
التركيب الكيميائي	Cu_5FeS_4	
اللون	نحاسي محمر - بني برونزي-أزرق - رمادي مزرق.	
لون المخدش	رمادي - أسود	
البريق (اللمعان)	معدني	
القساوة (الصلادة)	3	
الوزن النوعي	5.1 -4.9	
المكسر	غير مستو	
الانفصام	لا يوجد	
نظام التبلور	مكعبي- سداسي ثماني الوجوه.	
المترافقات الفلزية	كالكوسيت– كوفيللت– كالكوبيريت– بيريت– باريت- كوارتز وكالسيت.	
المنشأ	بغماتي- هيدروترمالي	عينة بورنيت من جبال الهارتز- ألمانيا.
مكان وجوده	شيلي– البيرو– بوليفيا– المكسيك–المغرب– بولونيا– أمريكا- بريطانيا.	

الكالكوسيت

اسم الفلز	الكالكوسيت
المجموعة الفلزية	الكباريتية (السولفيدات)
التركيب الكيميائي	Cu_2S
اللون	رصاصي فاتح إلى الأسود.
لون المخدش	رمادي قاتم مائل للزرقة
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	3 -2.5
الوزن النوعي	5.8 -5.5
المكسر	محاري
الانفصام	لا يوجد
نظام التبلور	المعيني القائم
المترافقات الفلزية	كوبريت– أزوريت- مالاكيت.
المنشأ	هيدروترمالي
مكان وجوده	أمريكا- البيرو- أستراليا -المكسيك- إيطاليا - ناميبيا.



عينة كالكوسيت من أستراليا.

السنابر



اسم الفلز	السنابر
المجموعة الفلزية	الكباريتية (السولفيدات)
التركيب الكيميائي	HgS
اللون	أحمرقاني إلى أحمر بني.
لون المخدش	أحمر قرمزي
البريق (اللمعان)	ألماسي
القساوة (الصلادة)	2- 2.5
الوزن النوعي	8- 8.2
المكسر	غير مستو
الانفصام	تام
نظام التبلور	السداسي
المترافقات الفلزية	بيريت– ماركازيت– ستيبنيت– غالينا– ريالغار- هيماتيت.
المنشأ	هيدروترمالي
	عينة سنابرمن اسبانيا.
مكان وجوده	ألمانيا– أسبانيا– الصين- البيرو.

الكالكوبيريت

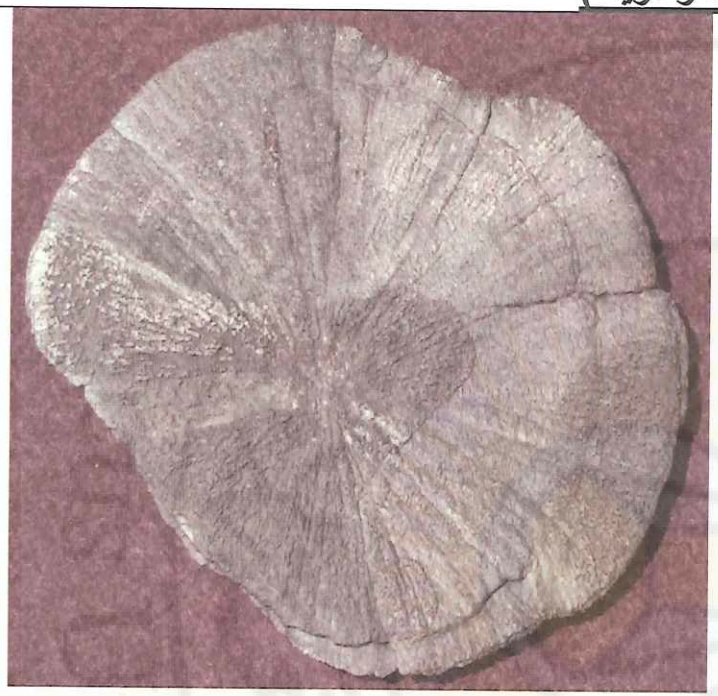


اسم الفلز	الكالكوبيريت
المجموعة الفلزية	الكباريتية (السولفيدات)
التركيب الكيميائي	$CuFeS_2$
اللون	أصفر نحاسي.
لون المخدش	أسود مخضر
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	4 -3.5
الوزن النوعي	4.3 -4.1
المكسر	غير مستو
الانفصام	غير تام
نظام التبلور	الرباعي
المترافقات الفلزية	بيريت– سفاليريت– بيروتيت- غالينا – فلوريت- تيتراهيدريت.
المنشأ	متحول تماسي- هيروترمالي
مكان وجوده	فرنسا– شيلي– زامبيا– بيرو– كندا– ألمانيا- أمريكا.

عينة كالكوبيريت من البيرو.

الماركاسيت (الماركازيت)

اسم الفلز	الماركاسيت
المجموعة الفلزية	الكباريتية (السولفيدات)
التركيب الكيميائي	FeS_2
اللون	أصفر إلى البني.
لون المخدش	رمادي
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	6- 6.5
الوزن النوعي	4.5- 5
المكسر	غير مستو
الانفصام	جيد
نظام التبلور	معيني قائم
المترافقات الفلزية	بيريت– كوارتز– غالينا– ماغنيتيت- فلدسبات.
المنشأ	هيدروترمالي
مكان وجوده	المكسيك– ألمانيا– الصين- فرنسا- أمريكا.



عينة ماركاسيت من جبال الهارتز- ألمانيا.

الغالينا

اسم الفلز	الغالينا	
المجموعة الفلزية	الكباريتية (السولفيدات)	
التركيب الكيميائي	PbS	
اللون	رمادي- رصاصي- أسود.	
لون المخدش	رمادي	
البريق (اللمعان)	معدني	
القساوة (الصلادة)	3 -2.5	
الوزن النوعي	7.6 -7.2	
المكسر	غير مستو	
الانفصام	تام	
نظام التبلور	مكعبي- ثماني الوجوه	
المترافقات الفلزية	سفاليريت- كالكوبيريت- بيريت - باريت- فلوريت- كالسيت.	
المنشأ	بغماتي- هيدروترمالي	عينة غالينا مع بيريت من ألمانيا.
مكان وجوده	كندا– أمريكا- ألمانيا- النمسا.	



الموليبدينيت



اسم الفلز	الموليبدينيت
المجموعة الفلزية	الكباريتية (السولفيدات)
التركيب الكيميائي	MoS_2
اللون	رصاصي فاتح.
لون المخدش	رمادي قاتم
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	1- 1.5
الوزن النوعي	4.5- 51
المكسر	لا يوجد
الانفصام	تام
نظام التبلور	السداسي
المترافقات الفلزية	كوارتز- ولفراميت- كاسيتيريت– سفاليريت– بيريت- ماغنيتيت.
المنشأ	هيدروترمالي- متحول — عينة موليبدينيت من الإيرتزغيبرغة- ألمانيا.
مكان وجوده	أمريكا– كندا– بريطانيا– السويد– روسيا- أستراليا.

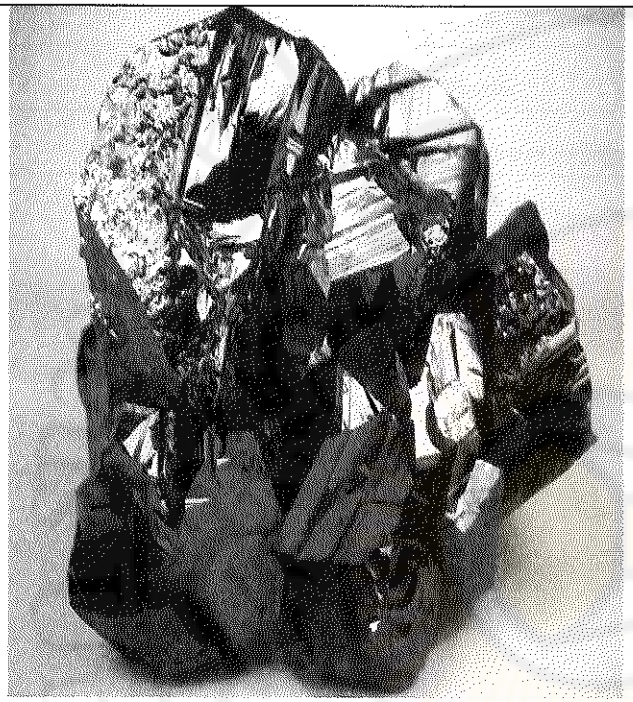
البيريت

اسم الفلز	البيريت
المجموعة الفلزية	الكباريتية (السولفيدات)
التركيب الكيميائي	FeS_2
اللون	نحاسي أصفر باهت.
لون المخدش	أسود مائل للخضرة
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	6- 6.5
الوزن النوعي	4.9- 5.2
المكسر	غير مستو
الانفصام	رديء



نظام التبلور	مكعبي- اثني عشر معيني الوجوه	
المترافقات الفلزية	كوارتز– ميكروكلين– بيوتيت– هيماتيت– ماغنيتيت– روتيل– كالسيت- سفاليريت.	
المنشأ	بغماتي- هيدروترمالي.	عينة بيريت منالإيرتزغيبرغة- ألمانيا.
مكان وجوده	أسبانيا- البرتغال – إيطاليا- أمريكا.	

السفاليريت



اسم الفلز	السفاليريت
المجموعة الفلزية	الكباريتية (السولفيدات)
التركيب الكيميائي	ZnS
اللون	بني- أسود- أصفر- بني مصفر.
لون المخدش	أصفر بني
البريق (اللمعان)	صمغي
القساوة (الصلادة)	4 -3.5
الوزن النوعي	4.2-3.5
المكسر	محاري
الانفصام	تام
نظام التبلور	الرباعي
المترافقات الفلزية	كوارتز- غالينا- بيروتيت– بيريت– ماركاسيت– باريت- فلوريت.
المنشأ	هيدروترمالي عينة سفاليريت مع غالينا وكالسيت من إيطاليا.
مكان وجوده	بولونيا– أمريكا– المكسيك– ألمانيا- روسيا.

الستبنيت

اسم الفلز	الستبنيت
المجموعة الفلزية	الكباريتية (السولفيدات)
التركيب الكيميائي	Sb_2S_3
اللون	رصاصي فولاذي.
لون المخدش	رصاصي فاتح إلى أسود
البريق (اللمعان)	معدني
القساوة (الصلادة)	2
الوزن النوعي	4.7 -4.6
المكسر	غير مستو
الانفصام	تام
نظام التبلور	معيني قائم
المترافقات الفلزية	ذهب– سينابر– غالينا– باريت- كوارتز.
المنشأ	هيدروترمالي
مكان وجوده	اليابان– رومانيا– الصين- أمريكا.



عينة ستبنيت من الصين.

الأراغونيت



اسم الفلز	الأراغونيت
المجموعة الفلزية	كربونات
التركيب الكيميائي	$CaCO_3$
اللون	شفاف- أبيض- أخضر- أصفر - بنفسجي.
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي أو حريري
القساوة (الصلادة)	4 -3.5
الوزن النوعي	3 -2.9
المكسر	شبه محاري
الانفصام	جيد
نظام التبلور	معيني قائم
المترافقات الفلزية	كالسيت– سيروسيت– لاوستونيت– جبس- ألبيت.
المنشأ	هيدروترمالي
مكان وجوده	أسبانيا– أمريكا– المكسيك- المغرب.

عينة أراغونيتمن النمسا.

الأزوريت

اسم الفلز	الأزوريت
المجموعة الفلزية	كربونات
التركيب الكيميائي	$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$
اللون	ازرق فاقع.
لون المخدش	أزرق فاتح
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	4 -3.5
الوزن النوعي	3.9 -3.7
المكسر	غير مستو
الانفصام	تام
نظام التبلور	وحيد الميل
المترافقات الفلزية	مالاكيت– كوبيريت– ليمونيت- كالكوبيريت.
المنشأ	هيدروترمالي- نطاق الأكسدة
مكان وجوده	ألمانيا– فرنسا– بريطانيا– امريكا– أستراليا- المكسيك.



عينة أزوريت من أمريكا.

الماغنيزيت

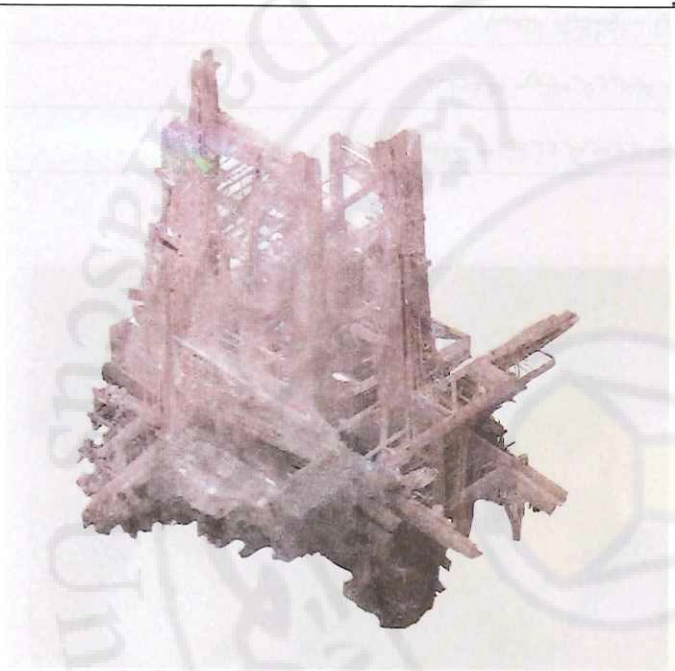


اسم الفلز	الماغنيزيت
المجموعة الفلزية	كربونات
التركيب الكيميائي	$MgCO_3$
اللون	أبيض- أصفر- رمادي- بني محمر.
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	4.5 -3.5
الوزن النوعي	3.1 -2.9
المكسر	محاري
الانفصام	تام
نظام التبلور	الثلاثي
المترافقات الفلزية	بروسيت– كالسيت– أراغونيت– تالك- كلوريت.
المنشأ	هيدروترمالي- متحول
مكان وجوده	كندا–النمسا– إيطاليا– الصين– روسيا- أمريكا.

عينة ماغنيزيت من كندا.

السيروسيت

اسم الفلز	السيروسيت
المجموعة الفلزية	كربونات
التركيب الكيميائي	$PbCO_3$
اللون	شفاف- أبيض- رمادي- أصفر بني.
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	ألماسي
القساوة (الصلادة)	3- 3.5
الوزن النوعي	6.4- 6.6
المكسر	محاري
الانفصام	غير تام
نظام التبلور	المعيني القائم
المترافقات الفلزية	غالينا– باريت- أنغليزيت- سيثونيت.
المنشأ	هيدروترمالي
مكان وجوده	ألمانيا– زامبيا– استراليا- أمريكا.



عينة سيروسيت من استراليا.

الدولوميت

اسم الفلز	الدولوميت
المجموعة الفلزية	كربونات
التركيب الكيميائي	$CaMg(CO_3)_2$
اللون	شفاف- أبيض- رمادي- بني- أخضر - أحمر وردي- أسود.
لون المخدش	رمادي فاتح
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	4 -3.5
الوزن النوعي	2.85
المكسر	شبه محاري
الانفصام	تام
نظام التبلور	الثلاثي

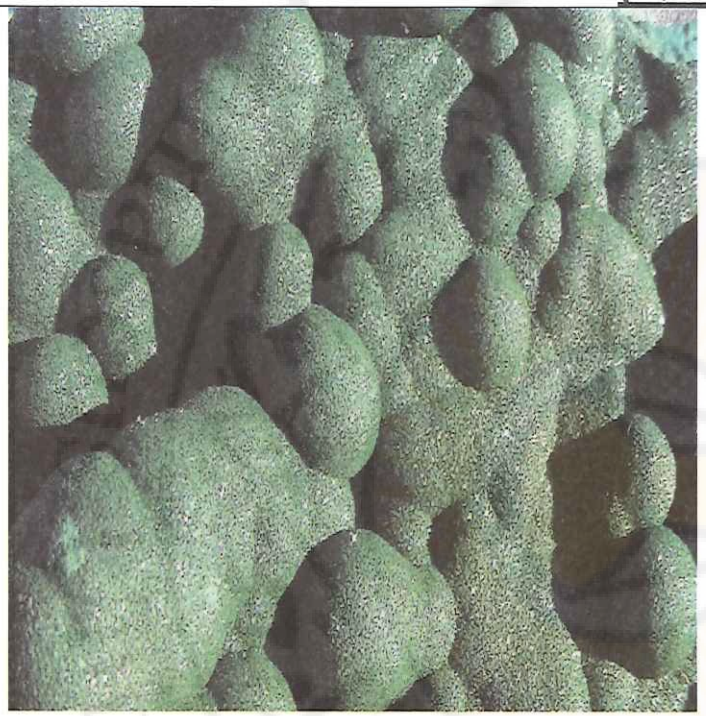
عينة دولوميت من منطقة فرايبورغ - ألمانيا.



المترافقات الفلزية	كالسيت– سيديريت- رودوكروزيت– غالينا- جبس.
المنشأ	رسوبي– هيدروترمالي- متحول.
مكان وجوده	ألمانيا - إيطاليا- النمسا.

المالاكيت(المالاخيت)

اسم الفلز	المالاكيت
المجموعة الفلزية	كربونات
التركيب الكيميائي	$Cu_2CO_3(OH)_2$
اللون	أخضر- أخضر قاتم.
لون المخدش	أخضر فاتح
البريق (اللمعان)	زجاجي أو حريري أو ألماسي
القساوة (الصلادة)	4 -3.5
الوزن النوعي	4.05 -3.6
المكسر	غير مستو
الانفصام	تام
نظام التبلور	وحيد الميل
المترافقات الفلزية	أزوريت– ليمونيت- كوبيريت- كالكوسيت.
المنشأ	نطاق التجوية- هيدروترمالي
مكان وجوده	زائير– فرنسا– روسيا– ألمانيا– شيلي– استراليا– المكسيك– أمريكا- جنوب أفريقيا.



عينة مالاكيت من جنوب أفريقيا.

الكالسيت

اسم الفلز	كالسيت
المجموعة الفلزية	كربونات
التركيب الكيميائي	$CaCO_3$
اللون	شفاف- أبيض- رمادي- أصفر- بني.
لون المخدش	أبيض- رمادي
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	3
الوزن النوعي	2.8 -2.6
المكسر	محاري
الانفصام	تام
نظام التبلور	الثلاثي
المنشأ	رسوبي- هيدروترمالي
المترافقات الفلزية	كوارتز– ميكا– دولوميت- فلزات معدنية أو سولفيدية - أنالسيم.
مكان وجوده	فرنسا– ألمانيا– إيرلندا– بريطانيا– كندا– روسيا– الصين– المكسيك- أمريكا.

عينة كالسيت مع هيماتيت من الصين



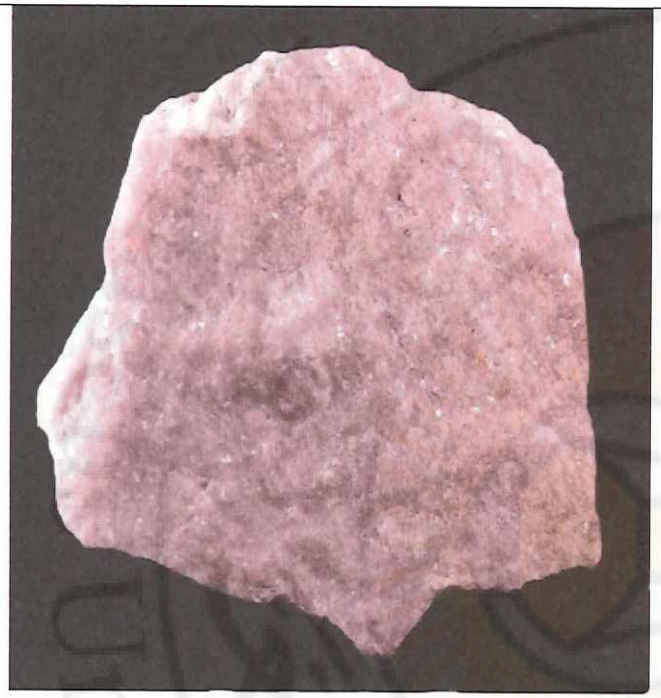
السيديريت

اسم الفلز	السيديريت
المجموعة الفلزية	كربونات
التركيب الكيميائي	$FeCO_3$
اللون	أصفر بني- رمادي- أسود.
لون المخدش	أبيض مصفر
البريق (اللمعان)	زجاجي أو لؤلؤي
القساوة (الصلادة)	4- 4.5
الوزن النوعي	3.7- 3.9
المكسر	غير مستو
الانفصام	تام
نظام التبلور	الثلاثي
المترافقات الفلزية	باريت– كالسيت– غالينا- سفاليريت - كالكوبيريت.
المنشأ	هيدروترمالي
مكان وجوده	النمسا– فرنسا – ألمانيا- التشيك – بريطانيا– اسبانيا- أمريكا.



عينة سيديريت من فرنسا.

الأنهيدريت

اسم الفلز	الأنهيدريت	
المجموعة الفلزية	الكبريتاتية (السولفاتية)	
التركيب الكيميائي	$CaSO_4$	
اللون	شفاف- أبيض- رمادي مائل للزرقة، وردي.	
لون المخدش	أبيض – رمادي فاتح	
البريق (اللمعان)	زجاجي	
القساوة (الصلادة)	3- 3.5	
الوزن النوعي	3	
المكسر	غير مستو	
الانفصام	جيد	
نظام التبلور	معيني مستقيم	
المترافقات الفلزية	دولوميت– جبس– سيلفين– كالسيت.	
المنشأ	رسوبي	عينة أنهيدريت من نيويورك- أمريكا.
مكان وجوده	أمريكا– البرازيل– الصين– إيطاليا– أسبانيا– أستراليا-ألمانيا- البيرو.	

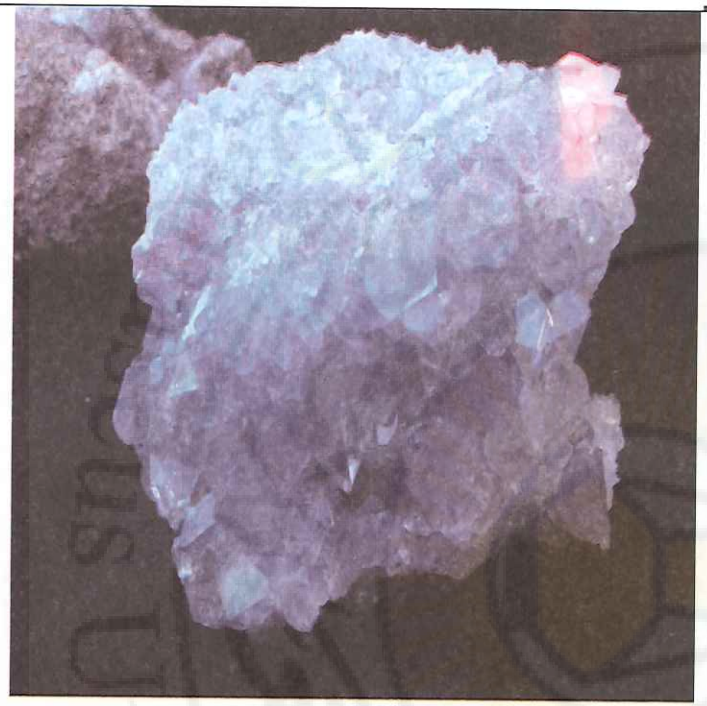
الباريت

اسم الفلز	الباريت
المجموعة الفلزية	الكبريتاتية (السولفاتية)
التركيب الكيميائي	$BaSO_4$
اللون	أبيض- رمادي- أصفر- بني- أزرق.
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	بريق لا معدني
القساوة (الصلادة)	3- 3.5
الوزن النوعي	4.3- 4.6
المكسر	غير مستو
الانفصام	تام
نظام التبلور	المعيني
المترافقات الفلزية	سيروسيت– دولوميت– جيبس– أباتيت- كالسيت.
المنشأ	هيدروترمالي
مكان وجوده	كولومبيا– المغرب- أمريكا.



عينة باريت من هنغاريا.

سلستيت



اسم الفلز	سلستيت
المجموعة الفلزية	الكبريتاتية (السولفاتية)
التركيب الكيميائي	$SrSO_4$
اللون	شفاف أبيض مائل للزرقة أو الحمرة.
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي- لؤلؤي
القساوة (الصلادة)	3- 3.5
الوزن النوعي	3.9- 4
المكسر	غير تام
الانفصام	تام
نظام التبلور	معيني قائم
المترافقات الفلزية	باريت- كالسيت- جبس- دولوميت– هاليت- فلوريت.
المنشأ	هيدروترمالي - رسوبي
مكان وجوده	مصر– المغرب- كولومبيا- أمريكا.

عينة سلستيت من أمريكا.

الجص (الجبس)

اسم الفلز	جص (الجبس)
المجموعة الفلزية	الكبريتات المائية
التركيب الكيميائي	$CaSO_4.2H_2O$
اللون	شفاف- أبيض- رمادي- أصفر- وردي أبيض.
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي- حريري أو لؤلؤي
القساوة (الصلادة)	2
الوزن النوعي	2.3
المكسر	محاري
الانفصام	تام
نظام التبلور	وحيد الميل
المترافقات الفلزية	هاليت- أنهيدريت– دولوميت- كالسيت – كبريت– بيريت- كوارتز.
المنشأ	رسوبي — عينة جص من مدينة هاله - ألمانيا.
مكان وجوده	شائع الانتشار في عدد كبير من الدول.

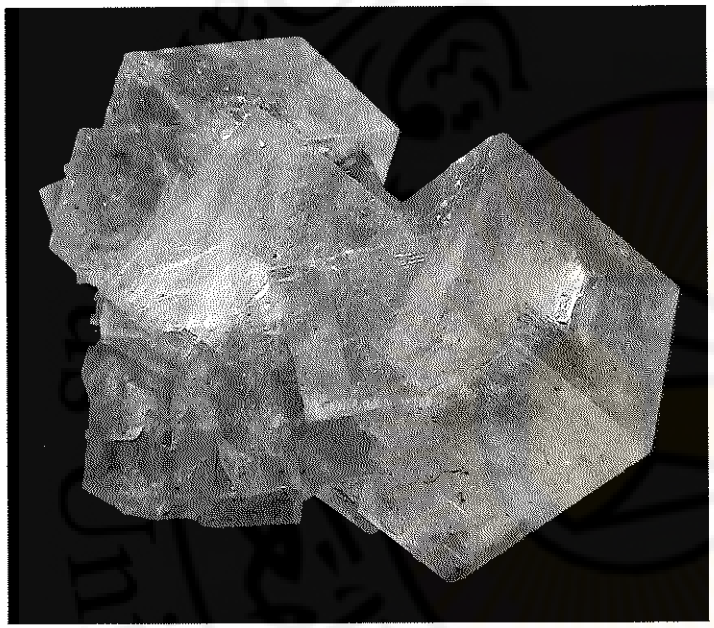


الألومينيت

اسم الفلز	الألومينيت	
المجموعة الفلزية	الكبريتات المائية	
التركيب الكيميائي	$Al_2[(OH)_4\|SO_4] \cdot 4H_2O$	
اللون	رمادي - أبيض ثلجي.	
لون المخدش	أبيض	
البريق (اللمعان)	ترابي	
القساوة (الصلادة)	2 -1	
الوزن النوعي	1.82 -1.66	
المكسر	غير مستو	
الانفصام	رديء	
نظام التبلور	وحيد الميل	
المترافقات الفلزية	جبس- أنهيدريت- بوكسيت.	
المنشأ	رسوبي	عينة ألومينيت من بريطانيا.
مكان وجوده	بريطانيا- أمريكا- كندا - روسيا - أستراليا.	

الهاليت

اسم الفلز	هاليت (ملح الطعام)
المجموعة الفلزية	الهاليدات
التركيب الكيميائي	NaCl
اللون	شفاف- أبيض- وردي-أحمر- أزرق.
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	2
الوزن النوعي	2.2 -2.1
المكسر	غير مستو
الانفصام	تام
نظام التبلور	مكعبي- ثنائي الوجوه
المترافقات الفلزية	سلفين- كارناليت- جبس- تنادريت- بوراكس- أنهيدريت.
المنشأ	رسوبي — عينة هاليت وردي اللون من جبال الهارتز- ألمانيا.
مكان وجوده	ألمانيا - النمسا- استراليا- أمريكا.



السيلفين

اسم الفلز	السيلفين	
المجموعة الفلزية	الهاليدات	
التركيب الكيميائي	KCl	
اللون	شفاف- أحمر أو أزرق أو أصفر.	
لون المخدش	أبيض	
البريق (اللمعان)	زجاجي	
القساوة (الصلادة)	2	
الوزن النوعي	2	
المكسر	غير مستو	
الانفصام	تام	
نظام التبلور	مكعبي- سداسي ثماني الوجوه	
المترافقات الفلزية	هاليت- أنهيدريت- جبس- كارناليت.	
المنشأ	رسوبي	عينة سيلفين - بالقرب من مدينة تكساس- أمريكا.
مكان وجوده	ألمانيا- روسيا- أمريكا- أستراليا.	

السيرارجيريت

اسم الفلز	السيرارجيريت
المجموعة الفلزية	الهاليدات
التركيب الكيميائي	AgCl
اللون	شفاف- رمادي إلى بني
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	شمعي
القساوة (الصلادة)	3 -2
الوزن النوعي	5.5
المكسر	غير مستو - محاري
الانفصام	غير تام
نظام التبلور	مكعبي- سداسي ثماني الوجوه
المترافقات الفلزية	أكانتيت- سيروسيت- كالسيت - باريت.
المنشأ	نطاق التجوية - هيدروترمالي
مكان وجوده	تشيلي- ألمانيا- بوليفيا- البيرو- فرنسا- أمريكا.



عينة سيرارجيريت من ولاية كاليفورنيا - أمريكا.

الفلوريت



اسم الفلز	الفلوريت
المجموعة الفلزية	الهاليدات
التركيب الكيميائي	CaF_2
اللون	بنفسجي- وردي- أزرق- أخضر- أصفر
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	4
الوزن النوعي	3- 3.2
المكسر	محاري
الانفصام	تام
نظام التبلور	مكعبي- سداسي ثماني الوجوه
المترافقات الفلزية	باريت- أباتيت– كالسيت - سفاليريت- غالينا- سيديريت- بيريت.
المنشأ	هيدروترمالي — عينة فلوريت مع كوارتز من الصين.
مكان وجوده	بريطانيا–المكسيك- كندا- الصين- أمريكا.

الأباتيت

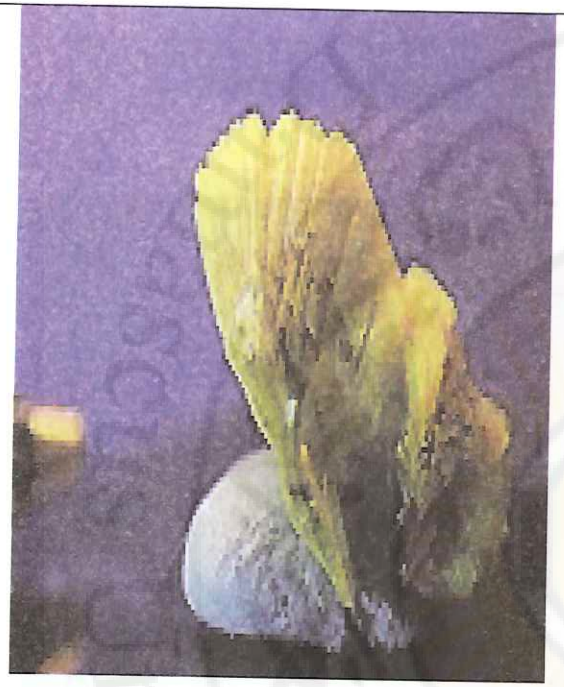


اسم الفلز	أباتيت
المجموعة الفلزية	الفوسفاتية
التركيب الكيميائي	$Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$
اللون	شفاف- أبيض- بنفسجي- أصفر- أخضر- بني- وردي.
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	5
الوزن النوعي	3.2 -3.1
المكسر	محاري أو مستو
الانفصام	غير مكتمل
نظام التبلور	السداسي
المترافقات الفلزية	أكميت- تيتانيت- ماغنيتيت- ألبيت- أندراديت- نيفلين.
المنشأ	مغماتي- بغماتي- متحول
مكان وجوده	كندا- المكسيك- أمريكا.

عينة أباتيت من المكسيك.

الأوتونيت

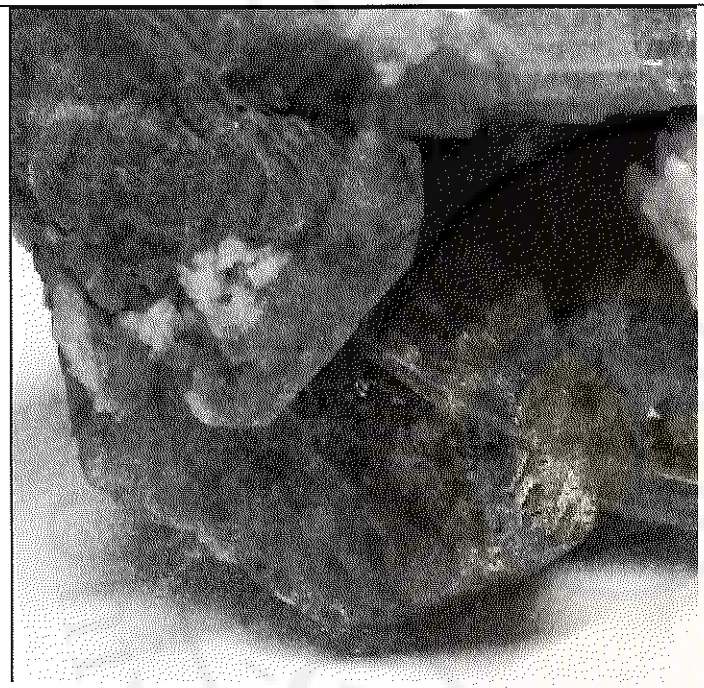
اسم الفلز	الأوتونيت
المجموعة الفلزية	الفوسفاتية
التركيب الكيميائي	$Ca(UO_2)_2(PO_4)_2.10\text{-}12H_2O$
اللون	أصفر ليموني- أصفر مخضر
لون المخدش	أصفر فاتح
البريق (اللمعان)	زجاجي - لؤلؤي
القساوة (الصلادة)	2- 2.5
الوزن النوعي	3.1- 3.2
المكسر	مسنن
الانفصام	موجود
نظام التبلور	ثلاثي
المترافقات الفلزية	توربرنيت- فلوريت– باريت- كوارتز.
المنشأ	بغماتي - هيدروترمالي
مكان وجوده	ألمانيا– فرنسا– زائير- أمريكا.



عينة أوتونيت من زائير.

البرازيليانيت

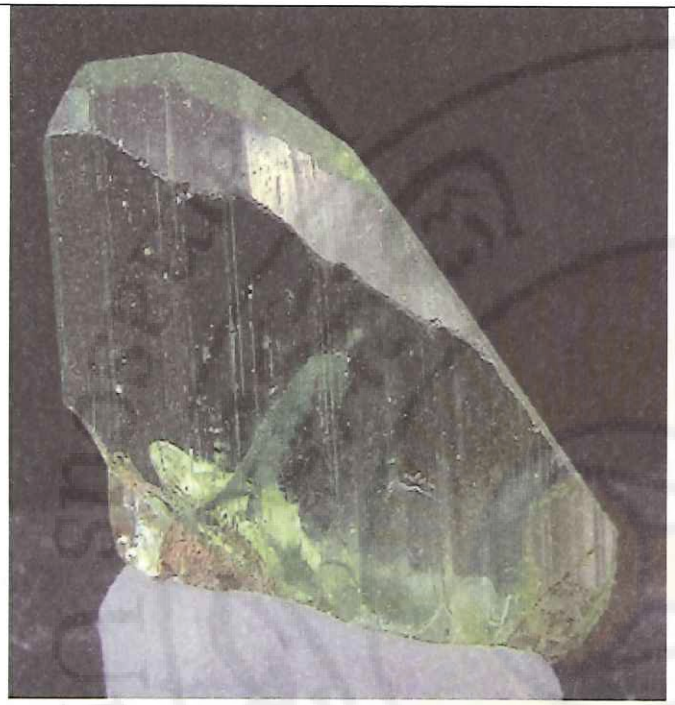
اسم الفلز	البرازيليانيت
المجموعة الفلزية	الفوسفاتية
التركيب الكيميائي	$NaAl_3(PO_4)_2(OH)_4$
اللون	شفاف- أصفر مخضر.
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	5.5
الوزن النوعي	2.98
المكسر	محاري
الانفصام	جيد
نظام التبلور	وحيد الميل
المترافقات الفلزية	أباتيت- كوارتز- تورمالين- واريديت.
المنشأ	بغماتي-هيدروترمالي
مكان وجوده	البرازيل- أمريكا.



عينة برازيليانيت من البرازيل.

الأوليفين

اسم الفلز	الأوليفين (الزبرجد)
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$(Mg,Fe)_2SiO_4$
اللون	أخضر زيتوني قاتم -أخضر- بني.
لون المخدش	أبيض مصفر
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	7 -6.5
الوزن النوعي	3.37 -3.27
المكسر	غير مستو
الانفصام	جيد
نظام التبلور	المعيني القائم
المترافقات الفلزية	بيروكسين– ماغنيتيت– كروميت– سبينيل.
المنشأ	مغماتي
مكان وجوده	كندا- روسيا- إيطاليا- أمريكا- باكستان.



بلورة أوليفين من أمريكا.

الإيبيدوت

اسم الفلز	الإيبيدوت
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$Ca_2(Al,Fe)Al_2O(SiO_4)(Si_2O_7)(OH)$
اللون	أخضر- أصفر- رمادي قاتم- أسود
لون المخدش	رمادي
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	7 -6
الوزن النوعي	3.5 -3.25
المكسر	محاري
الانفصام	تام
نظام التبلور	وحيد الميل



المترافقات الفلزية	هورنبلنده- أباتيت- كوارتز- أوجيت.
المنشأ	متحول – مغماتي- بغماتي
	عينة إيبيدوت من البرازيل.
مكان وجوده	البرازيل– النمسا– بلغاريا– فرنسا– روسيا– النرويج- أمريكا.

الايجرين

اسم الفلز	الايجرين
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$NaFeSi_2O_6$
اللون	أخضر قاتم أو أزرق قاتم أو بني
لون المخدش	أخضر رمادي شاحب
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	6.5 -6
الوزن النوعي	3.6 -3.5
المكسر	غير مستو
الانفصام	غير مكتمل
نظام التبلور	وحيد الميل
المترافقات الفلزية	ألبيت- صوداليت- باريت- كوارتز - نيفلين.
المنشأ	متحول
مكان وجوده	غرين لاند– النرويج- السويد - روسيا- جنوب أفريقيا.



عينة أيجرين من النرويج.

الأوجيت

اسم الفلز	الأوجيت
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$(Na,Ca,Mg,Fe,Ti,Al)_2(Al,Si)_2O_6$
اللون	أخضر- أسود- بني
لون المخدش	رمادي مخضر
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	6 -5
الوزن النوعي	3.6 -3.2
المكسر	محاري
الانفصام	غير مكتمل
نظام التبلور	وحيد الميل

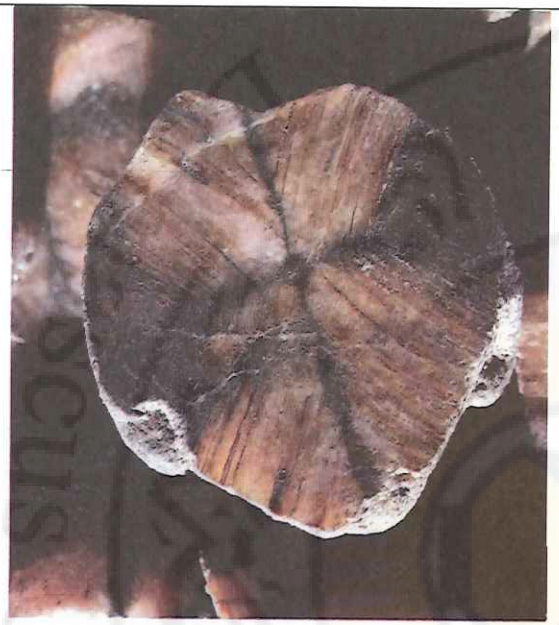


المترافقات الفلزية	هورنبلنده– فلدسبات- بيوتيت- أوليفين.
المنشأ	مغماتي
مكان وجوده	باكستان- كندا- إيطاليا- غرين لاند- أمريكا.

عينات أوجيت من منطقة بوهيميا- التشيك.

الأندالوزيت

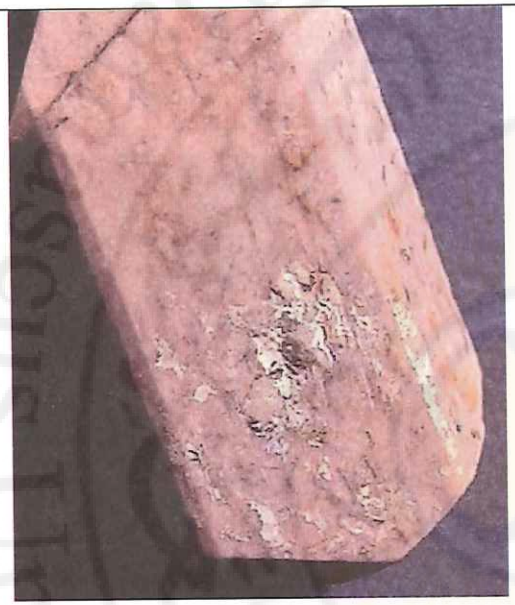
اسم الفلز	أندالوزيت
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	Al_2SiO_5
اللون	أحمر- بني- أخضر زيتوني
لون المخدش	عديم اللون
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	7 -6.5
الوزن النوعي	3.17 -3.13
المكسر	غير مستو
الانفصام	تام
نظام التبلور	معيني قائم
المترافقات الفلزية	كيانيت- سيلليمانيت- كوديريت- كورندوم
المنشأ	متحول
مكان وجوده	إسبانيا– الصين– إيطاليا– أمريكا– البرازيل- أستراليا.



عينة أندالوزيت من أمريكا.

الفلدسبات البوتاسي (الأورثوكلاز)

اسم الفلز	الأورثوكلاز
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$K(AlSi_3O_8)$
اللون	أبيض- سكري - رمادي- لحمي
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	6
الوزن النوعي	2.57
المكسر	محاري
الانفصام	جيد
نظام التبلور	وحيد الميل
المترافقات الفلزية	ألبيت- ميكا- أمفيبول- كوارتز
المنشأ	مغماتي- متحول
مكان وجوده	روسيا– الصين– ألمانيا– المكسيك– أمريكا– الهند- بورما.



عينة أورثوكلاز من ألمانيا.

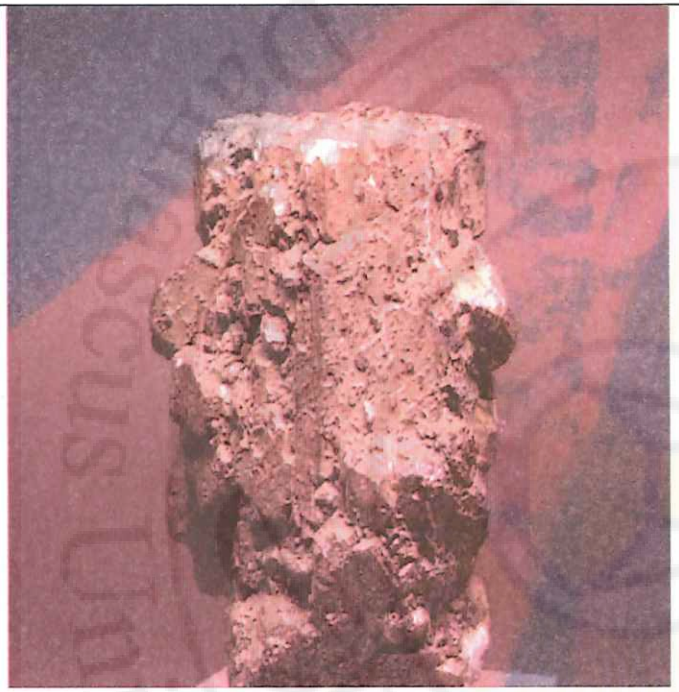
البلاجيوكلاز الصودى (الألبيت)



اسم الفلز	الألبيت
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$Na(AlSi_3O_8)$
اللون	عديم اللون- أبيض- رمادي
لون المخدش	عديم اللون
البريق (اللمعان)	زجاجي أو حريري
القساوة (الصلادة)	6
الوزن النوعي	2.62
المكسر	غير مستو
الانفصام	جيد
نظام التبلور	ثلاثي الميل
المترافقات الفلزية	كوارتز- ميكا- تورمالين- توباز- غارنت- أوجيت- كالسيت- زيوليت.
المنشأ	مغماتي- متحول — عينة ألبيت من ولاية داكوتا الجنوبية- أمريكا.
مكان وجوده	البرازيل– ألمانيا– أمريكا– كندا– النمسا– تنزانيا– فنلندا– ايطاليا- مدغشقر.

البلاجيوكلاز الكلسى (الأنورتيت)

اسم الفلز	الأنورتيت
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$Ca(Al_2Si_2O_8)$
اللون	أبيض-رمادي-أخضر- أزرق- أحمر
لون المخدش	عديم اللون
البريق (اللمعان)	زجاجي أو حريري
القساوة (الصلادة)	6
الوزن النوعي	2.76
المكسر	غيرمستو
الانفصام	جيد
نظام التبلور	ثلاثي الميل
المترافقات الفلزية	كوارتز- ميكا- تورمالين – توباز– غارنت– أوجيت– كالسيت- زيوليت.
المنشأ	مغماتي- متحول عينة أنورتيت من فنلندا.
مكان وجوده	البرازيل– ألمانيا– أمريكا– كندا– تنزانيا- فنلندا- إيطاليا- مدغشقر.



الغروسولار

اسم الفلز	الغروسولار	
المجموعة الفلزية	السليكاتية	
التركيب الكيميائي	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	
اللون	عسلي- بني- برتقالي	
لون المخدش	أبيض	
البريق (اللمعان)	زجاجي	
القساوة (الصلادة)	7.5 -6.5	
الوزن النوعي	3.68 -3.59	
المكسر	محاري	
الانفصام	لا يوجد	
نظام التبلور	مكعبي	
المترافقات الفلزية	ديوبسيد - والاستونيت- ليبيدوكراس.	
المنشأ	متحول	عينة غروسولار من سيبيريا- روسيا.
مكان وجوده	كينيا- جنوب أفريقيا– إيطاليا- كندا – روسيا- المكسيك.	

الكيانيت

اسم الفلز	الكيانيت
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	Al_2SiO_5
اللون	أخضر مزرق- رمادي مخضر
لون المخدش	أخضر باهت
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	7 -5.5
الوزن النوعي	3.67 -3.41
المكسر	غير مستو
الانفصام	تام
نظام التبلور	ثلاثي الميل
المترافقات الفلزية	غارنت–شتاورولیت - ميكا.
المنشأ	متحول
مكان وجوده	أمريكا– البرازيل– سويسرا– النمسا– إيطاليا- الهند.



عينة كيانيت من البرازيل.

المسكوفيت

اسم الفلز	المسكوفيت	
المجموعة الفلزية	السليكاتية	
التركيب الكيميائي	$KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$	
اللون	شفاف عديم اللون- أبيض- زهري	
لون المخدش	عديم اللون	
البريق (اللمعان)	زجاجي- حريري أو لؤلؤي	
القساوة (الصلادة)	2- 2.5	
الوزن النوعي	2.76- 3.1	
المكسر	مرن	
الانفصام	تام	
نظام التبلور	وحيد الميل	
المترافقات الفلزية	كوارتز– كالسيت– سبينيل- غارنت – فلدسبات– أندالوزيت- ألبيت.	
المنشأ	مغماتي- بغماتي- متحول	عينة مسكوفيت من ولاية كولورادو- أمريكا.
مكان وجوده	روسيا– الهند - إيطاليا- كندا- أمريكا- جنوب أفريقيا– سويسرا- اسكتلندا.	

البيوتيت

اسم الفلز	البيوتيت
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$K(Mg,Fe)_3AlSi_3O_{10}(OH)_2$
اللون	أخضر زيتوني قاتم إلى أسود
لون المخدش	عديم اللون
البريق (اللمعان)	زجاجي- حريري
القساوة (الصلادة)	3 -2.5
الوزن النوعي	3.2 -2.8
المكسر	مرن
الانفصام	تام
نظام التبلور	وحيد الميل
المترافقات الفلزية	كوارتز– كالسيت- سبينيل- غارنت - فلدسبات– أندالوزيت- ألبيت.
المنشأ	مغماتي– بغماتي- متحول
مكان وجوده	روسيا– الهند– إيطاليا– كندا- أمريكا – جنوبأفريقيا- سويسرا- اسكتلندا.



عينة بيوتيت من أمريكا.

السيلليمانيت

اسم الفلز	السيلليمانيت
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	Al_2SiO_5
اللون	أبيض رمادي - بني- أخضر - بني
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي- ألماسي
القساوة (الصلادة)	7 -6
الوزن النوعي	3.3 -3.2
المكسر	غير مستو
الانفصام	تام
نظام التبلور	معيني قائم
المترافقات الفلزية	بيوتيت- كوارتز- ألماندين
المنشأ	متحول
مكان وجوده	أمريكا– ألمانيا– النمسا– إيطاليا– البرازيل- جنوب أفريقيا.



عينة سيليمانيت من استراليا.

الشبيسارتين

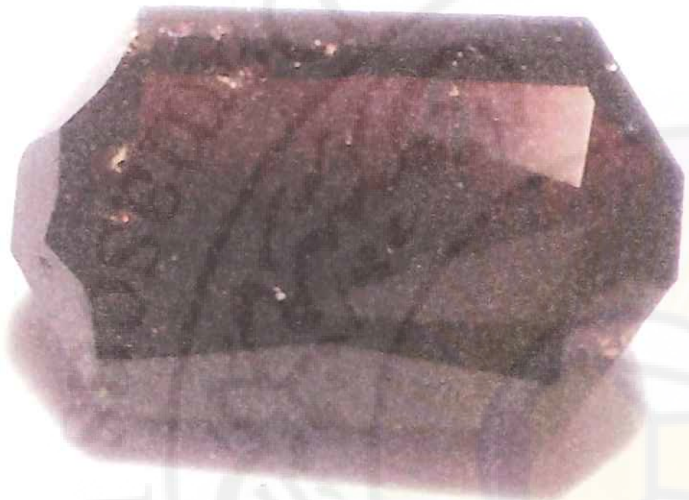


اسم الفلز	الشبيسارتين
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$
اللون	برتقالي محمر- بني أو وردي أو أسود قاتم
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	7- 7.5
الوزن النوعي	4.2 -4.12
المكسر	محاري
الانفصام	لا يوجد
نظام التبلور	مكعبي
المترافقات الفلزية	ألبيت– مسكوفيت– ميكروكلين- كوارتز.
المنشأ	مغماتي– بغماتي- متحول
مكان وجوده	أمريكا– البرازيل– ألمانيا- السويد.

عينة شبيسارتين من ألمانيا.

الشتاورولیت

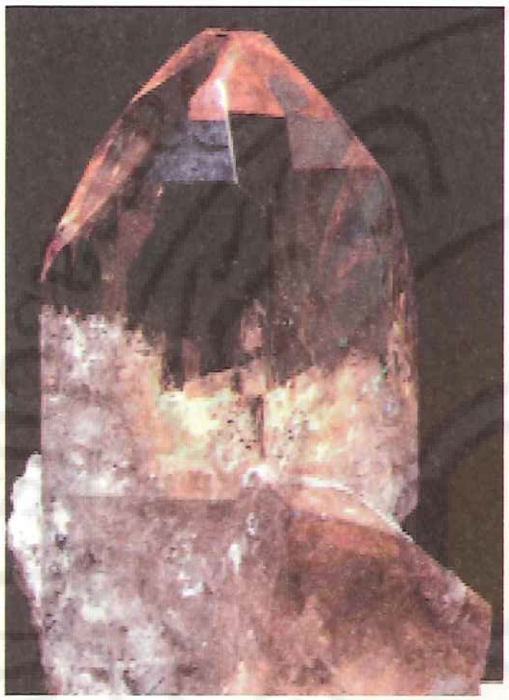
اسم الفلز	الشتاورولیت
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$Fe_2Al_9Si_4O_{22}(OH)_2$
اللون	أصفر بني- أحمر بني- بني آجري - أسود
لون المخدش	بني فاتح
البريق (اللمعان)	صمغي- زجاجي
القساوة (الصلادة)	7- 7.5
الوزن النوعي	3.7- 3.8
المكسر	محاري
الانفصام	غير مكتمل
نظام التبلور	وحيد الميل
المترافقات الفلزية	غارنت– كيانيت– أندالوزيت- كوارتز.
المنشأ	متحول — عينات شتاورولیت من فرنسا.
مكان وجوده	روسيا– النمسا– فرنسا– سويسرا– ناميبيا– سكوتلندا– جورجيا- أمريكا.



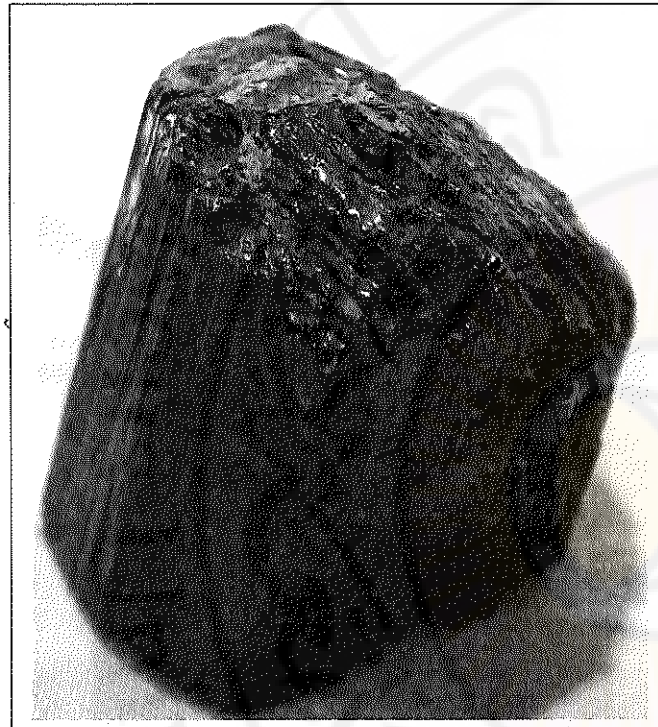
التيتانيت (السفين)

اسم الفلز	تيتانيت (سفين)	
المجموعة الفلزية	السليكاتية	
التركيب الكيميائي	$CaTiSiO_5$	
اللون	بني- أسود- أصفر- رمادي- أخضر	
لون المخدش	أبيض	
البريق (اللمعان)	زجاجي أو ألماسي أو شحمي	
القساوة (الصلادة)	5- 5.5	
الوزن النوعي	3.4- 3.6	
المكسر	محاري	
الانفصام	جيد	
نظام التبلور	وحيد الميل	
المترافقات الفلزية	كلوريت– هورنبلند– روتيل– أباتيت– نيفلين– فلدسبات– كوارتز- كالسيت.	
المنشأ	مغماتي- متحول	عينة تيتانيت (سفين) من سويسرا.
مكان وجوده	إيطاليا- كندا- سويسرا- كندا- روسيا- المكسيك– أمريكا- النمسا.	

التوباز

اسم الفلز	التوباز	
المجموعة الفلزية	السليكاتية	
التركيب الكيميائي	$Al_2(SiO_4)(F,OH)_2$	
اللون	أزرق- أصفر- برتقالي- أخضر- وردي- بنفسجي.	
لون المخدش	أبيض	
البريق (اللمعان)	زجاجي	
القساوة (الصلادة)	8	
الوزن النوعي	3.6 -3.5	
المكسر	محاري	
الانفصام	تام	
نظام التبلور	معيني قائم	
المترافقات الفلزية	ألبيت– كوارتز– بيريل- روتيل.	
المنشأ	مغماتي- هيدروترمالي	عينة توباز من جنوب غرب أفريقيا.
مكان وجوده	روسيا- البرازيل– باكستان– سيريلانكا– ألمانيا– كندا- أمريكا.	

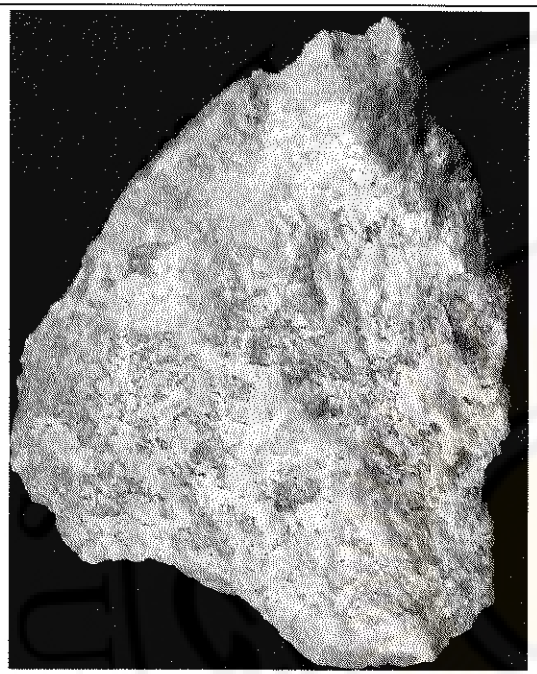
التورمالين



اسم الفلز	التورمالين
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$(Ca,K,Na)(Al,Fe,Li,Mg,Mn)_3$ $(Al,Cr,Fe,V)6(BO_3)_3Si_6O_{18}(O,OH,F)_4$
اللون	أسود- بني محمر- أحمر- وزدي-أصفر- أخضر- بنفسجي
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي- شحمي
القساوة (الصلادة)	7- 7.5
الوزن النوعي	3- 3.3
المكسر	محاري
الانفصام	لا يوجد
نظام التبلور	سداسي
المترافقات الفلزية	كوارتز– سبيدومين– ميكا- فلدسبات - توباز.
المنشأ	مغماتي– هيدروترمالي- متحول
	عينة تورمالين من منطقة الأورال- روسيا.
مكان وجوده	أمريكا– البرازيل– إيطاليا– ألمانيا– المكسيك– باكستان- روسيا.

التالك

اسم الفلز	التالك
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
اللون	رمادي- فضي- أخضر تفاحي
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	لؤلؤي أو حريري
القساوة (الصلادة)	1
الوزن النوعي	2.8 -2.7
المكسر	محاري
الانفصام	جيد
نظام التبلور	وحيد الميل
المترافقات الفلزية	كريزوتيل - سربنتين - كلوريت.
المنشأ	هيدروترمالي — عينة تالك من ألمانيا.
مكان وجوده	إيطاليا - كندا - سويسرا - كندا - روسيا - المكسيك - أمريكا- النمسا.



هيمومورفيت

اسم الفلز	هيميمورفيت
المجموعة الفلزية	السليكاتية
التركيب الكيميائي	$Zn_4Si_2O_7(OH)_2.H_2O$
اللون	شفاف- أبيض- أصفر- أزرق- أخضر
لون المخدش	أبيض
البريق (اللمعان)	زجاجي
القساوة (الصلادة)	5
الوزن النوعي	3.5 -3.4
المكسر	محاري
الانفصام	تام
نظام التبلور	معيني قائم



المترافقات الفلزية	كالسيت- ليمونيت- سيمثونيت.
المنشأ	هيدروترمالي
	عينة هيميمورفيت من النمسا.
مكان وجوده	المكسيك– بريطانيا– زامبيا- أمريكا.

البيريل

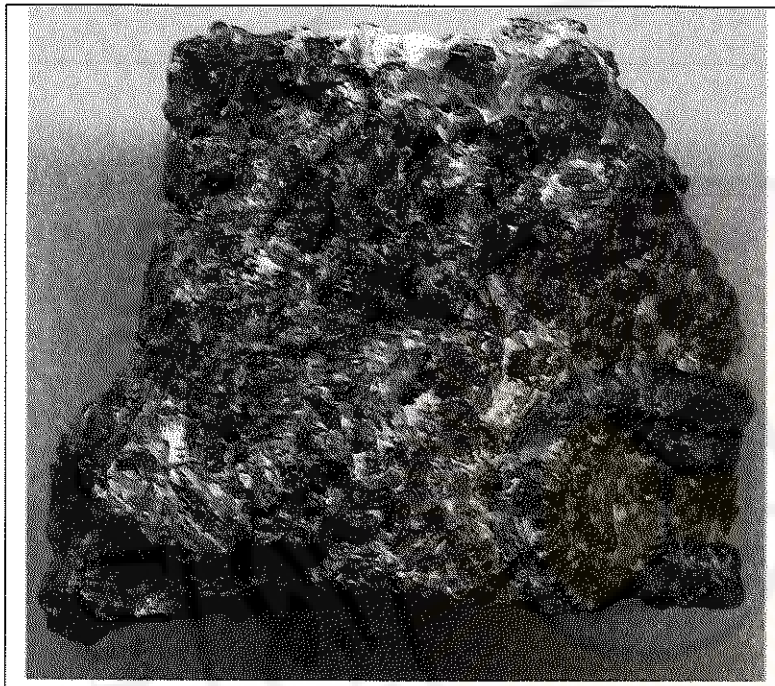
اسم الفلز	بيريل (الزمرد)	
المجموعة الفلزية	السليكاتية	
التركيب الكيميائي	$Be_3Al_2Si_6O_{18}$	
اللون	أخضر مائل للزرقة- أصفر- وردي	
لون المخدش	أبيض	
البريق (اللمعان)	زجاجي	
القساوة (الصلادة)	8 -7.5	
الوزن النوعي	2.92 -2.66	
المكسر	محاري	
الانفصام	غير مكتمل	
نظام التبلور	سداسي	
المترافقات الفلزية	كوارتز– ميكا– ميكروكلين– توباز– كالسيت- فلوريت.	
المنشأ	بغماتي- متحول	عينات بيريل من منطقة الأورال- روسيا.
مكان وجوده	البرازيل– كولومبيا– روسيا– أمريكا- الصين.	

جداول لبعض الصخور مع خصائصها الطبيعية

الدونيت

اسم الصخر: **الدونيت Dunite**	
طبيعة الصخر: مهلي- ناري فوق قاعدي	
المنشأ: عميق	
الكثافة:3.3غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:يتألف صخر الدونيت بشكل رئيس من فلز الأوليفين بنسبة تزيد على 90%، بينما تتألف النسبة المتبقية من فلزي الأورثوبيروكسين والكلينوبيروكسين وأحياناً فلز الكروميت، والماغنيتيت والسبينيل.	
النسيج: خشن.	صخر الدونيت، (عرض العينة 5سم)، العينة مأخوذة من منطقة شتاين مارك- ألمانيا.

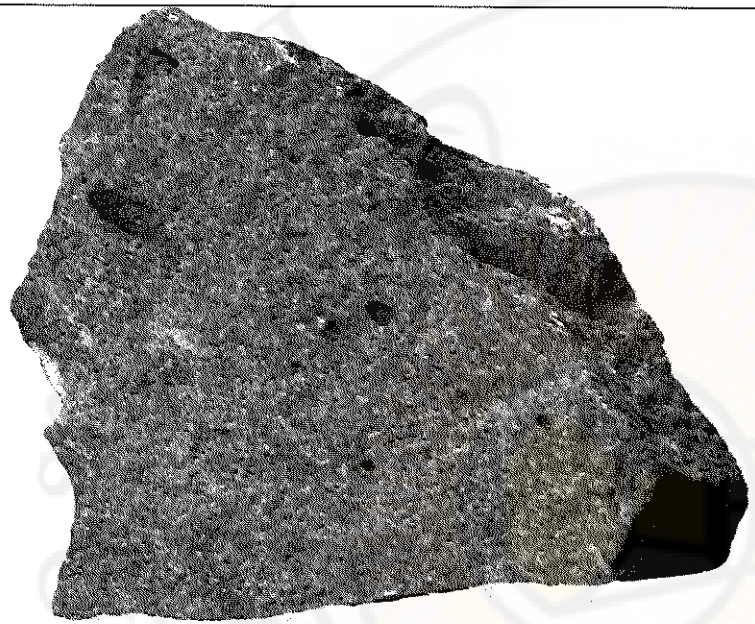
الهارتزبورجيت

اسم الصخر: **هارتزبورجيت Harzburgite**	
طبيعة الصخر: مهلي- ناري فوق قاعدي	
المنشأ:عميق	
الكثافة: 3.1غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:تتألف صخور الهارتزبورجيت بشكل رئيس من فلزي الأوليفين وبنحو 65% والأورثوبيروكسين بنحو 35%.	
النسيج: خشن.	صخر الهارتزبورجيت، (عرض العينة 5سم)، العينة مأخوذة من منطقة جبال الهارتز- ألمانيا.

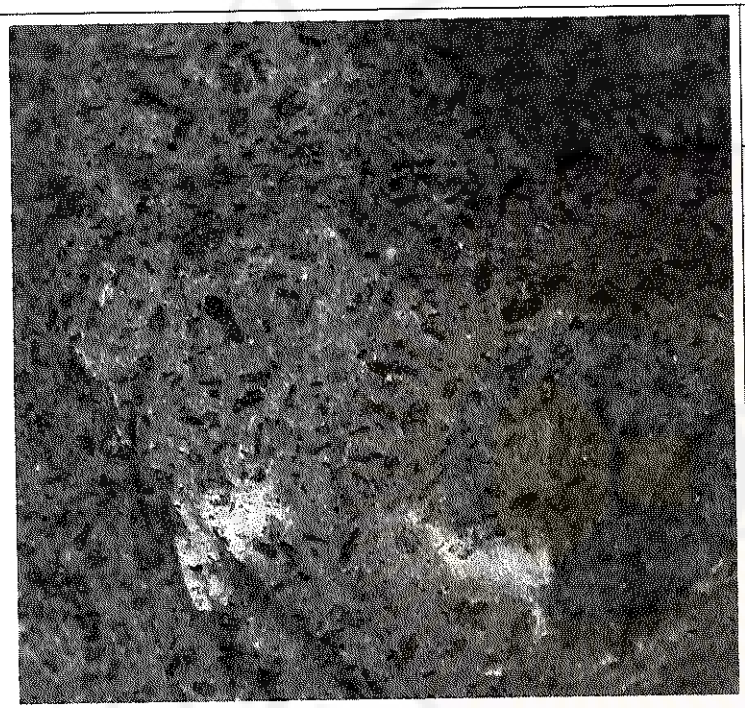
الغابرو

اسم الصخر: **غابرو Gabbro**	
طبيعة الصخر: مهلي- ناري قاعدي	
المنشأ: عميق	
الكثافة: 2.8-3.0 غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:تتألف صخور الغابرو بشكل رئيس من فلزي البلاجيوكلاز الكلسي (اللابرادور) An>50وبنسب تراوح بين 40-70% والبيروكسين بنسب تراوح بين 15-45% وبشكل ثانوي من الأوليفين، الهوربلند، البيوتيت وأحياناً الكوارتز وبعض الفلزات المعدنية مثل الماغنيتيت والهماتيت وأحياناً فلز الأباتيت.	
النسيج: خشن.	عينة لصخر الغابرو، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة الهارتز بورغ - ألمانيا.

البازلت

اسم الصخر: **بازلت Basalt**	
طبيعة الصخر: مهلي- ناري قاعدي	
المنشأ: سطحي	
الكثافة: 2,96غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:تتألف صخور البازلت بشكل أساسي من الفلزات الرئيسة التالية: البيروكسين (ديوبسيد،إنستاتيت، هيبرستين) بنسبة نحو 49% والبلاجيوكلاز(اللابرادور والبيتونيت) بنسبة 44% وبعض الفلزات الثانوية مثل: الأوليفين، الهورنبلند، البيوتيت وأحياناً الكوارتز وبعض الفلزات المعدنية مثل الماغنيتيت بنسبة 7%.	
النسيج: ناعم– فقاعي.	عينة لصخر البازلت، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة فراون بيرغ- جمهورية التشيك.

التفريت

اسم الصخر: **التفريت Tephrit**	
طبيعة الصخر: مهلي- ناري قاعدي	
المنشأ: سطحي	
الكثافة: 2.2-2.4 غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:يتألف صخر التفريت بشكل رئيس من فلزي البلاجيوكلاز(An50-70) والفلدسباتالقلوي من نوع لوسيت و/أو نيفيلين مع بعض الفلزات القاتمة كالأمفيبول والبيروكسيين.	
النسيج:فراغي إلى فقاعي ناعم الحبات.	عينة لصخر التفريت، (عرض العينة 10سم)، العينة مأخوذة من منطقة أوبرروت فيبل- قيصرشتول- ألمانيا.

الدياباز

اسم الصخر: **دياباز (الدولوريت) Dolerite - Diabas**	
طبيعة الصخر: مهلي- ناري قاعدي	
المنشأ: تحت سطحي	
الكثافة: 2.8-2.9غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تتألف صخور الدياباز بشكل أساسي من الفلزات الرئيسة التالية: البيروكسين (ديوبسيد، إنستاتيت، هيبرستين) بنسبة نحو 49% والبلاجيوكلاز(اللابرادور والبيتونيت) بنسبة 44% وبعض الفلزات الثانوية مثل: الأوليفين، الهورنبلند، البيوتيت وأحياناً الكوارتز وبعض الفلزات المعدنيةكالماغنيتيت والهيماتيت بنسب قد تصل لنحو 7%.	
النسيج:أوفيتي Ophitic Texture أو نسيج بورفيري Porphyritic Texture خشن إلى متوسط الحبيبية.	عينة لصخر الدياباز، (عرض العينة 7سم)، العينة مأخوذة من منطقة فيشتل بيرغ- ألمانيا.

الدولوريت

اسم الصخر: **الدولوريت Dolorite**	
طبيعة الصخر: مهلي- ناري قاعدي	
المنشأ: تحت سطحي	
الكثافة: 2.8-2.9غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تتألف الصخور الدولوريتية بشكل أساسي من الفلزات الرئيسة التالية: البيروكسين (ديوبسيد، إنستاتيت، هيبرستين) بنسبة نحو 49% والبلاجيوكلاز(اللابرادور والبيتونيت) بنسبة 44% وبعض الفلزات الثانوية مثل: الأوليفين، الهورنبلند، البيوتيت وأحياناً الكوارتز وبعض الفلزات المعدنية مثل الماغنيتيت بنسبة 7%.	
النسيج:أوفيتي Ophitic Texture أو نسيج بورفيري Porphyritic Texture خشن إلى متوسط الحبيبية.	عينة لصخر الدولوريت، (عرض العينة 6سم)، خشن الحبيبية، العينة مأخوذة من منطقة ميسيغين هاوزن- ألمانيا.

الديوريت

اسم الصخر: **الديوريت Diorite**	
طبيعة الصخر: مهلي- ناري متوسط	
المنشأ: عميق	
الكثافة: 2.8-3.0 غ/سم^3.	
الفزات الرئيسة:تتألف صخور الديوريت بشكل رئيس من الفلزات التالية: بلاجيوكلاز متوسط (أنديزين، أوليغوكلاز) وبنسب تراوح بين 30-60% ومن الهورنبلند بنسب تراوح بين 20-35% وبشكل ثانوي من البيوتيت، البيروكسين والأوليفين وبعض الفلزات المعدنية مثل الماغنيتيت والأباتيت وقد يحتوي على نسبة ضئيلة من الكوارتز.	
النسيج:نسيج ذو حبيبة خشنة وبشكل أقل بنسج بورفيرية خشنة الحبيبة مع بنية كتليه متماسكة Massive Structure.	عينة لصخر الديوريت، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة أودنفالد- ألمانيا.

الأنديزيت

اسم الصخر: **الأنديزيت Andesite**	
طبيعة الصخر: مهلي- ناري متوسط	
المنشأ: سطحي	
الكثافة: 2.5-2.8 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تتألف الصخور الأنديزيتية بشكل رئيس من البلاجيوكلاز المتوسط من نوع أنديزين وتصل نسبة تواجده إلى 41% وفلز البيروكسين أو الأمفيبول أو كليهما بنسبة تصل إلى نحو 31%، وزجاج صخري بنسبة 20%، إضافة لبعض الفلزات الإضافية كالأوليفين، البيوتيت أو الكوارتز.	
النسيج: بورفيري ناعم الحبيبية.	عينة لصخر الأنديزيت، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة ميولين باخ- ألمانيا.

التراكي أنديزيت(لاتيت)

اسم الصخر: **التراكي أنديزيت (لاتيت) ,Trachy Andesite (Latite)**	
طبيعة الصخر: مهلي- ناري متوسط	
المنشأ: سطحي	
الكثافة: 2.3-2.7 غ/سم^3 .	
الفلزات الرئيسة: تحتوي صخور التراكـــــي أنديزيـــت (لاتيت) من الفلزات كتلك الفلزات الموجودة في الصخور الأنديزيتية، إلا أنه يتميز عنها باحتوائه على نوعي الفلدسبات بنسبة متساوية تقريباً، حيث لا تزيد نسبة أحدهما عن ضعف نسبة الآخر.	
النسيج: بورفيري ناعم الحبيبية.	عينة لصخر التراكي أنديزيت، (عرض العينة 9سم)، العينة مأخوذة من منطقة فيرنيغه رودة- ألمانيا.

السيانيت

اسم الصخر: **السيانيت Syenite**	
طبيعة الصخر: مهلي- ناري متوسط	
المنشأ: عميق	
الكثافة: 2.6- 2.8غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تتألف صخور السيانيت بشكل رئيس من الفلزات الرئيسة التالية: فلدسبات قلوي من نوع أورثوكلاز بنسب تراوح بين 50-90% وأمفيبول بنسبة تقل عن 20%، ونسب محدودة لا تزيد عن الـ 5% من فلزات البلاجيوكلاز، البيروكسين،البيوتيت،والكوارتز، إضافة إلى بعض الفلزات الملحقة كالماغنيتيت، الأباتيت، الزركون والسفين.	
النسيج: خشن إلى متوسط الحبيبية.	عينة لصخر السيانيت، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة درزدن- ألمانيا.

التراكيت "التراخيت"

اسم الصخر: **التراكيت" التراخيت"Trachyt**	
طبيعة الصخر: مهلي متوسط	
المنشأ: سطحي، يعد المقابل السطحي لصخر السيانيت	
الكثافة: 2.5-2.8غ/سم^3.	
الفلزاتالرئيسة:تتألف صخور التراكيت بشكل رئيس من الفلدسبات القلوي البوتاسي من نوع السانيدين وبشكل أقل من الفلدسبات القلوي الصودي من نوع الألبيت وبنسب تزيد عن 80%من الحجم الإجمالي للصخر، الأوليغوكلاز بنسبة 10% والأوجيت بنسبة 9% إضافة لبعض الفلزات الملحقة بنسبة تصل إلى 2%. لذلك فقد تم تقسيم الصخور التراكيتية تبعاً لنوع الفلدسبات الذي يحتويه إلى نوعيين هما:التراكيت البوتاسي والتراكيت الصودي.	
النسيج:تراكيتي وتتوضع بلورات الفلدسبات الناعمة متوازية بالنسبة لبعضها بعضاً محيطة بالبلورات البورفيرية الكبيرة بشكل سيلاني.	عينة لصخر التراكيت، (عرض العينة 9سم)، العينة مأخوذة من منطقة زيين غيبيرغه- ألمانيا.

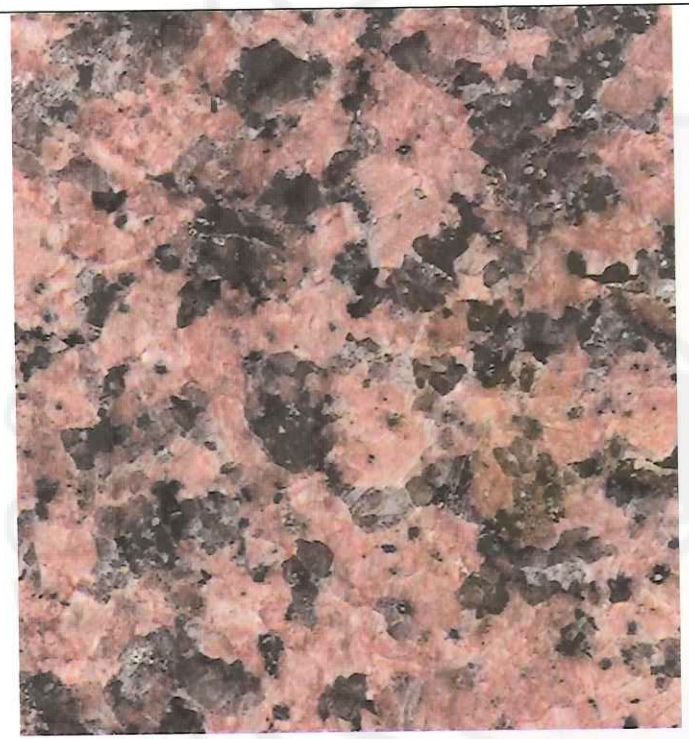
الفونوليت

اسم الصخر: **الفونوليت Phonolite**	
طبيعة الصخر: مهلي متوسط	
المنشأ: سطحي	
الكثافة: 2.5-2.64 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:يتألف بشكل رئيس من الفلدسبات البوتاسي من نوع السانيدين أو بشكل أقل الأنورثوكلاز وفلزات الفلدسباتوئيد بنسبة تزيد عن الـ 10% من الحجم الكلي للصخر وهذا ما يميزه عن الصخور التراكيتية إضافة إلى الفلزات القاتمة كالأمفيبول والبيروكسين القلوي مثل الريبكيت والايجيرين أو الفلزات الإضافية كالسفين والأباتيت والزركون.تقسم الصخور الفونوليتية تبعاً لنوع الفلزات الفلدسباتوئيدية السائدة إلى: فونوليت صودي حيث يكون فلز النيفلين هو الفلز السائد، قد يوجد معه فلزات فلدسباتوئيدية صودية أخرى كالصوداليت والنوزين أو الهاوين وفونوليت بوتاسي حيث يكون فلز اللوسيت هو الفلز السائد.	
النسيج: تراكيتي بورفيري مع حبيبة ناعمة.	عينة لصخر الفونوليت، (عرض العينة 9سم)، العينة مأخوذة من منطقة هوهنغران- ألمانيا.

البغماتيت

اسم الصخر: **البغماتيت Pegmatite**	
طبيعة الصخر: مهلي حمضي	
المنشأ: عميق	
الكثافة: 2.6-2.8 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تحتوي الصخور البغماتية عادةً على تراكيب فلزية مماثلة للتراكيب الفلزية التي تحتويها الصخور الغرانيتة، إلا أنهاغالباً ما تحتوي أيضاً على بعض الفلزات النادرة التي تكون ذات أهمية اقتصادية عالية مثل فلزات: البيريل، التوباز، الزمرد، وعلى بعض المعادن الثمينة والنادرة مثل: الليثيوم والسيزيوم واليورانيوم.	
النسيج: خشن جداً (بغماتي).	صخر بغماتيت مع بلورات التورمالين السوداء، (عرض العينة 8سم)،العينة مأخوذة من منطقة نيكوبينغ - السويد.

الغرانيت

اسم الصخر: **الغرانيتGranite**	
طبيعة الصخر: مهلي حمضي	
المنشأ: عميق	
الكثافة: 2.6-2.8 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:يتكون بشكل رئيس من الفلزات التالية: كوارتز (15-40%)، فلدسبات قلوي (30-65%)، بلاجيوكلاز صودي (An< 30) بنسب <30% وفلزات قاتمة بيوتيت ومسكوفيت تصل نسبة وجودها إلى 10% كما يوجد بشكل ثانوي فلز الهورنبلند وبعض الفلزات الإضافية كالتوباز، التورمالين، الأباتيت، الزركون والسفين. يسمى صخر الغرانيت الغني بفلزي الهورنبلند أو فلز الميكا عادة بالغرانيت الهورنبلندي أو بالغرانيت الميكاوي.	
النسيج:حبيبي خشن Phaneritic Texture.	صخر غرانيت وردي، (عرض العينة 5سم)، العينة مأخوذة من ألمانيا.

الغرانوديوريت

اسم الصخر: **الغرانوديوريت Granodiorite**	
طبيعة الصخر: مهلي حمضي	
المنشأ: عميق	
الكثافة: 2.7غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:يتألف بشكل رئيس من بلاجيوكلاز صودي (An< 30) بنسب تراوح بين 30-50%، فلدسبات قلوي 10-30%، كوارتز 15-30% وبعض الفلزات القاتمة اللون كالهورنبلند والبيوتيت بنسب تراوح بين 5-20%. تتميز الصخور الغرانوديوريت عن الغرانيتية باحتوائها على كميات أكبر من البلاجيوكلاز تزيد عن كميات الفلدسبات القلوي، ومع زيادة نسبة البلاجيوكلاز فإن نسبة الفلزات القاتمة كالهورنبلند والبيوتيت تزداد.	
النسيج:حبيبي خشن Phaneritic Texture.	صخر غرانوديوريت، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة فيسن تال، شفارتزفالد - ألمانيا.

الريوليت

اسم الصخر: **الريوليت Rhyolite، (أطلق على صخور الريوليت سابقاً أسم صخر الكوارتز- بورفيري أو الكوارتز- كيراتوفير).**	
طبيعة الصخر: مهلي حمضي	
المنشأ: سطحي، يمثل المقابل السطحي لصخرالغرانيت.	
الكثافة: 2.5-2.8 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة: يماثل صخر الريوليت بتركيبه الفلزي صخر الغرانيت مع التأكيد بأن الفلدسبات السائد هو فلدسبات بوتاسي التركيب ويتألف بشكل رئيس من الفلدسبات القلوي بنسب تصل لحوالي 47% و من الأوليغوكلاز بنسبة 15% وكوارتز بنسبة 34% إضافة لفلز البيوتيت بنسبة 4% وبنسبة أقل فلز الهيماتيت وفلز الماغنيتيت.أحياناً قد تزيد نسبة البلورات الفلزية الكبيرة(الفينوكرست)عن الـ10% فيسمى الصخر عندئذ بالريوليت البورفيريPorphyritic Rhyolite	
النسيج: يتمتع إما بنسيج حبيبي ناعم إلى مجهري Aphanitic Texture أو بنسيج بورفيري حيث تتوزع بلورات الفلدسبات القلوي أو البلاجيوكلاز أو الكوارتز الكبيرة نسبياً في أرضية مجهرية المكونات الفلزية أو حتى زجاجية.	عينة ريوليت، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة بادكرويتسناخ - ألمانيا.

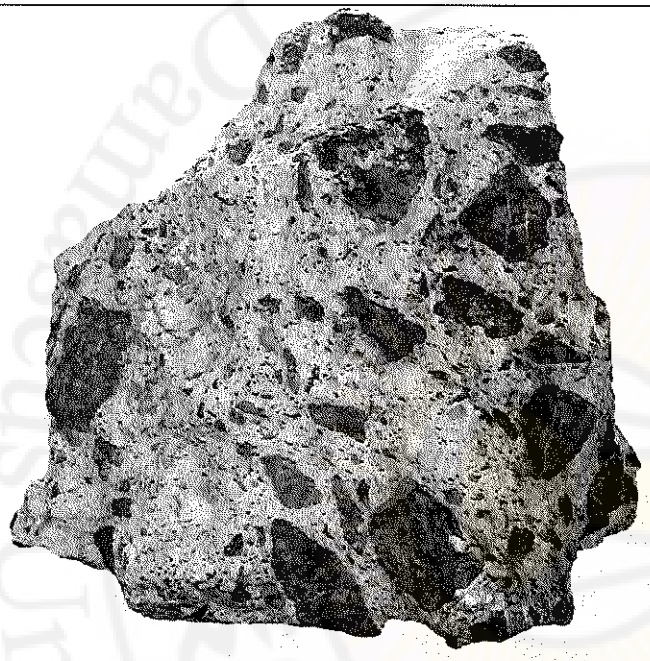
الداسيت

اسم الصخر: **الداسيت Dacite**	
طبيعة الصخر: مهلي متوسط	
المنشأ: سطحي ويعد المقابل السطحي للكوارتز ديوريت.	
الكثافة: 2.5-2.8 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:يتشابه صخر الداسيت بتركيبه الفلزي مع صخر الريوليت وينطبق عليه كل ما فيه عدا أن الفلدسبات السائد هنا هو الفلدسبات صودي التركيب وتبلغ نسبة وجوده ضعف نسبة وجود الفلدسبات البوتاسي على الأقل.	
النسيج: بورفيري وحبيبة ناعمة.	عينة داسيت،(عرض العينة 11سم)، العينة مأخوذة من منطقة أنقرة- تركيا.

الكونغلوميرا

اسم الصخر: **الكونغلوميرا Conglomerates**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: ميكانيكي (حطامي)	
الكثافة: 2.30غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تتكون صخور الكونغلوميرات من قطع صخرية مستديرة إلى بيضوية الشكل، متباينة المقاييس(رمل، حصى، جلاميد..)، متنوعة وتختلف عن بعضها من ناحية التركيب والمصدر، تجتمع هذه القطع بواسطة مادة جامعة Matrix متباينة التركيب الكيميائي سليسية، كربوناتية أو حديدية.	
النسيج: حبيبي خشن.	عينة صخر الكونغلوميرات، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة كارميللين بيرغ- ألمانيا.

البريشيا

اسم الصخر: **البريشيا Breccia**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: ميكانيكي (حطامي)	
الكثافة: 2.30غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:قطع صخرية زاوية الشكل (رمل، حصى، جلاميد..)وتختلف عن بعضها من ناحية التركيب والمصدر، تجتمع هذه القطع بواسطة مادة جامعةMatrixمتباينة التركيب الكيميائي سليسية، كربوناتية أو حديدية.	
النسيج: حبيبي خشن.	عينة صخر البريشيا،(عرض العينة 5سم)، لعينة مأخوذة من منطقة كارميللين بيرغ - ألمانيا.

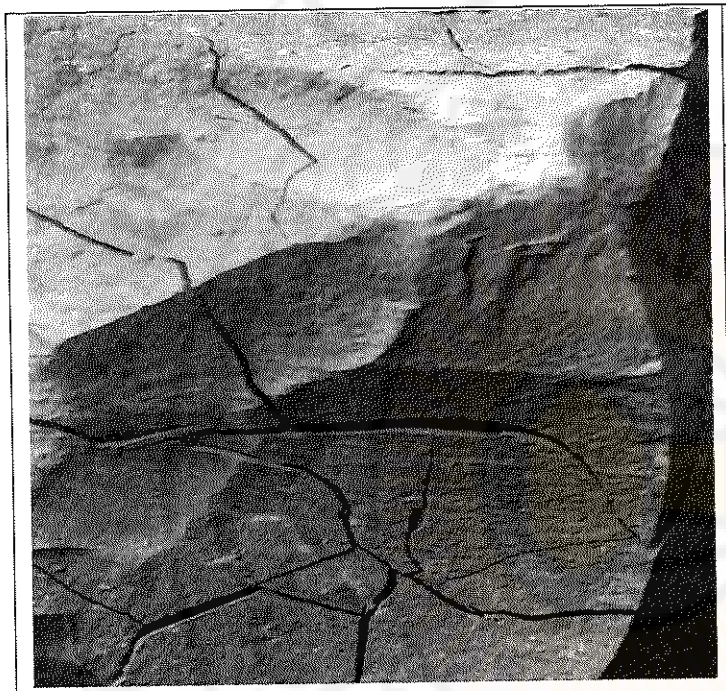
الرمال والصخور الرملية

اسم الصخر: **الرمال و الصخور الرملية Sands and Sandstone**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: ميكانيكي (حطامي)	
الكثافة: 2.6غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة: يتألف من حبيبات الكوارتز يجمعها ملاط جيري أو حديدي أو سيليسي وقد يحتوي الحجر الرملي على نسب متفاوتة من فلزات الفلدسبات، فإذا وصلت نسبتها إلى 25% سمي الصخر بالحجر الرملي الأركوزي وإن زادت عن الـ25% سمي بالأركوز Arkose ، وأما إذا كانت حبيبات الصخر زاوية الشكل وتحتوي على نسبة عالية من فلزات الفلدسبات والكوارتز ومتوضعة على أرضية غنية بالفلزات القاتمة كالكلوريت والهورنبلند والبيوتيت سمى الصخر عندئذ بالغريواك Graywacks.	
النسيج: حبيبي خشن إلى متوسط.	عينة صخر رملي، (عرض العينة 8سم)، العينة مأخوذة من منطقة أوست لوثر- ألمانيا.

الصخور الطينية

اسم الصخر: **الصخور الطينية Mudstone**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: ميكانيكي (حطامي)	
الكثافة: 2.60-2.65 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تتألف الصخور الطينية من تجمع الحبيبات الرسوبية الحطامية ناعمة المقاييس التي لا تزيد أبعادها عن 1/16مم، وتعد الفلزات الغضارية مثل الكاولينيت والمنتمورلينيت والإيليت والكلوريت من أهم مكوناتها الفلزية بالإضافة لوجود نسبة محدودة من الكوارتز والميكا والفلدسبات والكالسيت وبعض المواد العضوية. عندما ترتفع نسبة كربونات الكالسيوم في الصخور الطينية إلى 50% يتكون لدينا صخر جيري طيني أو ما يسمى بصخور المارن.	
النسيج: حبيبي ناعم.	عينة صخرطيني، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة هوردورف - ألمانيا.

الصخور المارلية أو المارنية

اسم الصخر: **المارل أو المارن Marl**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: ميكانيكي (حطامي)	
الكثافة: 2.60-2.65 غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:صخور رسوبية مختلطة، غير ثابتة التركيب، تتألف بشكل رئيس من مواد جيرية إضافة لمواد طينية غضارية متباينة النسب، وقد تكون المركبة الجيرية ذات أصل ميكانيكي حطامي أو كيميائي أو حتى عضوي إضافة لذلك قد تتكون من الكالسيت أو الأراغونيت أو الدولوميت، أما بالنسبة للمواد الغضارية فهي أيضاً متباينة التركيب وتتألف من مجموعة من الفلزات الغضارية متباينة النوع والنسبة.	
النسيج: حبيبي ناعم.	عينة صخرالمارل، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة هوردورف - ألمانيا.

الصخور الرسوبية الكلسية (الجيرية)

اسم الصخر: **صخور رسوبية كلسية (جيرية) Calcareous Sedimentary Rocks**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: كيميائي المنشأ	
الكثافة: 2.6-2.9 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تتألف الصخور الرسوبية الكلسيةLimestoneبشكل رئيس من كربونات الكالسيوم على شكل فلز الكالسيت غالباً وبشكل أقل على شكل فلز الأراغوانيت وبنسبة تزيد عن الـ50%، كما تحتوي على نسب متفاوتة من الشوائب كالرمل أو الغضار أو أكاسيد الحديد.	
النسيج: بيوضي.	عينة صخر كلسي بيوضي، (عرض العينة 5سم)، العينة مأخوذة من منطقة نيدر ساكسن- ألمانيا.

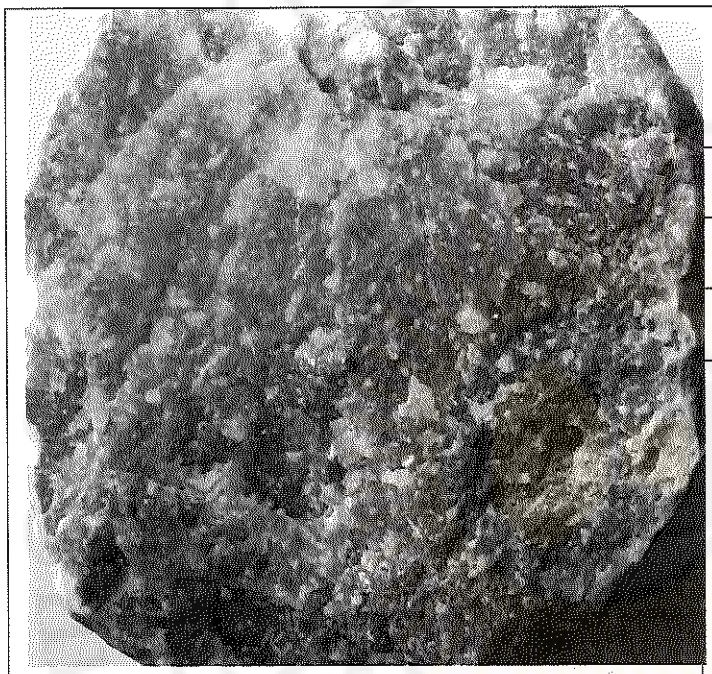
الدولوميت

اسم الصخر: **صخور دولوميتيةDolomites Rocks Or Dolostone**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: كيميائي المنشأ	
الكثافة: 2.6-2.9 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة: وتتألف بشكل رئيس من فلز الدولوميت(كربونات الكالسيوم و المغنيزيوم)$Mg\text{-}Ca(CO_3)_2$، لذا تتميز عن الصخور الجيرية الكلسية بزيادة وزنها النوعي وارتفاع قساوتها.	
النسيج:حبيبي متوسط.	عينة صخر دولوميتي، (عرض العينة 5سم)، العينة مأخوذة من منطقة شلييرن- ألمانيا.

الصخور الجصية

اسم الصخر: **الصخور الجصية Gypsum Rocks**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: كيميائي المنشأ	
الكثافة: 2.1-2.2 غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:تتألف الصخور الجصية "الجبسية" بشكل رئيس من فلز الجص$CaSO_4.2H_2O$	
النسيج: كتلي أو ليفي أو صفائحي أو حتى أبري.	عينة صخر جصي، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة أوستررودە- ألمانيا.

الصخور الأنهيدريتية

اسم الصخر: **صخور الأنهيدريت Anhydrite Rocks**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: كيميائي المنشأ	
الكثافة: 2.3-3.0 غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:تتألف الصخور الأنهيدريتية بشكل أساسي من فلز الأنهيدريت $CaSO_4$.	
النسيج: كتلية ذات حبيبة ناعمة إلى دقيقة التبلور.	عينة صخر الأنهيدريت، (عرض العينة 6سم)،العينة مأخوذة من منطقة الهارتز- ألمانيا.

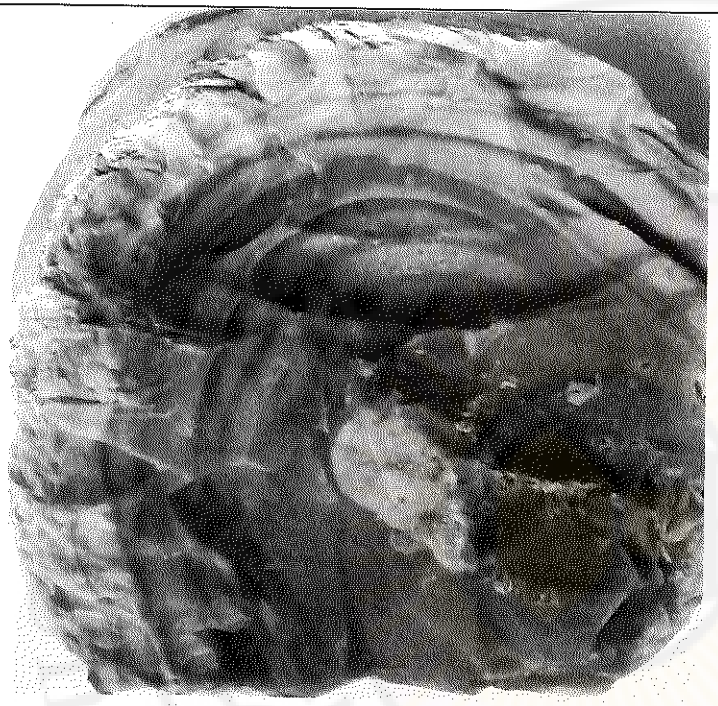
صخور ملح الطعام

اسم الصخر: **صخور ملح الطعام Salt Rocks**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: كيميائي المنشأ	
الكثافة: 2.1-2.2 غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:تتكون بشكل رئيس من فلز الهاليت NaCl الذي يلي بتشكله وترسبه فلزي الجص والأنهيدريت نتيجة استمرارية تبخر مياه البحر.	
النسيج: كتلي.	عينة صخر ملح الطعام، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة تورينغن - ألمانيا.

صخور الأوبال

اسم الصخر: **الأوبال، الصخور الرسوبية السليسية Siliceous Sedimentary Rocks**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: كيميائي المنشأ	
الكثافة: 2.2-2.3 غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:تعدفلزات الأوبال والكالسيدوان والكوارتز من الفلزات الرئيسة المكونة لها.	
النسيج: كتلي.	عينة صخر الأوبال، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة الهارتز- ألمانيا.

الصخور الصوانية

اسم الصخر: **الصوانهو أحد أنواع الصخور الرسوبية السليسية Siliceous Sedimentary Rocks**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: كيميائي المنشأ	
الكثافة: 2.6- 2.62غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:تعدفلزات الأوبال والكالسيدوان والكوارتز من الفلزات الرئيسة المكونة لها.	
النسيج: كتلي.	عينة صخر الصوان، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة الهارتز- ألمانيا.

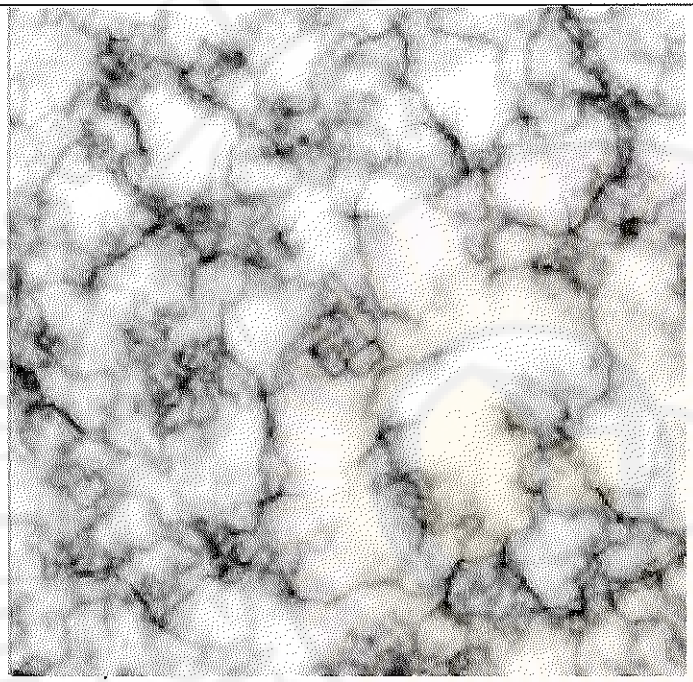
الصخور الكلسية القوقعية

اسم الصخر: **الصخور الكلسية القوقعية Coguina** طبيعة الصخر: رسوبي المنشأ: عضوي الكثافة: متباينة الفلزات الرئيسة:تتشكل من تجمع وتراكم الهياكل والقواقع أو الأصداف الحيوانية كلسية التركيب وتتميز بمساميتها العالية وضعف تماسكها. النسيج: متباين.	 عينة صخر جيري عضوي،(عرض العينة 5سم)، العينة مأخوذة من منطقة تورينغن - ألمانيا.

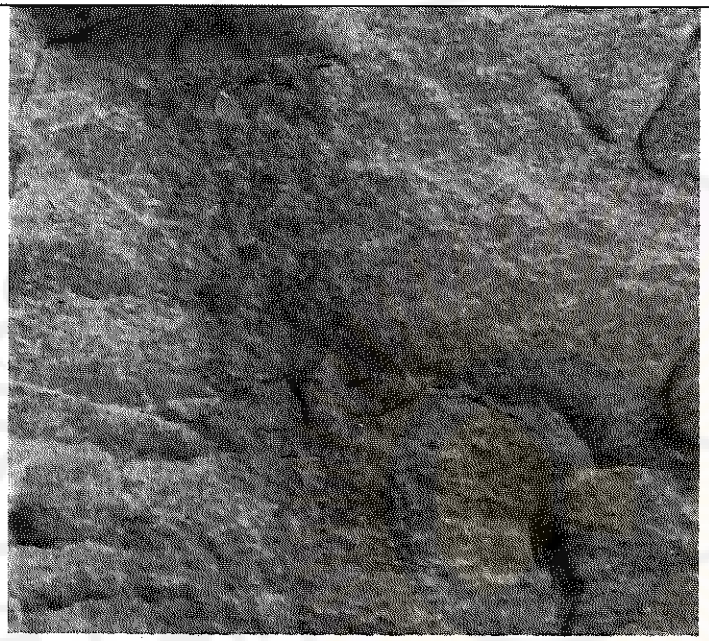
الصخور العضوية نباتية المنشأ

اسم الصخر: **الصخور العضوية نباتية المنشأ Organic Origin Plant**	
طبيعة الصخر: رسوبي	
المنشأ: عضوي	
الكثافة:منخفضة 2.2غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:فحم الأنتراسيت.	
النسيج: كتلي.	عينة فحم الأنتراسيت، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة لانغن بروكه- ألمانيا.

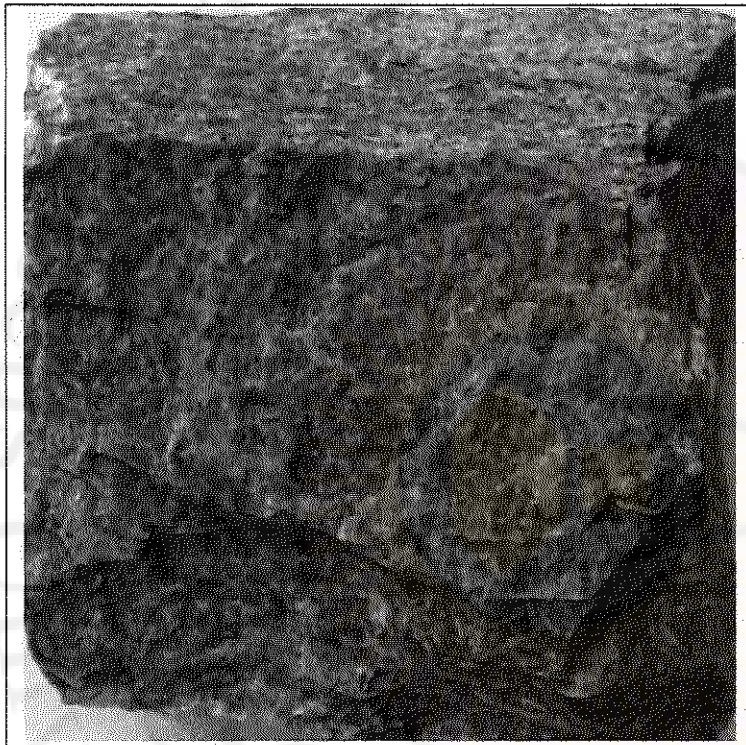
الرخام

اسم الصخر: **الرخام Marble**	
طبيعة الصخر: متحول	
المنشأ: تحول إقليمي	
الكثافة: 2.6-2.9 غ/سم^3	
الفلزات الرئيسة:يتألف بشكل رئيس من فلز الكالسيت أو الدولوميت وبنسب حجمية تزيد عن 80% من حجمه الكلي ويحتوي على نسب بسيطة من فلز الكوارتز والفلدسبات والبيوتيت والمسكوفيت والفلوغوبيت والهورنبلند والغرافيت وأحياناً البيريت.	
النسيج: كتلي.	عينة صخر الرخام،(عرض العينة 5سم)، العينة مأخوذة من منطقة فيشتل برغ - ألمانيا.

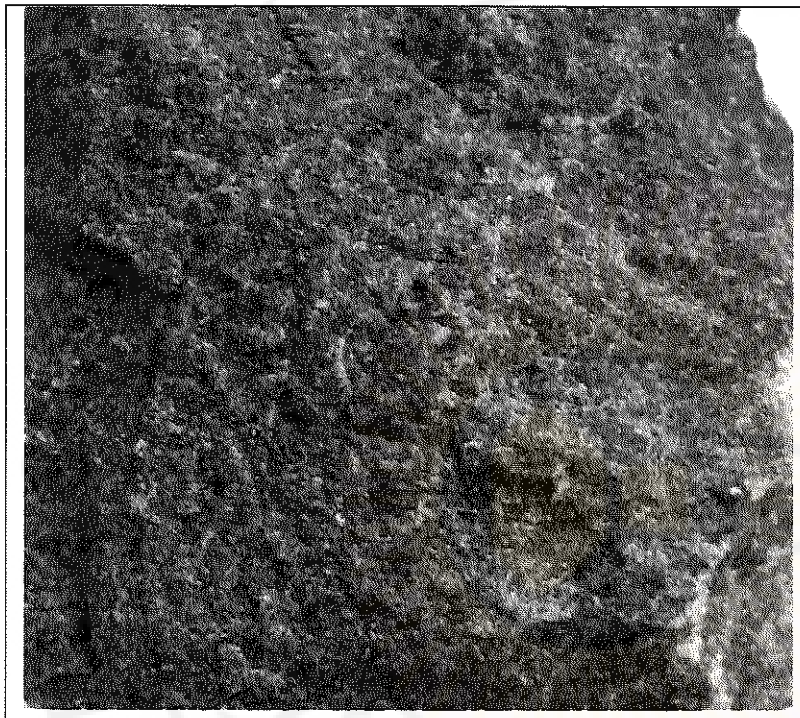
الكوارتزيت

اسم الصخر: **الكوارتزيت Quarzite**	
طبيعة الصخر: متحول	
المنشأ: تحول إقليمي	
الكثافة: 2.6-2.7 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تتألف بشكل رئيس أصلاً من فلز الكوارتز وبنسبة تزيد عن 90% من الحجم الكلي للصخر، وقد يدخل في تركيبها بعض الفلزات الأخرى مثل : الميكا، الغرينا، الديستين، الإيبيدوت، إضافة لبعض الأكاسيد الفلزية كالماغنيتيت والهيماتيت وذلك بنسب ضئيلة ومحدودة.	
النسيج: حبيبية متوسطة إلى خشنة المقاييس.	عينة صخر الكوارتزيت،(عرض العينة 5سم)، العينة مأخوذة من منطقة أكر بروخ برغ – ألمانيا.

الصخور الغرانوليتية

اسم الصخر: **الغرانوليت Granulite**	
طبيعة الصخر: متحول	
المنشأ: تحول عالي الدرجة	
الكثافة: 2.6-3.0غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تتألف صخور الغرانوليت بشكل رئيس من: (الفلدسبات القلوي والبلاجيوكلاز)، إضافة لفلز الكوارتز وفلزي البيروكسين والغارنت.	
النسيج: غرانوبلاستي إلى موزائيكي.	عينة صخر الغرانوليت، (عرض العينة 5سم)، العينة مأخوذة من منطقة روث فاين- ألمانيا.

الهورنفلس

اسم الصخر: **الهورنفلس Hornfels**	
طبيعة الصخر: متحول	
المنشأ: تحول التماسي	
الكثافة: 2,7 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تتألف بشكل رئيس من الفلزات التالية: غارنت من نوع (غروسولار أو أندرديت)، ولاستونيت، إيبيدوت، فيزوفان وديوبسيد.	
النسيج: كتلي.	عينة صخر الهورنفلس، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة نيو شتات - سويسرا.

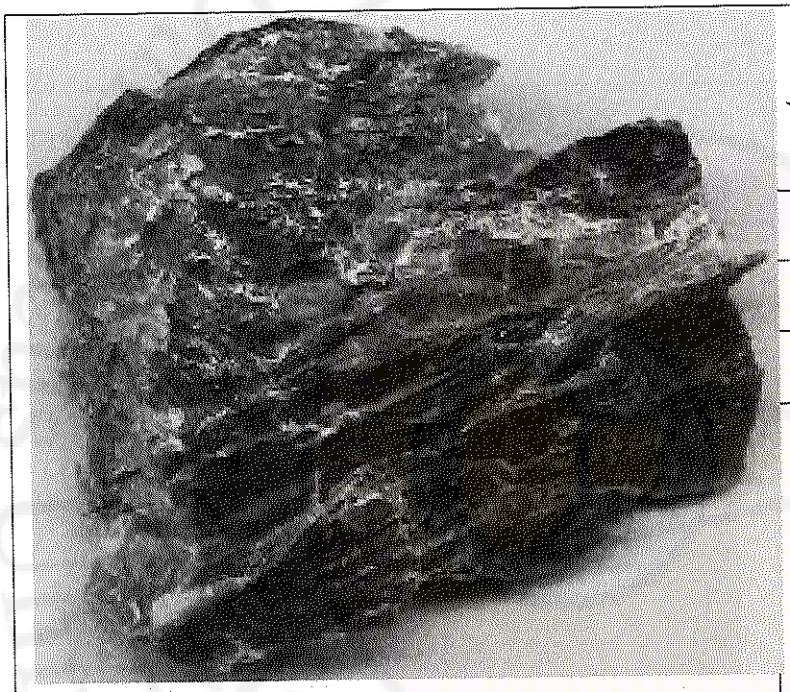
الأمفيبوليت

اسم الصخر: **الأمفيبوليت Amphibolite**	
طبيعة الصخر:متحول	
المنشأ: تحول متوسط إلى عالي الدرجة	
الكثافة: 3.2غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:يتألف بشكل رئيس من فلزي البلاجيوكلاز والهورنبلند وبشكل ثانوي من فلز الكوارتز، والبيوتيت، والايبيدوت، والغارنت، والماغنيتيت، البيروكسين والكلوريت وبشكل نادر من الروتيل والسفين.	
النسيج: كتلي أو أحياناً متورق، ناعم إلى متوسط وأحياناً خشن الحبيبية.	عينة صخر الأمفيبوليت ، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة كوفر برغ - ألمانيا.

الايكلوجيت

اسم الصخر: **الايكلوجيت Eclogites**	
طبيعة الصخر:متحول	
المنشأ: تحول عالي الدرجة	
الكثافة: 3.3 غرام/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:يتألف بشكل رئيس من فلزي البروكسين بنسبة تراوح بين 5-50% من حجم الصخر الكلي والغارنت بنسبة تراوح بين 50-90% من الحجم الكلي للصخر، وبشكل ثانوي من فلز الكوارتز والأمفيبول والديستين والمسكوفيت والزيوسيت والروتيل.	
النسيج:كتلي.	عينة صخر ايكلوجيت، (عرض العينة 5سم)، العينة مأخوذة من منطقة بايرن - ألمانيا.

صخر الحية- السربنتينيت

اسم الصخر: **السربنتينيت Serpentinite يسمى أيضاً بحجر الصابون Soapstone**	
طبيعة الصخر: متحول	
المنشأ: تحول إقليمي	
الكثافة: 2.6-2.8 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:يتألف بشكل رئيس من مجموعة فلزات السربنتين"ليزارديت،أنتيغوريت وكريزوتيل"مع بعض الفلزاتلكربوناتية وبعض الأكاسيد الفلزية المهمة وتشكل مرافق لفلزي البروسيت والتالك.	
النسيج: كتلي يبدي أحياناً بعض التورق.	عينة صخر السربنتينيت، (عرض العينة 6سم)، العينة مأخوذة من منطقة فيرنيغة رودة - ألمانيا.

صخور الشيست

اسم الصخر: **الشيست Schist**	
طبيعة الصخر:متحولة	
المنشأ: تحول إقليمي	
الكثافة:2.6-2.8 غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تتألف بشكل رئيس من الفلزات التالية: الكلوريت، المسكوفيت، البيوتيت، التالك، الهوربلند إضافة لبعض الفلزات الثانوية مثل: الكوارتز والغرينا أو الفلدسبات.	
النسيج: متورق، متوسط الحبيبية.	عينة صخر بيوتيت شيست، (عرض العينة 5سم)، العينة مأخوذة من منطقة جبال الألب- ألمانيا.

الغنايس

اسم الصخر: الغنايسGneiss	
طبيعة الصخر: متحول	
المنشأ: تحول إقليمي	
الكثافة:بين 2.6-3غ/سم^3.	
الفلزات الرئيسة:تتألف صخور الغنايس بشكل رئيس من فلزي الفلدسبات (غالباً من نوع أورثوكلاز) والكوارتز، إضافة لبعض الفلزات الثانوية مثل:المسكوفيت، البيوتيت، والهورنبلند والكورديريت والديستين والغارنت والسلليمانيت والستاورولیت، إضافة لبعض الفلزات الإضافية كالماغنيتيت والإيبيدوت والأباتيت والزركون والسفين.	
النسيج: متورق، متوسط إلى خشن الحبيبية.	عينة صخر غنايس مع بلورات نامية من الفلدسبات القلوي، (عرض العينة 5سم)،العينة مأخوذة من السويد.


وقل رب زدني علما
Damascus University

جدول المصطلحات العلمية

A	
Accessories Minerals	فلزات إضافية
Acidic Rocks	صخور حمضية
Adamantine Luster Minerals	فلزات ذات بريق ألماسي
Agate	آغات (عقيق)
Aggregates	تجمعات
Aggregate Crystal	تجمعات بلورية
Albite	ألبيت
Alkaline taste	مذاق قلوي
Allochromatic Minerals	فلزات متغيرة اللون
Alluvial	طميي
Almandine	ألماندين
Amethyste	أميتيست
Amorphic	غير متبلورة
Amphiboles	أمفيبول
Amygdaloidal texture	النسيج اللوزي
Andalusite	أندالوزيت
Andesine	أنديزين

Angles	زوايا- ذروات
Anhedral Crystal	بلورة غير نامية
Anhydrite	أنهيدريت
Anthracite	أنتراسيت
Aragonite	أراغونيت
Apatite	أباتيت
Argilite	غضار صلب(صلصال)
Argile	غضار
Arkose	أركوز
Arsenice	زرنيخ
Arsenopyrite	أرسينوبيريت
Augite	أوجيت
Axes	محاور
Axis of Symmetry	محور تناظر
Axial Symmetry Types	أنماط تناظر محورية
Azorite	أزوريت
B	
Barite	باريت
Basalt Rock	صخر البازلت
Bauxite	بوكسيت
Beryl	بيريل
Biogenesis	منشأ عضوي

Biotite	بيوتيت
Bitter Taste	مذاق مر
Bornite	بورنيت
Boulder	جلمود
Breccia	بريشيا
Bronzite	برونزيت
Brucite	بروسيت
C	
Calcareous	كلسي
Calcareous tuff	طف كلسي
Calcite	كالسيت
Carbonate	الكربونات
Carbonisation	تفحم
Carnallite	كارناليت
Cartography	علم الخرائط
Cassiterite	كاسيتيريت
Cement	ملاط
Center of Symmetry	مركز تناظر
Cerussite	سيروسيت
Chalcedony	كالسيدوني
Chalcopyrite	كالكوبيريت
Chalk	حوار

Chemical Composition	التركيب الكيميائي
Chemically Formed	المنشأ الكيميائي
Chemical Recombination	إعادة التنظيم الكيميائي
Chemical Replacement	الاستبدال الكيميائي
Chert	الشيرت (الصوان)
Chlorite	كلوريت
Chromite	كروميت
Cinnabar	سينابر
Classification	تصنيف
Clay	غضار
Clay Minerals	فلزات الغضار
Clay schist	شيست غضاري
Clay stone	حجر غضاري
Cleavage	التشقق (الانفصام)
Cleavage Planes	مستويات الانفصام
Color	اللون
Combinative Form	شكل مركب
Co-ordinates Axes	محاور إحداثية
Copper	نحاس
Conglomerate	الكونغلوميرات
Contact or Thermal Metamorphism	التحول التماسي أو الحراري
Conical Projection	الإسقاط المخروطي
Contour Lines	خطوط "منحنيات" التسوية الكونتورية

Corals	المرجانيات
Corundum	كورونـدوم
Covellite	كوفيليت
Crystals	البلورات
Crystallographic Axes	المحاور البلورية
Crystal Symmetry Axes	محاور التناظر البلوري
Crystal Symmetry Center	مركز التناظر البلوري
Crystal Symmetry Planes	مستويات التناظر البلورية
Crystallography	علم البلورات
Crystals Form	أشكال البلورات
Crystals Symmetry	تناظر البلورات
Crystal Systems	منظومات التبلور
Cube	مكعب
Cubic	مكعبي
Cubic System	المنظومة المكعبة
Cuprite	كوبيريت
Cyclosilicates	سيليكات حلقية
D	
Dacite	داسيت
Detrital	حطامي
Detritic	حطامي(فتاتي)
Detritus	حطاميات
Diagenesis	التصـخر

Diamond	ألماس
Diaspore	الدياسبور
Diatoms	المشطورات (الياتومي)
Diopside	ديوبسيد
Diorite	ديوريت
Dolomite	دولوميت
Dolomitic	دولوميتي
Dolomitization	دلمته
Density	الكثافة
Determination	تعيين أو تقدير
Dunite	دونيت
Dykes	قواطع
Dynamic Metamorphism	التحول الديناميكي
E	
Edges	أضلاع
Edges of Crystal	أضلاع بلورية
Earthy	ترابي
Earthy Or Dull Luster Minerals	فلزات ذات بريق ترابي أو مطفئ
Elastic	مرن
Enstatite	أنستاتيت
Epiclastic	حطامي رسوبي
Epidote	إبيبدوت
Equator	خط الاستواء
Euhedral Crystal	بلورة مكتملة النمو

F	
Face	وجه
Facies	سحنات
Fayalite	فاياليت
Feldspar	فلدسبات
Feldspathic	فلدسباتي
Felsic rocks	صخور حمضية
Flint	الصوان " ظر"
Fluorescence	الفلورة
Fluorite	فلوريت
Foliation Texture	نسيج الصفائحي المتورق
Foliated Metamorphic Rock	الصخور المتحولة المتورقة
Formation	تشكيل – تكون
Fraction scale	مقياس رسم كسري
Fracture	المكسر
Fracture Conchoidal	مكسر محاري (صدفي)
Fracture Hackly	مكسر مسنن
G	
Gabbro Rock	صخر الغابرو
Galena	غالينا
Garnet	غارنت
Geographic Coordinate System	نظام الإحداثيات الجغرافية
General	عامة
General Forms	أشكال عامة

Geological Maps	خرائط جيولوجية
Geometry Crystal	هندسة البلورات
Gibbsite	جبسيت
Gipsum	جبس (جص)
Glassy Or Vitreous Luster Minerals	فلزات ذات بريق زجاجي
Glaukonite	غلوكونيت
Goethite	غوتيت
Gold	ذهب
Grain	حبة
Granite Rock	صخر الغرانيت
Graphite	غرافيت
Granodiorite	غرانوديوريت
Granular	حبيبي
Graphic scale	مقياس رسم بياني
Gravel	حصى
Graywcke	غرواك
Greasy Luster Minerals	فلزات ذات بريق شحمي أو صمغي
Greenwich	خط غرينتش
Groundmass	أرضية
Growth of Crystals	نمو البلورات
GrowthTheory	نظرية النمو
Gaseous phase	الطور الغازي
Gypsum	الجبس

H	
Habit	الشكل ، المظهر
Halite	هاليت
Hardness	القساوة (الصلادة)
Hedra	وجه (باللغة الإغريقية)
Heavy mineral	فلزات ثقيلة
Hematite	هيماتيت
Hexagonal Prism	موشور سداسي
Hexagonal System	المنظومة السداسية
Homogeneous Crystals	بلورات متجانسة
Homogeneousness	تجانس
Hornblende	هورنبلند
Hornfels	هورنفلس
Horizon	أفق
Hydration	تميه
Hydrothermal Solutions	المحاليل المائية الحارة
Hypershene	هيبرستين
I	
Idiochromatic Minerals	فلزات ثابتة اللون
Igneous rocks	صخور نارية
Illite	إيليت
Ilmenite	إيلمينيت
Illuvial	ترسيبي
Intermediate Rocks	صخور متوسطة
Intrusive rocks	صخور متداخلة

Isotropic	متماثل الخواص في كافة الاتجاهات
Iron	حديد
J	
Jasper	جاسبر (اليشب)
K	
Kaolinite	كاولينيت
Kyanite	كيانيت
L	
Labradorite	لابرادوريت
Laminated Structure	بنية صفائحية
Land	أرض
Latitude	خط العرض
Lava	اللابا- الحمم الصهارية المتدفقة
Legend	مفتاح (دليل) الخارطة
Leucite	لوسيت
Limestone	الحجر الكلسي
Limonite	ليمونيت
Lithoclastic	حطامي صخري
Lithosphere	الغلاف الصخري
Loam	طمي ، لومي
Longitude	خط الطول
Liquid phase	الطور السائل
Luminescence	التألق
Luster	البريق

M	
Mafic rocks	صخور قاعدية
Magma	الصهارة السليكاتية (الماغما)
Magnetic Properties	الصفات المغناطيسية
Magnetite	ماغنيتيت
Malachite	مالاكيت
Manganite	مانغانيت
Manganese	منغنيز
Maps	خرائط
Map Index	دليل (مفتاح) الخارطة
Marble	رخام
Marcasite	ماركاسيت
Marl	مارل ، مارن
Marlston	حجر المارلي
Massive	كتلي
Matrix	أرضية
Metallic Luster Minerals	فلزات ذات بريق معدني
Metallic Ores	الخامات المعدنية
Metamorphic	متحول
Metamorphic Faces	سحنات التحول
Metamorphic Rocks	الصخور المتحولة
Minerals	الفلزات
Microcline	ميكروكلين

Mineralization	تمعدن
Molybdenite	موليبدينيت
Monazite	مونازيت
Monoclinic System	منظومة وحيدة الميل
Monocrystals	بلورة منفردة
Monohedron	وحيد الوجه
Mottling	التبرقش
Mudstone	
Mud	وحل
Muscovite	مسكوفيت
N	
Nephilene	نيفلين
O	
Obsidian	أوبسيديان
Odor	الرائحة
Oligoclase	أوليغوكلاز
Olivine	أوليفين
Opal	أوبال
Opaque Minerals	فلزات قاتمة (معتمة)
Organic	عضوي
Organic carbon	كربون عضوي
Organic matter	مادة عضوية
Organically Formed	المنشأ العضوي

Organogenesis	عضوي المنشأ
Orientation	توجيه
Orpiment	أوربيمينت
Orthoclase	أورثوكلاز
Orthorhombic System	المنظومة المعينية المستقيمة
Outcrops	متكشف طبقة
Oxidation	أكسدة
Oxides and Hydroxides Minerals	مجموعة الفلزات الأكسيدية والهيدروكسيدية
P	
Particle	حبيبة
Pearly Luster Minerals	فلزات ذات بريق لؤلؤي
Pebbles	حصى
Phosphorescence	الفسفرة
Plagioclase	بلاجيوكلاز
Plane	مستوى
Plane Symmetry	مستوى تناظر
Plane Symmetry Types	أنماط تناظر مستوية
Pseudchromatic Minerals	فلزات كاذبة اللون
Prism	موشور
Prismatic	موشوري
Progressive Metamorphism	تحولاً تقدمياً
Pyrite	بيريت

Pyrolusite	بيرولوزيت
Pyrope	بيروب
Pyroxene	بيروكسين
Q	
Quartz	كوارتز (مرو)
Quartzite	كوارتزيت
R	
Rhombic	معيني
Rhombohedral System	المنظومة معينية الوجوه
Rhyolite Rock	صخر الريوليت
Realgar	ريالغار
Recrystallization	إعادة التبلور
Relative scale	مقياس رسم نسبي
Rohmbohedron	معيني الوجوه
Regional Metamorphism	التحول الإقليمي
Rock	صخر
Rosaquartz	كوارتز وردي
Rutile	روتيل
S	
Salt	ملح
Sample	عينة
Sand	رمل
Sandston	حجر رملي
Sandy	رملي

Saturation	إشباع
Scale	مقياس الرسم
Scheelite	شيلليت
Secondary	ثانوي
Sedimentary	رسوبي
Sedimentary Rocks	الصخور الرسوبية
Siderite	سيديريت
Similar Forms	أشكال متماثلة
Silty	سلتي أو غريني
Slit	غبار،غرين
Silver	فضة
Slate	شيست الألواح الحجرية
Solutions	محاليل
Sphalerite	سفاليريت
Stibnite	ستبنيت
Streak	المخدش
Specific Gravity	الكثافة النوعية (الوزن النوعي)
Spinel	سبينيل
Streak	مخدش
Structure	بنية
Subhedral Crystal	بلورة منقوصة النمو
Sulphur	كبريت

Sylvine	سلفين
Symbols	رموز
Symmetrical	تناظري
Symmetry	تناظر
Symmetry Axis	محور تناظري
Symmetry Center	مركز تناظر
Symmetry Elements	عناصر تناظر
Symmetry Group	مجموعة تناظرية
Symmetry Plane	مستوي تناظر
Symmetry Systems	منظومات التناظر
Symmetry Types	أنماط التناظر
Symmetry Variety	نوع التناظر
T	
Talc	تالك
Taste	المذاق
Tektosilicates	الفلزات السليكاتية الشبكية
Tetragon	رباعي أضلاع (مربع)
Tetragonal	مربعي
Tetragonal Prism	موشور مربعي
Tetragonal System	المنظومة الرباعية
Tetrahedron	رباعي الوجوه
Texture	نسيج
Texture Rocks	النسيج الصخري

Tin	قصدير
Topaz	توباز
Topographic Maps	خرائط طوبوغرافية
Tourmaline	تورمالين
Trachyte Rock	صخر التراكيت
Trachytic texture	نسيج تراكيتي
Translucent Minerals	فلزات نصف شفافة
Transparency	الشفافية
Transparent Minerals	فلزات شفافة
Triclinic System	المنظومة ثلاثية الميل
Trigonal System	المنظومة المثلثية
Tuff	طف
Types	أنماط
Types of Metamorphism	أنماط التحول
Types of Symmetry	أنماط التناظر
Typical Crystals	بلورات نموذجية
U	
Uraninite	أورانيتيت
V	
Vesicular texture	النسيج الفقاعي
Vitroclastic	حطام بركاني
Vivianite	فيفيانيت
Volcanic	بركاني

W	
Weathering	تجوية
Wolframite	ولفراميت
Z	
Zircon	زيركون
Zones	نطاقات
Zonal	نطاقي

Damascus University

اللجنة العلمية

الأستاذ الدكتور: ميخائيل معطي

الأستاذ الدكتور: محمد أنور محفوظ

الأستاذ الدكتور: سليم حميد

المدقق اللغوي

الأستاذة الدكتورة: منى طعمـــــة

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University