

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الكيمياء



مذكرة مقدمة ضمن متطلبات استكمال نيل شهادة ماستر أكاديمي

في الكيمياء

التخصص: كيمياء تحليلية

من إعداد الطالبتين: محمدي أماني وكباس أسماء

بعنوان

دراسة التركيب الكمي والكيفي والبنوي للأحجار الطينية والصخرية لمنطقة الاغواط

نوقشت علنا يوم: 2023/06/12

أمام لجنة المناقشة

الصفة	المؤسسة	الرتبة	الأستاذ
رئيسا	جامعة قاصدي مرباح-ورقلة	أستاذ محاضر أ	هادف الدراجي
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح-ورقلة	أستاذ محاضر أ	مخلفي طارق
مقررا	جامعة قاصدي مرباح-ورقلة	أستاذ محاضر أ	زنخري لويزة
مساعد مشرف	جامعة قاصدي مرباح-ورقلة	أستاذ محاضر أ	زروقي حياة
مدعو	جامعة قاصدي مرباح-ورقلة	طالب دكتوراه	بن عزيزة غنية

السنة الجامعية: 2022/ 2023

الإهداء

قال تعالى "وَقَضَىٰ رَبُّكَ أَلَّا تَعْبُدُوا إِلَّا إِيَّاهُ وَبِالْوَالِدَيْنِ إِحْسَانًا إِمَّا يَبُلُغَنَّ عِنْدَكَ الْكِبَرَ أَحَدُهُمَا أَوْ كِلَاهُمَا فَلَا تَقُلْ لَهُمَا أُفٍّ وَلَا تَنْهَرْهُمَا وَقُلْ لَهُمَا قَوْلًا كَرِيمًا * وَخَفِضْ لَهُمَا جَنَاحَ الذُّبَابِ مِنَ الرَّحْمَةِ وَقُلْ رَبِّ ارْحَمْهُمَا كَمَا رَبَّيَانِي صَغِيرًا" صدق الله العظيم.

أهدي ثمرة جهدي إلى من وهبني الحياة والأمل والنشأة على شغف الاطلاع والمعرفة،
ومن علمني أن ارتقي سلم الحياة بحكمة وصبر وبر وإحسانا لهما والدي العزيز "محمدي
بشير" ووالدتي العزيزة "دليلة زمة"

إلى روح حبيبتي أمي التي فارقتنا بجسدها ولكن روحها ما زالت ترفرف في سماء
حياتي وإلى من وهبني الله نعمة وجودهم في حياتي إلى العقد المتين إخوتي "عصام، رضا وعبد
الرحيم" وأختي سندي "نجاح ووصال" للأختي التي أنجبتها لي الأيام "فاطمة الزهراء وأولادها"
والى أعتز صديقة "شاوش إزدهار"

إلى من كان سندي في مشواري والروح التي سكنت روحي إلى شريكي في هذه الحياة
خطيبي

إلى من كانت قوتي ونحن نشق الطريق معا نحو النجاح في مسيرتنا إلى رفيقة دربي
"كباس أسماء" إلى كل من أضاء بعلمه عقل غيره فأظهر بسماحته تواضعه والى

محمدي أماني

الإهداء

{وأخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين}

الحمد لله ما تمَّ جهد ولا ختم سعي إلا بفضلِهِ وما تخطى العبد من عقبات وصعوبات إلا بتوفيقهِ
ومعونته

بفضل من الله أتممت مسيرتي الجامعية

أهدي تخرجي هذا إلى من جرع الكأس فارغا ليسقيني قطرة، إلى من كلله الله بالوقار، وإلى
من أحمل اسمه بكل افتخار، إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم أبي
الحبيب

إلى نور يضيء عتمتي عندما تطفئني الأيام، إلى غيمة تظلني وتسقيني دون رغبة بردي
لجميلها، إلى من هي في الحياة حياة ينحني الحرف حبا وامتناناً إليك أُمي الحبيبة

حفظهما الله وأطال في عمرهما

إلى حبيب القلب، رفيق الدرب، سند الروح، صديق الأيام...زوجي الغالي

إلى من بهم يشد ساعدي وتعلو هامتي هم سندي وركائز نجاحي إخوتي وأخواتي: محمد
الأخضر، برهان الدين، خيرة، وفاء، إيمان، هاجر، خولة ولا أنسى أختي زينب

إلى من ساندوني بالدعاء والكلمة الطيبة إلى كل عائلتي وعائلتي الثانية وأخص بالذكر خالتي
دليلة وعمي محمد الهادي

إلى رفاق الخطوة الأولى والخطوة ما قبل الأخيرة، إلى من كانوا في السنوات العجاف سحابا
ممطرا: نهى، سعاد، خديجة، منى، فاطمة

إلى من كاتفنتي ونحن نشق الطريق معا نحو النجاح في مسيرتنا العلمية، صديقتي ورفيقة
دربي: أماني محمدي

إلى كل من كان لهم أثر جميل على حياتي وإلى من أحبهم قلبي ونسيهم قلمي

كباس أسماء

التشكرات

الحمد لله رب العالمين خلق اللوح والقلم وخلق الخلق من عدم، أول الشكر وأخره أتقدم به إلى الخالق عز وجل سبحانه وتعالى.

أتوجه بشكري وتقديري وعظيم امتناني إلي الأستاذتي الفاضلة **لويذة زنجري** لما أبدته من حسن معاملة وإشراف وما قدمته لي من توجيهات ونصائح وملاحظات قيمة ومستمرة فدعائي لها بالخير والعافية.

كما يسرني أن أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى كل من الدكتور **العابد إبراهيم** والدكتور **هادف الدراجي** على كل مجهوداتهم في مساعدتي على انجازي بحثي وأعضاء اللجنة المناقشة المتكونة من الأستاذ **مخلفي طارق مناقشا** والأستاذة **حياة زروقي مساعدة** والأستاذ **هادف الدراجي رئيسا** والأستاذة **لويذة زنجري مشرفة** والذين سأنال شرف مناقشتهم لهذه الدراسة فلهم مني كل الشكر والتقدير.

ولابد من كلمة شكر وامتنان إلى كل عمال ومسؤولي مخبر جيولوجيا الصحراء ومخبر البيداغوجي بجامعة ورقلة

وكذلك أتقدم بجزيل الشكر لجامعة قاصدي مرباح ورقلة. كلية الرياضيات وعلوم المادة.

الفهرس

الاهداء

13	المقدمة العامة.....
16	الفصل الأول: عموميات حول الصخور والأحجار الطينية.....
16	مقدمة:.....
16	1. تعريف الصخور.....
16	1.1. أنواع الصخور.....
16	1.1.1. الصخور النارية.....
17	1.1.1.1. خصائص الصخور النارية:.....
17	1.1.1.2. التركيب المعدني للصخور النارية:.....
18	1.1.1.3. التركيب الكيميائي للصخور النارية:.....
18	1.1.2. الصخور الرسوبية:.....
19	1.1.2.1. خصائص الصخور الرسوبية:.....
19	1.1.2.2. التركيب المعدني للصخور الرسوبية:.....
20	1.1.2.3. التركيب الكيميائي للصخور الرسوبية:.....
20	1.1.3. الصخور المتحولة:.....
21	1.1.3.1. خصائص الصخور المتحولة:.....
21	1.1.3.2. التركيب المعدني للصخور المتحولة:.....
22	1.1.3.3. التركيب الكيميائي للصخور المتحولة:.....
22	1.2. تعريف الأحجار الطينية:.....
23	1.2.1. أنواع الأحجار الطينية وتركيبها المعدني:.....
23	1.2.2. استخدامات الأحجار الطينية:.....
25	مقدمة:.....
	الفصل الثاني: المواد وتقنيات التحليل والأجهزة المستخدمة في الدراسة

25	1.التعريف بموقع الدراسة:
26	1.1.موقع أخذ العينات:
27	2. العينات:
27	2.1.وصف العينات:
28	2.1.1.المواد والأدوات المستعملة:
28	2.1.1.1.المواد:
28	2.1.1.2.الأدوات:
29	2.1.1.3. تحضير العينات:
30	3.طرق التحليل الطيفي المستخدم للتحليل الكيميائي للعينات:
30	3.1.مطيافية الأشعة تحت الحمراء IR:
31	3.1.1.مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء:
31	3.1.2.أنواع الاهتزازات الجزيئية:
32	3.1.3.مسار الأشعة داخل جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء:
33	3.1.4.الجهاز المستعمل للقياس بواسطة الأشعة تحت الحمراء:
34	3.1.5.مكونات جهاز IR:
34	3.1.6.تحضير العينة لإجراء القياس بواسطة IR:
35	3.2.حيود الأشعة السينية DRX:
35	3.2.1.مبدأ حيود الأشعة السينية (قانون براغ):
36	3.2.2.مسار الأشعة داخل جهاز الأشعة السينية:
37	3.2.3.الجهاز المستعمل في الأشعة السينية:
37	3.2.4.تحضير العينة لإجراء التحليل بواسطة (XRD):
37	3.3.المجهر الإلكتروني الماسح DEX:
38	3.3.1.مبدأ عمل جهاز المجهر الإلكتروني الماسح:
38	3.3.2.الجهاز المستعمل:

39	3.3.3. تحضير العينة لإجراء القياس ب DEX:
39	4. المجهر الضوئي:
40	4.1. مبدأ العمل:
40	4.2. الجهاز المستخدم:
41	4.3. استعمالاته:
41	5. الفرق بين المجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني:

الفصل الثالث: مناقشة وتحليل النتائج المتحصل عليها

43	المقدمة
43	1. المقارنة الإجمالية بين البنى البلورية للمواد المدروسة.
43	1.1 المقارنة باستعمال انعراج الأشعة السينية على المسحوق.
44	2.1 المقارنة باستعمال مطيافية تحت الحمراء.
44	2. التحليل الوصفي للعينة A وB وC باستعمال التحليل الكمي الكيفي (DEX).
45	2.1 نتائج التحليل الوصفي للعينة A بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح.
46	2.2 نتائج التحليل الوصفي للعينة B وC بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح.
47	3. التحليل الوصفي للعينة باستعمال الأشعة تحت الحمراء (IR).
48	3.1 دراسة العينة A.
48	3.2 دراسة العينة B وc.
50	4. التحليل الوصفي للعينات باستعمال المجهر الضوئي.
51	5. التحليل الوصفي للعينة باستعمال الأشعة السينية (RDX).
52	5.1 دراسة العينة A.

54B دراسة العينة
57 الخلاصة
58 الخلاصة العامة
60 المراجع

قائمة الجداول

- الجدول II. 1 الأدوات المستعملة في تحضير العينات..... 28
- الجدول III. 1: نتائج التحليل الكمي للعينه A المتحصل عليها بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح..... 46
- الجدول III. 2: نتائج التحليل الكمي للعينه B وC المتحصل عليها بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح..... 47
- الجدول III. 4:المجاميع الوظيفية الموافقة لأشرطة الامتصاص لطيف IR للعينتين..... 49
- الجدول III. 5 :المعطيات البلورية لAlbite low..... 53
- الجدول III. 6:لمعطيات البلورية لAnorthite sodian disordered..... 53
- الجدول III. 7:المعطيات البلورية لكورديريت..... 54
- الجدول III. 8:المعطيات لمركبات البلورية للعينتين B وC..... 57

قائمة الأشكال

- الشكل I. 1: بعض أنواع الصخور النارية..... 17
- الشكل I. 2: بعض أنواع الصخور الرسوبية 19
- الشكل I. 3: بعض أنواع الصخور المتحولة..... 21
- الشكل I. 4: التركيب المعدني للصخور المتحولة حسب اسم الصخر والنسيج..... 22
- الشكل II. 1: صور فوتوغرافية لموقع أخذ العينات 25
- الشكل II. 2: موقع كاف الملح بالنسبة للجزائر 26
- الشكل II. 3: خريطة تبيين الحدود الجغرافية لكاف الملح..... 27
- الشكل II. 4: العينة (A) 27
- الشكل II. 5: العينة (B) 27
- الشكل II. 6: العينة (C) 27
- الشكل II. 7: شكل العينات بعد الطحن..... 30
- الشكل II. 8: مخطط يوضح انتقال فوتون من حالة طاقة منخفضة إلى حالة طاقة مرتفعة..... 31
- الشكل II. 9: اهتزازات التمدد المتماثلة وغير المتماثلة..... 32
- الشكل II. 10: أنواع اهتزازات الانحناء..... 32
- الشكل II. 11: مسار الأشعة في مطياف IR..... 33
- الشكل II. 12: جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء 33
- الشكل II. 13: رسم يوضح مكونات جهاز الأشعة تحت الحمراء 34
- الشكل II. 14: مخطط حيود الأشعة السينية..... 36
- الشكل II. 15: مسار الأشعة داخل جهاز حيود الأشعة السينية..... 36
- الشكل II. 16: جهاز الأشعة السينية المستعمل..... 37
- الشكل II. 17: مبدأ المجهر الإلكتروني الماسح 38
- الشكل II. 18: جهاز المجهر الإلكتروني الماسح..... 39

- الشكل II. 19: مبدأ عمل جهاز الجهر الضوئي 40
- الشكل II. 20: جهاز المجهر الالكتروني الضوئي..... 41
- الشكل III. 1: مخطط انعراج الأشعة السينية على العينات الثلاث..... 43
- الشكل III. 2: طيف الاشعة تحت الحمراء للعينات A وB وC..... 45
- الشكل III. 3: صورة للعينة A تحت المجهر الإلكتروني..... 45
- الشكل III. 4: طيف الأشعة السينية للتركيب الكيفي والكمي للعينة A..... 45
- الشكل III. 5: صور العينات تحت المجهر الإلكتروني الماسح..... 46
- الشكل III. 6: طيف الأشعة السينية للتركيب الكيفي والكمي للعينتين..... 47
- الشكل III. 7: طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة A..... 48
- الشكل III. 8: أطيايف الأشعة تحت الحمراء للعينتين B وC..... 49
- الشكل III. 9: صورة للعينة A تحت المجهر الالكتروني في الحالة العادية و المطحونة 51
- الشكل III. 10: صورة للعينتين B وC تحت المجهر الضوئي..... 51
- الشكل III. 11: انعراج الاشعة السينية للعينة A..... 52
- الشكل III. 12: طيف الاشعة السينية للمركب Albite low..... 53
- الشكل III. 13: المعطيات البلورية للمركب Anorthite..... 53
- الشكل III. 14: طيف الاشعة السينية للمركب كورديريت..... 54
- الشكل III. 15: طيف الاشعة السينية للعينة B..... 55
- الشكل III. 16: طيف الاشعة السينية للعينة C..... 55
- الشكل III. 17: أطيايف الاشعة السينية لمركبات العينة B..... 56
- الشكل III. 18: أطيايف الاشعة السينية لمركبات العينة C..... 56

قائمة الرموز :

الرمز	التسمية
IR	مطيافية الأشعة تحت الحمراء
DRX	حيود الأشعة السينية
XRF	فلورة الأشعة السينية
DEX	المجهر الإلكتروني الماسح
KBr	بروميد البوتاسيوم
Al	الألمنيوم
H	الهيدروجين
Si	السيليكون
O	الأكسجين
Mg	المغنيزيوم
Fe	الحديد
K	البوتاسيوم
Na	الصوديوم
Ca	الكالسيوم
Mn	المغنيز
S	الكبريت

المقدمة العامة

المقدمة العامة

بدأ اليونانيون في القرن الرابع بالاهتمام بعلم الأرض والبحث فيه، ومن أوائل العلماء الذين أضافوا نظرياتهم في علم الأرض العالم أرسطو الذي قاد السكان لمعرفة الفرق بين الصخور والمعادن، حيث كانت أول دراسة للصخور في القرن السابع. تعتبر الصخور ركيزة القشرة الأرضية وتعتبر المعادن الوحدة الأساسية المكونة للصخور.

حيث يعرف علم الصخور على انه دراسة الصخور النارية والمتحولة والرسوبية والعمليات التي تدخل في تشكيل وتحويل الصخور، أما علم المعادن فهو دراسة التركيب الكمي والكيفي والتركيب البلوري والخصائص الفيزيائية والكيميائية لمكونات الصخور. تشكلت الصخور عبر عمليات جيولوجية طويلة تشمل التبريد، التجمد، التبلور، الانصهار، التآكل والترسيب، حيث نجد أن اختلاف الصخور من حيث خصائصها والمعادن المكونة لها راجع إلى اختلاف خصائصها الفيزيائية والكيميائية وهذا الاختلاف نتج عنه تنوع الصخور.

يتم تحليل الصخور لفهم خصائصها واصل تكوينها، كما تستخدم الصخور في أعمال البناء بمختلف أنواعها وتستخدم أيضا في الأعمال الالكترونية والطب، إذ يستخدم الجرافيت في صناعة أقلام الرصاص والهاليت في توابل الطعام وصنع الأحماض والكلور وطلاء السيراميك، يعتبر الصخر من المواد الجامعة لأغلب العلوم كعلوم الفيزياء، الكيمياء، البيئة والجيولوجيا وغيرها من العلوم.

من خلال هذا العمل وفي إطار تخصصنا (كيمياء تحليلية) نسعى إلى دراسة التركيب الكمي والكيفي والبنوي للصخور والأحجار الطينية لمنطقة الاغواط وبالضبط منطقة كاف الملح بتاجرونة.

الفصل الأول "عموميات حول الصخور والأحجار الطينية" تناولنا فيه دراسة نظرية للصخور

وأنواعها حيث تطرقنا في كل نوع إلى دراسة التركيب الكيميائي والمعدني والتعرف على خصائص كل صخر وختمنا الفصل بتعريف الأحجار الطينية وأنواعها وأهم مجالات استخداماتها.

الفصل الثاني "المواد وتقنيات التحليل والأجهزة المستخدمة في الدراسة" وفي هذا الفصل سنتطرق

إلى الأدوات والتقنيات المستخدمة في دراسة الصخور، بدامن التعرف على موقع اخذ العينات

إلى الطرق الطيفية التي تم استخدامها والتي تمثلت في مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR)، انعراج الأشعة السينية (XRD)، المجهر الإلكتروني الماسح (EDX) ومبدأ عمل كل جهاز.

الفصل الثالث "مناقشة وتحليل النتائج المتحصل عليها" تم مناقشة وتحليل النتائج المتحصل عليها من خلال عرض المنحنيات الطيفية والجداول وإجراء تحليل كيميائي وبنوي للعينات. وفي نهاية هذه المذكرة سنقوم بعرض حوصلة حول النتائج المتحصل عليها في خلاصة عامة مع تقديم الآفاق المستقبلية لمواصلة البحث في هذا الموضوع.

الفصل الأول

عموميات حول الصّخور والأحجار الطّينية

الفصل الأول: عموميات حول الصخور والأحجار الطينية

مقدمة

تشكل الصخور الغلاف الصخري لسطح الأرض وهي مادة متفاوتة الصلابة تتكون من معادن وأحجار حيث يمكن أن تتكون بعدة طرق نتيجة تعرضها لعدة ظروف. تتكون الصخور من العديد من المعادن المتوفرة في الطبيعة حيث أن المعدن الذي له نسبة كبيرة له تأثير على لون الصخرة فيكون لون الصخر مقارباً إلى لون المعدن وكل هذا له تأثير على الخصائص الفيزيائية للصخرة.

1. تعريف الصخور

الصخور هي مجموعة طبيعية أو خليط طبيعي من عدة معادن تكون جزءاً أساسياً في تركيب القشرة الأرضية، وعلى هذا الأساس يكون الصخر ذو خاصية مميزة تفرقه عن صخر آخر وتجعله وحدة قائمة بذاتها. ويعتبر الصخر الوحدة الأساسية في بناء الأرض أما المعدن فهو وحدة الصخر نفسه [1].

1.1. أنواع الصخور

تختلف الصخور عن بعضها البعض من حيث أنواع المعادن المكونة لها وعلاقة المعادن ببعضها البعض في صخر واحد حيث تنقسم هذه الصخور إلى ثلاثة أنواع وهي:

1.1.1. الصخور النارية

الصخور النارية هي واحدة من الفئات الصخرية الأساسية الثلاثة، تعرف بأنها صلبة تشكلت من مادة منصهرة أو منصهرة جزئياً، تنشأ الصخور النارية نتيجة اندفاع الصهير من جوف الأرض إلى السطح خلال الشقوق الموجودة بالقشرة الأرضية، فيتعرض هذا الصهير إلى درجة حرارة وضغط تختلف عن درجات الموجودة داخل جوف الأرض وهذه الظروف الجديدة تعمل على اتحاد بعض العناصر الكيميائية الموجودة بالصهير لتشكل مع بعضها البعض مجموعة من المعادن الجديدة [2].



الشكل ا. 1: بعض أنواع الصخور النارية

1.1.1.1. خصائص الصخور النارية:

- تتواجد بأشكال وأحجام مختلفة، كما تتميز بألوانها العديدة ويختلف اللون حسب التركيب المعدني والكيميائي.
- تتكون الصخور النارية في اغلب الحالات من معادن متبلورة.
- تحتوي على خامات معدنية ولا تحتوي على حفريات [3].

2.1.1.1. التركيب المعدني للصخور النارية:

المعادن هي الوحدة الأساسية المكونة لكل صخر حيث أن لكل صخر تركيب خاص من المعادن يميزه عن غيره ومن أهم المعادن في الصخور النارية حيث تشكل المعادن السليكاتية الجزء الأكبر حجماً من الصخور النارية، وتعرف هذه المعادن بالمعادن الرئيسية وتشمل أهم المعادن السليكاتية مجموعات التالية:

الكوارتز: هو أكثر المعادن وفرة في القشرة الأرضية، حيث يتواجد في كل أنواع الصخور ويتميز بمعدن السليكا.

البيروكسين: يعتبر الكالسيوم أكثر البيروكسينات شيوعاً، إضافة إلى المغنيزيوم سيليكات الحديد والأوجايت بيروكسيد وهو شائع ومتواجد بوفرة في الصخور النارية، والأنستيت وهو أقل انتشاراً.

الامفيبول: تتكون هذه المعادن بكثرة في الصخور النارية.

الميكا: تنقسم إلى ميكا الحديد الأسود، الغنية بالمغنيزيوم والميكا البيضاء الغنية بالألمنيوم [4] [1].

الفلسبار: تشمل معادن الفلسبار بشكل أساسي Anorthite Ca

$(Al_2Si_2O_8)$ Orthoclase، $k(Al Si_3 O_8)$ و Albite Low $[5]Na(Al Si_3 O_8)$.

3.1.1.1. التركيب الكيميائي للصخور النارية:

تتكون الصخور النارية من تراكيب مختلفة تعتمد على نوع الصهارة المنتجة وشروط التكوين. وتختلف التراكيب الكيميائية للصخور النارية بناءً على نوع الصخر الناري ونسبة وجود السيليكا في الصخر والتي تتكون من معادن ممزوجة بالسيلكون والأكسجين. إن أبسط طريقة لتصوير التركيب الكيميائي لصخور النارية هي خليط من الأكاسيد والتي تتمثل في ثنائي أكسيد السيلكون، أكاسيد التيتانيوم، أكاسيد الألمنيوم والحديد، المنغنيز (MnO)، المغنيسيوم (MgO)، الكالسيوم (CaO)، الصوديوم، البوتاسيوم والفوسفور والتي نجدها بكميات مختلفة حيث يحتل أكسيد السيلكون المرتبة الأولى في الصخور النارية [6].

2.1.1. الصخور الرسوبية:

وهي صخور خارجية، أبتشكلت على سطح الأرض وتمثل 5% من حجم القشرة الأرضية وتغطي 75% من السطح [7]. تنشأ الظروف التي تتكون فيها الصخور الرسوبية نتيجة للفعل المتبادل بين الغلاف الجوي والغلاف المائي من جهة والقشرة الأرضية من جهة أخرى، ونظراً لأن فعل الرياح والمياه ينطوي على عاملين أحدهما ميكانيكي والآخر كيميائي، فإن الصخور الرسوبية تكوّن عادة طبقات غير متجانسة إلى حد كبير في مكوناتها المعدنية وخواصها الطبيعية وتركيباتها الجيولوجية. وتبعاً لظروف الترسيب فإنه يمكن تقسيم الصخور الرسوبية إلى قسمين رئيسيين:

- الصخور الرسوبية التي تكونت كيميائياً
- الصخور الرسوبية التي تكونت ميكانيكياً [8]



الشكل 1. 2: بعض أنواع الصخور الرسوبية

1.2.1.1. خصائص الصخور الرسوبية:

تتميز الصخور الرسوبية بعدة خواص تميزها عن باقي أنواع الصخور:

1. توجد الصخور الرسوبية عادة على هيئة طبقات تختلف عن بعضها البعض في السمك واللون والنسيج والمحتوى المعدني
2. الصخور الرسوبية تكون مسامية أيتحتوي على مسام وفراغات مما يجعلها ذات أهمية في توزيع البترول والغاز الطبيعي والمياه الجوفية
3. تكون ذات لون فاتح
4. -الصخور الرسوبية هي الوحيدة من نوعها التي تحتوى على حفريات [9].

2.2.1.1. التركيب المعدني للصخور الرسوبية:

تتكون الصخور الرسوبية من تراكيب معدنية متنوعة، حيث يمكن أن تحتوي على العديد من المعادن مثل الكوارتز والفلسبار والميكا والكالسيت والجبس والهاليت وغيرها

✚ الميكا هو معدن يتكون من سلسلة من الألمونيوم والبوتاسيوم والصوديوم والحديد والماغنسيوم.

✚ الفلسبار يتكون من سلسلة من حبيبات الألمونيوم والبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم السيليكا.

✚ الكالسيت والجبس هما معدنان يتكونان من كربونات الكالسيوم [10].

3.2.1.1. التركيب الكيميائي للصخور الرسوبية:

يعبر دائماً عن التركيب الكيميائي للصخور في صورة أكاسيد العناصر، ويتم ذلك بتحليلها كيميائياً.

وبالرغم من اختلاف التركيب الكيميائي لأنواع الصخور الرسوبية والمختلفة، واختلاف كل نوع من مكان لآخر، إلا أنه يمكن القول بأن متوسط التركيب الكيميائي للصخور الرسوبية هو على النحو التالي :

يعكس متوسط التركيب الكيميائي أنواع الصخور الرسوبية الرئيسية حيث أن مصدر السيليكا أساساً الحجر الرملي، الألومينا غالباً من الطفل، أكسيد الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون مصدرهما أساساً الحجر الجيري. ويختلف متوسط التركيب الكيميائي للصخور الرسوبية عن الصخور النارية باختوائه على قدر أكبر من ثاني أكسيد الكربون، وقدر بسيط جداً من الصودا (Na_2O) ، وعلى نسبة عالية من أكسيد الحديد بالمقارنة بأكسيد الحديدوز [11].

3.1.1. الصخور المتحولة:

الصخور المتحولة هي تلك الصخور المشتقة من صخور أخرى، أي عند تعرض صخر ناري أو رسوبي أو متحول لضغط مرتفع أو لزيادة درجة الحرارة أو الاثنين معاً، هذا ما يؤدي إلى الحدوث تغير في خواص الصخر المعدنية والنسيجية وينشأ صخر آخر مختلف عن الصخر الأصلي الذي تكون منها الشكل (1-3) وتشمل هذه التحولات إعادة البلورة والتفاعلات الكيميائية بين المكونات المعدنية للصخر، تنقسم الصخور المتحولة حسب النسيج إلى مجموعتين:

- 1- :الصخور الصفائحية (المتورقة)
- 2- الصخور غير الصفائحية (غير المتورقة) [12].



الشكل 1. 3: بعض أنواع الصخور المتحولة

1.3.1.1. خصائص الصخور المتحولة:

من الخصائص التي تميز الصخور المتحولة أنها:

- شديدة الصلابة نتيجة تراص الحبيبات المعدنية المكوّنة لها .
- تتميز بألوانها المتنوعة، ويعود ذلك لأنها مكوّنة من خليط من المعادن المختلفة.
- تؤدي إلى ظهور معادن جديدة.
- بعضها يتميز بصغر بلوراته التي تكون مرتبة في صفائح متلاصقة نتيجة تعرضها للتمدد والضغط [7].

2.3.1.1. التركيب المعدني للصخور المتحولة:

تكوين الصخور وظروف درجة الحرارة والضغط يلعبان دوراً رئيسياً في تحديد التركيب المعدني للصخور المتحولة. وتحتوي هذه الصخور على جميع المعادن الشائعة في الصخور الرسوبية والنارية، ومن أهم المعادن المتحولة نجد:

- الميكا - الستوروليت - الجارنت - التلك.

كما يمكن تصنيف التركيب المعدني للصخور المتحولة حسب اسم الصخر والنسيج كما هو موضح

في جدول الشكل (1-4) [13].

اسم الصخر	المكونات المعدنية	النسيج
الأردواز	الكوارتز	ناعمة الحبيبات
الفضيات	الكوارتز	ناعمة الحبيبات
الشيست	الكوارتز الأمفيبول الفلسبار	خشنة الحبيبات
النيس	الكوارتز البيروكسين	خشنة الحبيبات
الكوارتزيت	الكوارتز	ناعمة إلى خشنة الحبيبات
الرخام	الكالسيت أو الدولوميت	ناعمة إلى خشنة الحبيبات

الشكل 1. 4: التركيب المعدني للصخور المتحولة حسب اسم الصخر والنسيج.

3.3.1.1 التركيب الكيميائي للصخور المتحولة:

يمكن أن تحتوي الصخور المتحولة على عدة عناصر كيميائية ويمكن أن تختلف التراكيب الكيميائية باختلاف نوع الصخر المتحول وظروف التحول الذي تعرض لها الصخر

ومن أهم التراكيب الكيميائية للصخور النارية نجد:

- البيوتيت: حيث يحتوي على السيليكات، البوتاسيوم، الماغنسيوم، الحديد والالمنيوم كما انه يعتبر من أهم مجموعة معادن الميكا وهو نتيجة تحول صخر ناري.
- الهورنبلند: يتكون من سيليكات الكالسيوم، الحديد والماغنسيوم وهو نتيجة تحول صخور امفيولات.
- الشست: يتكون من الميكا والامفيبول والحجر الطيني وهو من الصخور المتحولة التي نتجه تحت ضغط ودرجة حرارة كبيرة جدا، بينما يتكون الحجر الطيني من 50% من طين وفلسبار وأكسيد الحديد ومنه فإن الشست صخر متحول قابل للتشقق [14].

2.1 تعريف الأحجار الطينية:

تعتبر الأحجار الطينية من أهم أنواع الصخور الرسوبية وهي صخور واسعة الانتشار في مناطق السهول الفيضية والوديان النهرية والبحيرات العذبة [8]، تتميز بحبيبات دقيقة، تتكون من نسب متغيرة من الكوارتز وحجم حبيباتها أقل من 0.023 مم، كما تحتوي على نسب معتبرة من معادن الطين [15].

1.2.1. أنواع الأحجار الطينية وتركيبها المعدني:

الطين: يستخدم هذا المصطلح للتعبير عن صخر رسوبي بلاستيكي أو شبه بلاستيكي، يتكون من 50% من معادن طينية إضافة إلى السيليكا والذي يعتبر معدن رئيسي غير طيني، فعندما يتعرض الطين لظروف مناخية دافئة أو قاحلة فإنه يجف ويصلب ويطور نظاما من شقوق الانكماش، أما في الظروف العادية فإنه يتضخم لملء تلك الشقوق [15].

حيث يعتبر الصلصال من أهم مكونات الطين، والذي يتميز بألوانه المتعددة، يعتمد بشكل كبير على طبيعة المعادن الغنية بالحديد حيث نجد الطين الرمادي المكون من معدن الحديدوز مثل البيريت (FeS_2)، في حين ظهور الطين الأصفر، البني أو الأحمر ناتج من معدن الحديد المؤكسد كالهيماتيت (Fe_2O_3)، كما يوجد الطين الأسود الناتج عن وجود الكربون العضوي [15].

الإردواز: عبارة عنصخور طينية صلبة منقسمة تتكون من نسب متغيرة من الكوارتز والمعادن الطينية، يتكون نتيجة لتحول صخور طينية ذات الحبيبات الدقيقة عندما تتعرض لضغط قوي ومنظم، السمة الأساسية له هي الانقسام الناتج عن تلك المعادن [7].

الأحجار الغرينية: عبارة عن صخور جد صلبة ومضغوطة، يتكون من أكثر من 50 % من الكوارتز والباقي عبارة عن معادن طينية [15].

2.2.1. استخدامات الأحجار الطينية:

عرف الإنسان الطين في العصور القديمة، ومع التطورات الحاصلة أصبح الطين مادة أساسية لمنتجات صناعية تستخدم في الكثير من المجالات، ومن أهم الصناعات التي تتم به نجد:

أنواع السيراميك (الخزف، الطوب والبلاط)، العلاج والصيدلة ومستحضرات التجميل، كما يستخدم أيضا في إزالة التلوث وحماية البيئة [16]

الفصل الثاني

المواد وتقنيات التحليل والأجهزة المستخدمة في

الدراسة

الفصل الثاني: المواد وتقنيات التحليل المستخدمة في الدراسة.

مقدمة:

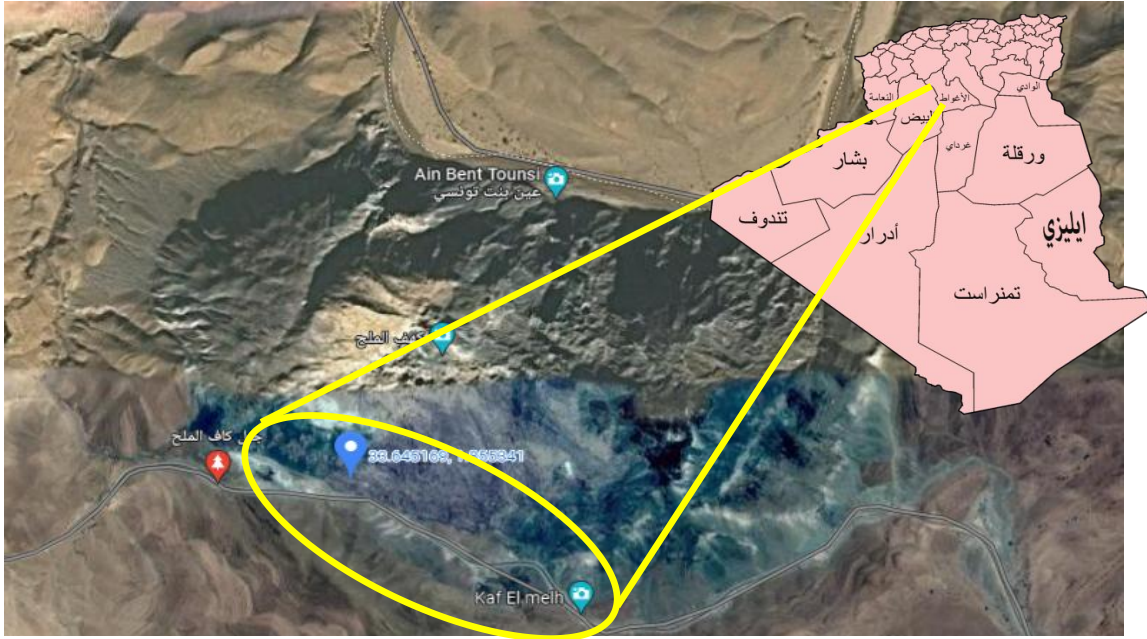
في هذا الفصل سنتطرق إلى دراسة التركيب الكمي والكيفي والبنوي للأحجار الطينية والصخرية لمنطقة الاغواط، بداية بجمع العينات وتحضيرها والخطوات المتبعة وصولاً إلى الأجهزة التي استعملناها للدراسة، ونتطرق أيضاً إلى مجموعة من طرق التحليل الطيفي الفيزيائية والكيميائية، والتي تعتبر من بين أهم أشمل التقنيات المستخدمة للتحليل البنوي والكمي، إذ استعملنا في دراستنا هذه: مطيافية الامتصاص تحت الحمراء (IR)، انعراج الأشعة السينية (DRX) وفلورة الأشعة السينية (XRF) والمجهر الإلكتروني الماسح (DEX) مع شرح هذه الطرق ومبدأ عملها.

1. التعريف بموقع الدراسة:

خلال رحلة استكشافية في صيف عام 2022 في المنطقة المعروفة باسم كاف الملح والتي تقع على الحدود الجغرافية لولاية الاغواط (بالجزائر)، أدهشنا روعة ألوان الطبيعة النابضة بالحياة حيث تختلف أشكال الحجارة المتساقطة من الجبال في نفس المكان من شكل إلى آخر ومن الأسود والبنّي والأخضر، وأخرى بيضاء ناصعة براقّة لأنها مكسوة بالملح تشبه الحجارة الكلسية أو حجارة الرخام الأبيض ويزخر بالمياه التي تجري بالوادي، وما أعطى هذه المنطقة الشهرة هي مغارة "كاف الملح" التي سميت نسبة إلى الأملاح المترسبة بها. إن حرص الكيميائي على العثور على التركيب الكمي والنوعي لهذه المواد الطبيعية، وكذلك الثروة الطبيعية المكبوتة لهذه المنطقة للبحث في مجالات العلوم، دفعنا إلى جمع قطع رائعة للغاية كما هو موضح في الشكل [1-11]



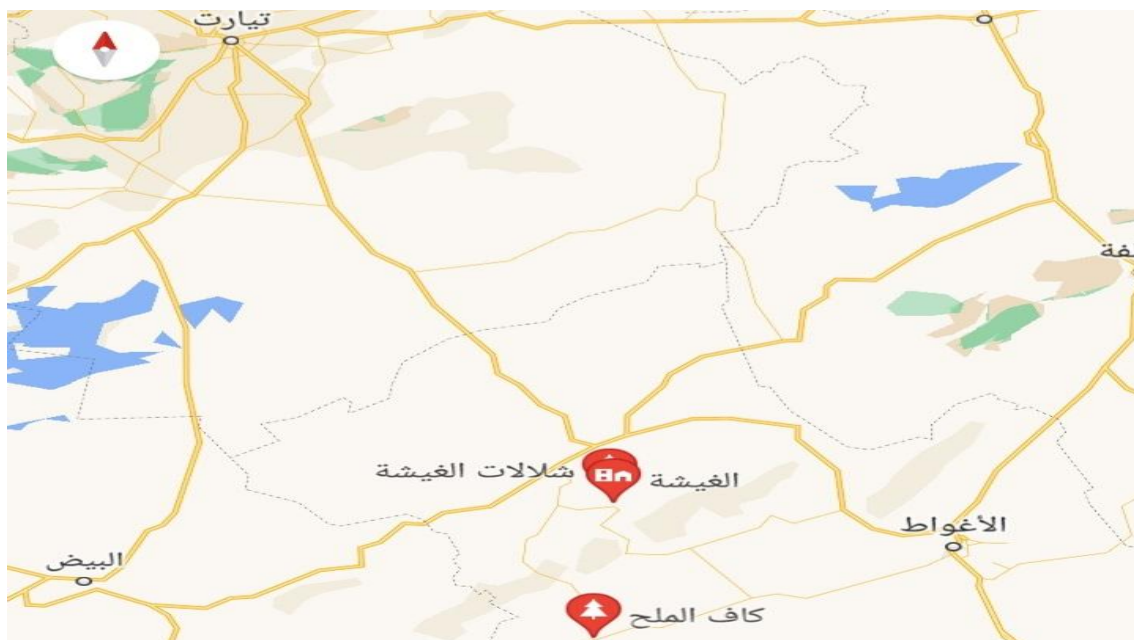
الشكل 11. 1: صور فوتوغرافية لموقع أخذ العينات [17].



الشكل II. 2 :موقع كاف الملح بالنسبة للجزائر

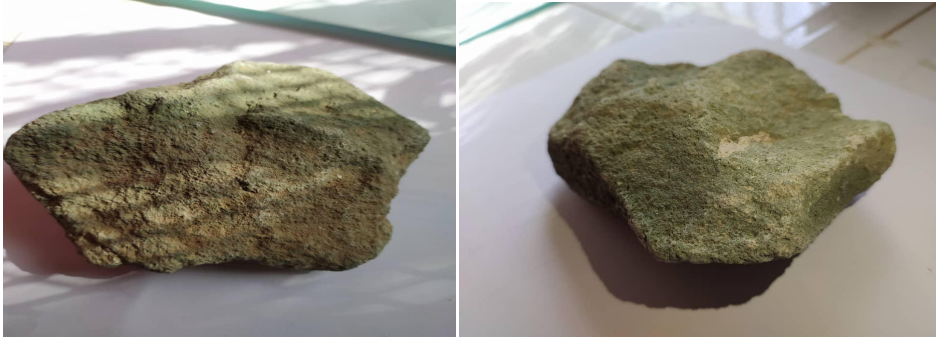
1.1. موقع أخذ العينات:

تم أخذ العينات المدروسة في عملنا هذا من جبل كاف الملح المتواجد بمنطقة تسمى الكاف بولاية الأغواط، بين بلدي تاجرونة ولاية الأغواط وسيدي طيفور ولاية البيض، الإحداثيات الجغرافية له $41^{\circ}N$ و $33^{\circ} 38' 22^{\circ}E$ و $1^{\circ} 51'$ ، على ارتفاع 1253 m وبالقمر الصناعي 16. يعتبر من أقدم الطبقات الجيولوجية على مستوى الأطلس الصحراوي



الشكل II. 3: خريطة تبين الحدود الجغرافية لكاف الملح.

2. العينات:



الشكل II. 4: العينة (A)



الشكل II. 5: العينة (B)



الشكل II. 6: العينة (C)

1.2. وصف العينات: العينات الثلاث عبارة عن أحجار تختلف عن بعضها البعض من حيث اللون والشكل والحجم، حيث أن العينة (A): حجر ذو شكل غير منتظم ولونه أخضر، متوسط الصلابة، يتميز بوجود بريق على سطحه الخارجي.

العينة (B): تتميز بصلابتها سطحها الخارجي أما من الداخل فهي جد هشة، ذات شكل عشوائي ولون بني فاتح. أما العينة (C): فتختلف عن باقي الأحجار بأنها شديدة الصلابة، لونها بني غامق وشكلها منتظم. سطحها أملس.

1.1.2. المواد والأدوات المستعملة:

1.1.1.2. المواد:

أحجار الدراسة - الماء المقطر

2.1.1.2. الأدوات:

الجدول الموالي يبين مجموعة الأدوات المستعملة في تحضير العينات:

الجدول II. 1 الأدوات المستعملة في تحضير العينات.

الرقم	اسم الأداة	الشكل
01	جهاز الطحن	
02	صافيات	
03	ميزان تحليلي	
04	بيشر	

	<p>خلاط مغناطيسي</p>	<p>05</p>
	<p>تركيب الترشيح</p>	<p>06</p>
	<p>علب الحفظ</p>	<p>07</p>

3.1.1.2. تحضير العينات:

تم تحضير العينات عبر عدة مراحل نذكرها:

أولاً: نغسل العينات جيداً بالماء المقطر لنزع الشوائب العالقة على سطحها ونضعها تجف.

ثانياً: مرحلة الطحن، بعدما قمنا بتكسير كل عينة إلى حجم حبيبات صغيرة قمنا بوضعها في جهاز الطحن الموضح في الجدول [1-11] مع تحديد دقة الطحن، إلى أن نحصل على مسحوق ناعم جداً يشبه القمح اللين في شكله.

تليهما مرحلة التصفية (الغربلة) للتأكد من أن جميع الحبيبات لها نفس الحجم وتحقق الحجم المطلوب.



الشكل 11. 7: شكل العينات بعد الطحن

نزن كتلة معينة من كل عينة للعمل عليها، بواسطة الميزان التحليلي.

رابعاً: نضع الكتل الموزونة كل واحدة على حدا في بيشر يحتوي على الماء المقطر، ونقوم بعملية الخلط باستعمال الخلاط المغناطيسي لمدة 15 دقيقة. ونتركها تركد لفترة من الزمن (30 دقيقة)، للتخلص من الشوائب الداخلية التي تمتصها الأحجار وبذلك زيادة نقاوتها.

خامساً: نقوم بعملية الترشيح، حيث استعملنا تقنية الترشيح تحت الفراغ لربح الوقت. وأخيراً نترك العينات حتى تجف ثم نحفظ في علب بلاستيكية محكمة الغلق لتفادي ضياعها أو تعرضها لعوامل خارجية تؤثر في تركيبها.

3. طرق التحليل الطيفي المستخدم للتحليل الكيميائي للعينات:

1.3. مطيافية الأشعة تحت الحمراء IR:

مطيافية الأشعة تحت الحمراء (Infrared spectroscopy) أحد فروع علم الأطياف الذي يتعامل مع المنطقة تحت الحمراء من الطيف الكهرومغناطيسي، وهي نوع من أنواع مطيافية الامتصاص، وتعتبر هذه التقنية من أسهل طرق التحليل المتبعة في المخابر الفيزيائية والكيميائية، حيث تسمح بمعرفة الطبيعة الكيميائية (تحديد الروابط الكيميائية الداخلة في التراكيب الجزيئية) للمواد العضوية واللاعضوية-البلورية وغير البلورية دون التأثير على خصائصها، تنحصر الأشعة تحت الحمراء بين أمواج الراديو والأشعة فوق البنفسجية [18] [19].

كما تغطي الأشعة تحت الحمراء منطقة واسعة من الطيف الكهرومغناطيسي ككل وتنقسم إلى ثلاث مناطق وهي على النحو التالي:

الأشعة تحت الحمراء القريبة Near infrared ($4000 - 13300 \text{ cm}^{-1}$): وهي الأقرب إلى الأشعة المرئية وبالتحديد اللون الأحمر.

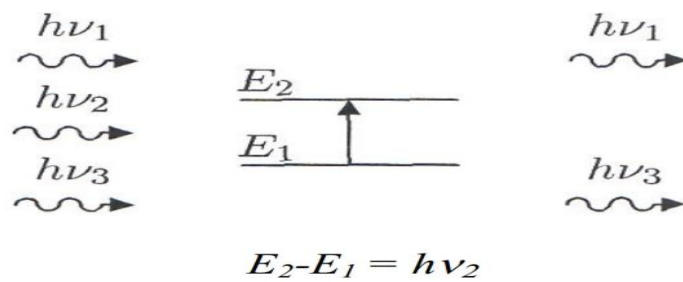
الأشعة تحت الحمراء البعيدة Far infrared ($20 - 400 \text{ cm}^{-1}$): وهي التي تكون أقرب إلى أشعة المايكروويف.

الأشعة تحت الحمراء الوسطى (4000 – 400) Med infrared: وهي التي تقع بين المنطقتين السابقتين [20] [21].

في تحليل المواد عادة ما تستعمل الأشعة تحت الحمراء المتوسطة ($4000 - 400\text{cm}^{-1}$) لأنها الأنسب لتحليل المواد.

1.1.3. مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

تهتز الجزيئات بشكل طبيعي وفقا لجميع مخططات اهتزازها، ولكن بسعات ضعيفة جدا. إذا كان تواتر الفوتون يوافق تواتر اهتزاز المخططات العادية للجزيء فإن الجزيء سيتجاوب معه ويهتز عندئذ بسعة كبيرة جدا، بعبارة أخرى الفوتون الذي تكون طاقته مساوية للطاقة الضرورية للجزيء للانتقال من حالة طاقة منخفضة إلى حالة مثارة سيمتص وستحول طاقته إلى طاقة اهتزاز. الشكل [8-11] يمثل مخطط هذه الظاهرة. الفوتون ذو الطاقة $h\nu_2$ المساوية لطاقة الانتقال ($E_2 - E_1$) هو وحده الذي يمتص، وبالتالي فإن الفوتون الممتص يحدث خلافا في الإشعاع المنبعث [22].



الشكل 8. مخطط يوضح انتقال فوتون من حالة طاقة منخفضة إلى حالة طاقة مرتفعة

أي أنعبارة الطاقة: $E = h\nu$ [23] وهي معادلة بلانك حيث:

ثابت بلانك $h = 6,6239 \times 10^{-27} \text{erg. Sec}^{-1}/\nu$ هو العدد الموجي (cm^{-1})

2.1.3. أنواع الاهتزازات الجزيئية:

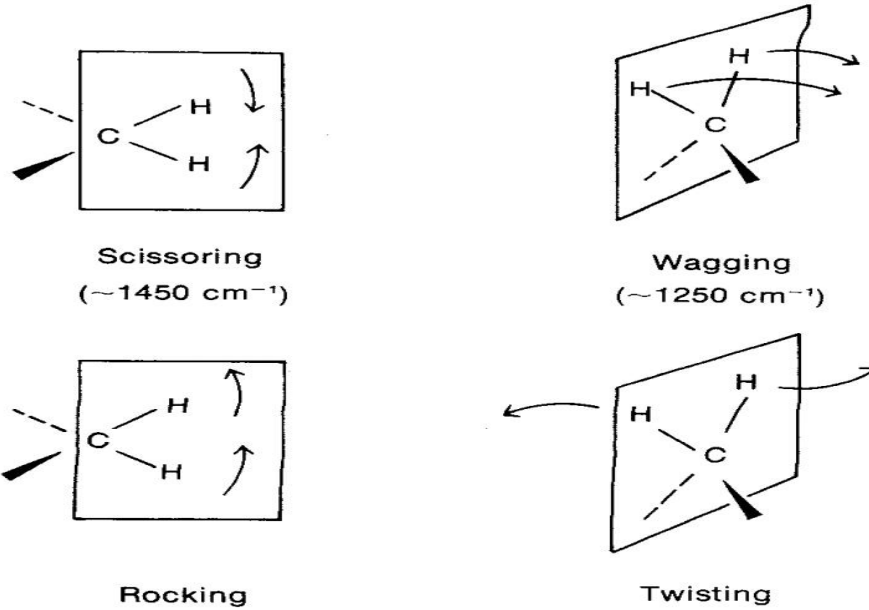
ينتج عن امتصاص الأشعة تحت الحمراء حركة اهتزازية للذرات المكونة للجزيء، والتي بدورها تؤدي إلى تغير دوري في طول الروابط الكيميائية والزوايا بين هذه الروابط يمكن تقسيم هته الاهتزازات إلى:

(أ) - اهتزازات التمدد: ينشأ عن تغير المسافة بين الذرات في اتجاه محور الرابطة دون تغيير الزوايا بين الروابط والشكل [9-11] يبين نوعي أنماط اهتزازات التمدد (تمدد بسيط ويشمل تمدد رابطة واحدة فقط أو تمدد مزدوج ويشمل تمدد رابطتين أو أكثر في آن واحد) [24].



الشكل 11. 9: اهتزازات التمدد المتماثلة وغير المتماثلة.

(ب) - اهتزازات الانحناء: يحدث في ترددات أقل من اهتزازات التمدد، وينشأ عند تغير الزاوية بين الرابطتين، هذا التغير يسبب حركة الذرات خارج محور الرابطة، والحركة يمكن أن تكون في نفس مستوى الرابطة أو خارج المستوى والشكل [10-11] يوضح أنواع اهتزازات الانحناء [25]:

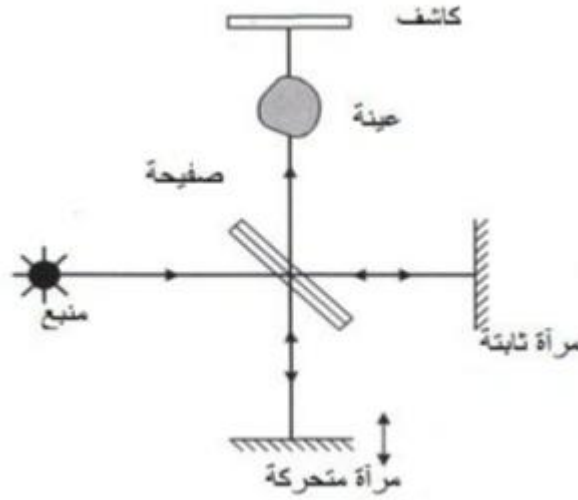


الشكل 11. 10: أنواع اهتزازات الانحناء

3.1.3. مسار الأشعة داخل جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

ينقسم الشعاع الوارد من المصدر إلى حزمتين متساويتين بواسطة موشر كما هو موضح في الشكل، الحزمة الأولى توجه إلى المرآة الثابتة أما الحزمة الثانية توجه إلى المرآة المتحركة. يتم تجميع

هذان الشعاعان بعد ذلك في نفس المسار لتعبر العينة ومن ثم الكاشف الذي يستقبل الشدة الضوئية الكلية.



الشكل 11. مسار الأشعة في مطياف IR.

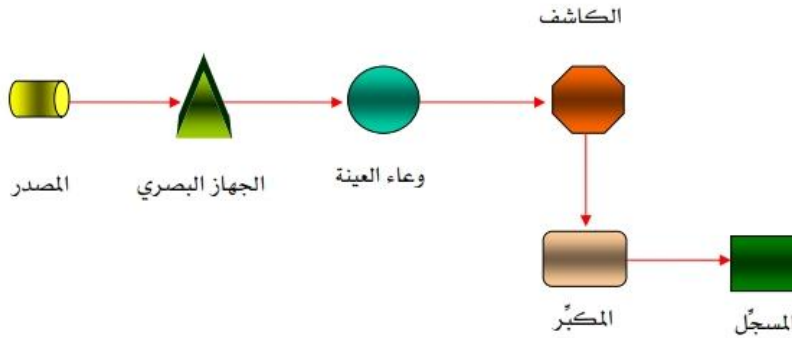
4.1.3. الجهاز المستعمل للقياس بواسطة الأشعة تحت الحمراء:

تم تسجيل أطياف أشعة تحت الحمراء المعروضة في هذا العمل باستخدام المطياف FTIR-8300 CH-HMADZU الشكل [12-11] بمخبر البحث العلمي بكلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح ورقلة.



الشكل 12. جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء.

5.1.3. مكونات جهاز IR:



الشكل II. 13: رسم يوضح مكونات جهاز الأشعة تحت الحمراء.

كما هو موضح في الشكل [II-13] يتكون الجهاز من:

a- مصدر الأشعة تحت الحمراء: في العادة تنتج الأشعة تحت الحمراء عن طريق تسخين أسلاك نرنست كهربائياً، وتتكون أساساً من أكاسيد الزركونيوم و الثوريوم والسيريم، هناك مصادر عديدة لإنتاج هذه الأشعة منها: مصباح نرنست المتوهج، القضيب المتوهج، السلك المتوهج، مصباح الزئبق القوسي العالي الضغط.

b- الجهاز البصري وخلايا العينة: بما أن الزجاج يمتص في هذا المجال لذا لا يمكن استخدامه، وعليه فإن النوافذ الضوئية وخلية العينة و الموشور يجب أن تصنع من مادة بلورية كأملح الهاليدات.

c- المقدر (الكاشف): أكثر الكاشفات استعمالاً في جهاز الأشعة تحت الحمراء هي: مقياس الطاقة الحرارية، المقاوم الحراري، المزدوج الحراري وكاشف جولي [26].

6.1.3. تحضير العينة لإجراء القياس بواسطة IR:

في مطياف الأشعة تحت الحمراء يمكن استخدام العينات بطبيعتها السائلة أو الصلبة أو الغازية، وفي دراستنا هذه أجرينا التحليل لعينات صلبة بعد طحنها، تحضر العينة على هيئة قرص مضغوط مع إضافة بروميد البوتاسيوم (KBr) الجافم الحرس على التوزيع المتجانس لكلا العنصرين، ينقل الخليط إلى أداة الكبس ويوضع في الحامل، ثم نضغط المزيج بواسطة المكبس لمدة 5 دقائق تحت ضغط شديد ليكون قرص شفاف: ويوضع في المطياف لقياس.

2.3. حيود الأشعة السينية DRX:

تعد الأشعة السينية جزء من الأشعة الكهرومغناطيسية، يتراوح طولها الموجي الأكثر استخداما ما بين 10 إلى 0,001 نانومتر وهو نفس حجم الذرة تقريبا، مما يجعلها تمتلك قدرة كبيرة على اختراق الأجسام، تحدث في ذلك الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي بين أشعة جاما والأشعة فوق البنفسجية، حيث أن اكتشاف الأشعة السينية بواسطة الفيزيائي الألماني رونجن عام 1895م مكن العلماء من فحص البنية البلورية على المستوى الذري، وقد بين أن البلورات تُحَدِّد الأشعة السينية عن مسارها، ومن ثم فإن طريقة الحيود تكشف عن تركيب البلورة [27].

1.2.3. مبدأ حيود الأشعة السينية (قانون براغ):

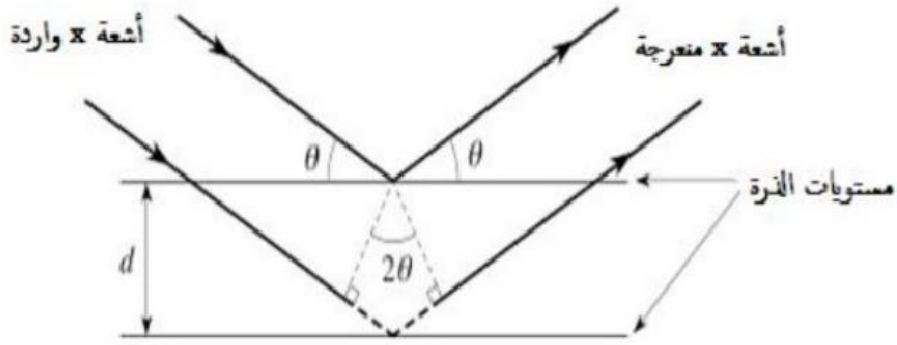
في عام 1913 تمكن وليام لورانس براغ من وضع الشروط الهندسية لحيود حزمة وحيدة الطول الموجي من الأشعة السينية، وتحديد البنية البلورية لبعض الجزيئات وذلك اعتمادا على فرضية أن الذرات في الجزيئة تتوزع بشكل منتظم ضمن الشبكة البلورية على شكل مستويات متوازية تفصل بينها مسافة ثابتة تدعى بالبعد الشبكي البلوري (d)، ولاحظ أنه عندما تسقط حزمة من الأشعة السينية على إحدى الذرات في أي من المستويات البلورية فإنها تعاني من ظاهرة الانعراج وذلك اعتمادا على نظرية التداخل للأمواج وتوصل إلى معادلة سميت باسمه (قانون براغ في الانعراج) وتعطى بالشكل التالي:

$$2d \times \sin\theta = n \times \lambda$$

حيث: d المسافة الفاصلة بين مستويين بلوريين متتاليين (البعد الشبكي البلوري).

n عدد صحيح يمثل ترتيب المستوى البلوري $n = 1, 2, 3, \dots$

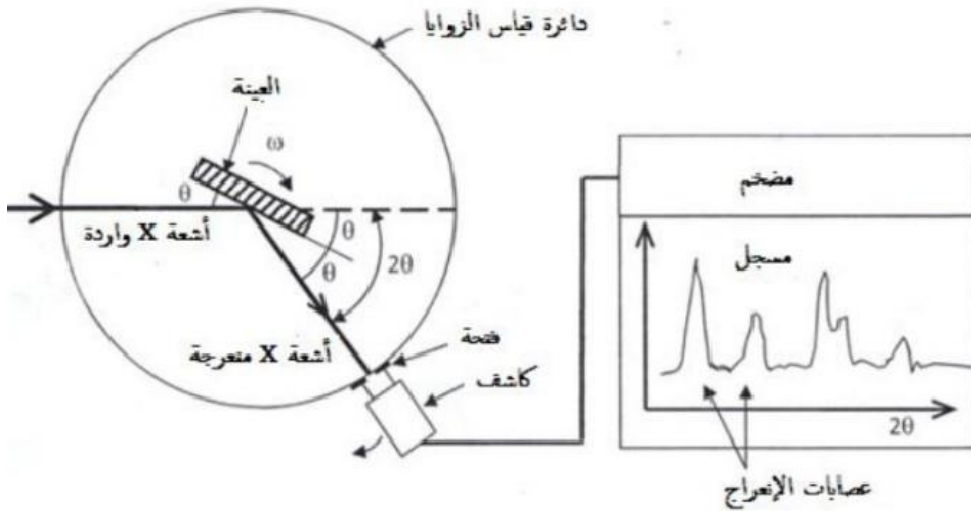
λ تمثل الطول الموجي [28].



الشكل 14: مخطط حيود الأشعة السينية.

2.2.3. مسار الأشعة داخل جهاز الأشعة السينية:

تثبت العينة على قاعدة الحامل، يمكن لها أن تكون تدور حول محور عمودي، كما بالشكل. عند ورود الأشعة السينية من المنبع على بلورة فإن مستويات الذرات تعمل كمرايا صغيرة تحيد الأشعة وفق أنماط منتظمة، وكل نوع من هذه البلورات له مخطط مختلف من الحيود، حيث تتعلق زاوية الحيود بشكل رئيسي بتغير البنية البلورية وطول موجة الأشعة السينية الواردة على البلور، ثم تركز الأشعة السينية الصادرة عند فتحة الكاشف حيث تدخل إلى العداد.



الشكل 15: مسار الأشعة داخل جهاز حيود الأشعة السينية.

تتغير زاوية الورود أثناء القياس خطوة بخطوة، وفي كل خطوة تسجل الشدة الفعلية للشعاع المنعكس بواسطة عداد، عندما يتحقق شرط براغ تظهر قيمة لشدة الشعاع المنعكس [26].

3.2.3. الجهاز المستعمل في الأشعة السينية:

تم استعمال جهاز RDX من نوع OLYMPUS، المتواجد في مخبر جيولوجيا الصحراء، مركز البحث العلمي بالقطب الجامعي 3.



الشكل 16. جهاز الأشعة السينية المستعمل.

4.2.3. تحضير العينة لإجراء التحليل بواسطة (XRD):

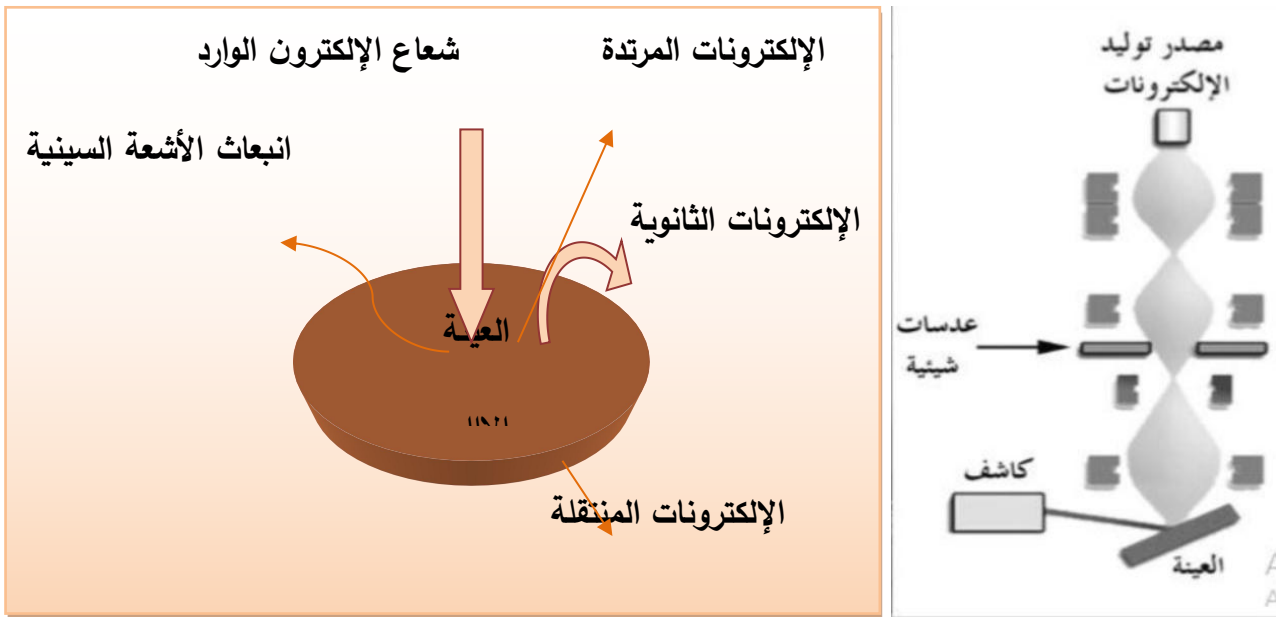
قبل إجراء عملية حيود الأشعة السينية تم سحق العينة بالطريقة المذكورة سابقا لضمان نتائج جيدة، يوضع مسحوق العينة على الحامل والذي يكون ذو بنية غير بلورية، يتم تلميس السطح بضغطه بواسطة صفيحة زجاجية للحصول على سطح مستوي من أجل تسجيل طيف الأشعة السينية.

3.3. المجهر الإلكتروني الماسح DEX:

يعتبر المجهر الإلكتروني الماسح أحد أنواع المجاهر الإلكترونية المعروفة، يستخدم في إنتاج صورة لمراقبة التضاريس السطحية للعينة المراد تحليلها، باستخدام مبدأ تفاعلات المادة مع الإلكترونات، يعطي معلومات عن المركبات التي تدخل في تركيب العينة وشكلها، تتجسد في صورة عالية الدقة ثلاثية الأبعاد، وهذا بفضل قدرته التكبيرية والتي تصل إلى أكثر من نصف مليون مرة، كما يستخدم في مجالات عدة كالكيمياء وعلم الأحياء والطب والجيولوجيا [29][30].

1.3.3. مبدأ عمل جهاز المجهر الإلكتروني الماسح:

عندما يصل إلكترون من حزمة الإلكترونات التي تسلط بشكل عمودي على سطح العينة، فإنه يتفاعل مع إلكترونات ذراتها، وينتج عنه (الإلكترونات الثانوية، الإلكترونات المشتتة، انبعاث الأشعة السينية، إلكترونات أوجر...)، النواتج من هذا التفاعل يكتشفها جهاز استشعار يراقب سطوح راسم الدبذبات تزامنا مع شعاع الإلكترون، فيعطي صورة مكبرة ثلاثية الأبعاد لسطح العينة على شاشة الحاسوب الموصول بالمجهر، حيث يختلف عدد الجسيمات المعاد انبعاثها باختلاف التضاريس والتكوين والملبس للسطح المدروس [31].



الشكل 17. مبدأ المجهر الإلكتروني الماسح

2.3.3. الجهاز المستعمل:

استعملنا في دراستنا جهاز المجهر من النوع EVO15 المتواجد بالأرضية التقنية للتحاليل الفيزيائية والكيميائية ورقلة المبين في الشكل.



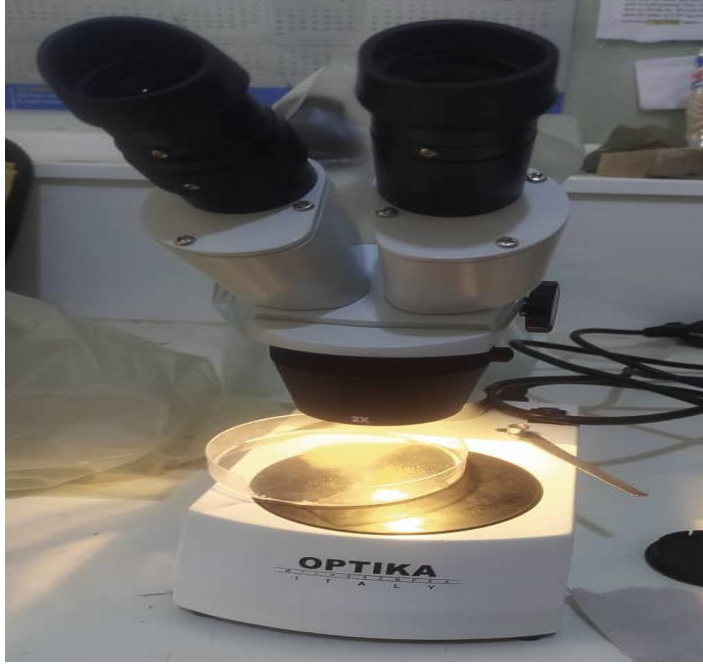
الشكل 11. 18 :جهاز المجهر الإلكتروني الماسح

3.3.3. تحضير العينة لإجراء القياس ب DEX:

لإجراء القياس بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح نقوم بوضع شريط الكربون اللاصق ذو وجهين على حامل العينة، ونضع العينة المراد تحليلها على الحامل وتثبت جيدا على الشريط الكربوني، وبعدها تغطي العينة بطبقة رقيقة من الذهب بواسطة جهاز خاص، وهكذا تصبح العينة جاهزة للفحص.

4. المجهر الضوئي:

كان أول اختراع للمجهر الضوئي على نظام بصري سنة 1611م على يد العالم Kepler، وأول استخدام له سنة 1655م من طرف العالم هوك على ضوء نظرية العالم Kepler، وطوره مجموعة من العلماء عبر مرور السنين إلى أن وصل إلى الشكل الذي هو عليه الآن. فالمجهر الضوئي عبارة عن جهاز يعطي صورة مكبرة عن العينات والأجسام التي ننظر إليها به، ويستخدم لدراسة الكائنات الحية والخلايا وأجزائها الصغيرة التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة، فهو من أهم التجهيزات العلمية الأساسية لأي معمل أو مختبر، وتعد مبادئ وطرق استعمال المجهر من الدروس الأساسية التي يتلقاها الدارسون والباحثون خاصة في مجال العلوم البيولوجية في المدارس والجامعات، ولا تزال التحسينات والتعديلات مستمرة على المجهر الضوئي لتحسين جودته وتوسيع مجال اختصاصه العلمي العملي في المختبر [35][36].



الشكل 11. 20:جهاز المجهر الالكتروني الضوئي

3.4. استعمالاته:

يعتبر المجهر الضوئي مهم جدا ولا يمكن الاستغناء عنه في وقتنا الحالي، يستعمل في العديد من المجالات حيث نجده في المخابر والمستشفيات والمصانع والمدارس ومعاهد البحث العلمي والجامعات. [35 ص 107]

5. الفرق بين المجهر الضوئي والمجهر الإلكتروني:

قوة التكبير في المجهر الإلكتروني عالية جدا وتبلغ أحداثها ملايين المرات، بينما قوة التكبير في المجهر الضوئي منخفضة مقارنة مع المجهر الإلكتروني. المجهر الضوئي يستخدم الضوء كمصدر ضوئي أما المجهر الإلكتروني فيستخدم الإلكترونات بدلا من الضوء [37].

الفصل الثالث

مناقشة وتحليل النتائج المتحصل عليها

الفصل الثالث: مناقشة وتحليل النتائج المتحصل عليها.

المقدمة:

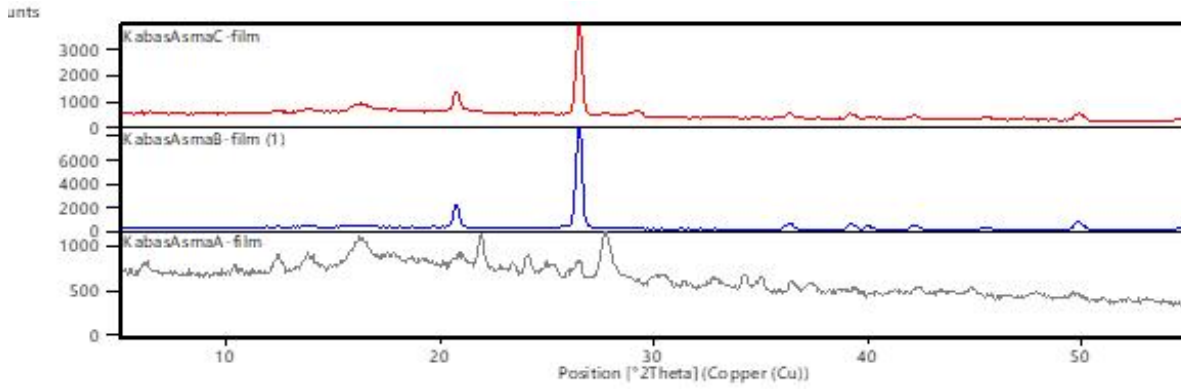
سنتناول في هذا الفصل مجموعة من طرق التحليل الطيفي الفيزيائية والكيميائية والتي تعتبر من بين أهم التقنيات المستخدمة في التحليل الكمي والكيفي والبنوي للمادة.

حيث سنقدم مختلف النتائج المنجزة والمتحصل عليها من تحليل عينات مختلفة من الصخور التي تم دراستها بواسطة تقنية تحليل انعراج الأشعة السينية (XDR) وتقنية فلورة الأشعة السينية (XRF) وبالإضافة إلى مطيافية الأشعة تحت الحمراء (IR) والمجهر الإلكتروني الماسح (DEX).

1. المقارنة الإجمالية بين البنى البلورية للمواد المدروسة

1.1 المقارنة باستعمال انعراج الأشعة السينية على المسحوق:

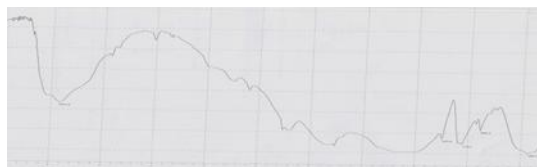
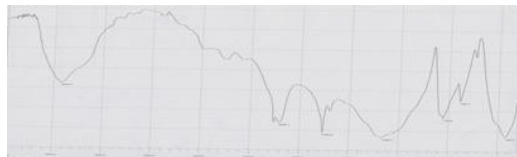
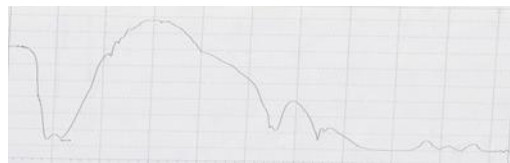
عندما تتعرض الأشعة السينية لمسحوق المادة المراد تحليلها، فإنها تنعكس بزوايا معينة على الذرات في المسحوق وتسجل على شكل أطيف كما هو موضح في الشكل III. 1 وهذه الأطيف الناتجة تسمح لنا بتحديد التركيب النوعي والكمي للمادة المراد تحليلها ومن خلال النتائج المتحصل عليها ومطابقتها فيما بينها لاحظنا تطابق في نتيجة تحليل الأشعة السينية على العينتين B وC وهذا التطابق يدل على أن البنية البلورية لهما متشابهة وهذا يتطابق مع نتائج تحليل الأشعة تحت الحمراء، أما العينة A فلاحظنا اختلافها عنهما واختلاف البنية البلورية يؤدي إلى اختلاف الخصائص الكيميائية و الفيزيائية للمركبات.



شكل III. 1: مخطط إنعراج الأشعة السينية للعينات الثلاثة

2.1 المقارنة باستعمال مطيافية تحت الحمراء:

تتعلق منحنيات الأشعة تحت الحمراء بطريقة تفاعل المادة مع الإشعاع الكهرومغناطيسي ذو الطول الموجي المناسب للتفاعل مع الروابط الكيميائية في الجزيئات، تستخدم هذه المنحنيات في تحديد تركيب و طبيعة العينة المراد تحليلها وذلك من خلال الاختلافات في الاهتزازات الداخلية للروابط الكيميائية، حيث يبين الشكل III. 2 الموضح اسفله الاطياف التي تم تسجيلها من تحليل العينات A، B و C بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء ومن خلال مطابقة الاطياف I، II و III والتي تم تسجيلها للعينات A، B و C على الترتيب فيما بينها يظهر لنا تطابق في طيف العينتين B و C و اختلاف الطيف للعينة A وهذا يدل على ان المجموعات الوظيفية للعينات B و C متشابهة والعينة A تختلف عنهما وهذا الاختلاف يؤكد التنوع الجيولوجي لصخور منطقة الكاف .

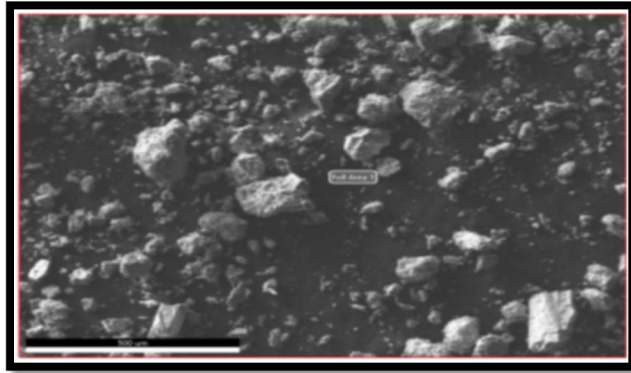


الشكل III. 2: طيف الأشعة تحت الحمراء للعينات A وB وC

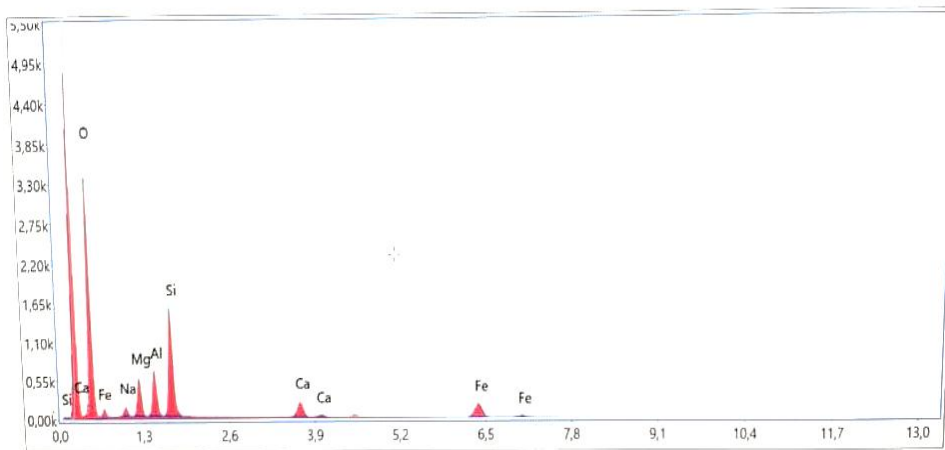
2. التحليل الوصفي للينة A وB وC باستعمال التحليل الكمي الكيفي (DEX):

بين الشكل III. 3 والشكل III. 5 صور العينات تحت المجهر الإلكتروني الماسح لتصوير بالمجهر الإلكتروني الماسح للعينات، وهي عبارة عن صور دقيقة ذات سلم 500um تبين البنية المورفولوجية للعينات، تبيّن من خلالها أن الأحجار تحتوي على أشكال مختلفة منها الدائرية والمسطحة والطولية ومنها غير المنتظمة وبأحجام متعددة

2.1 نتائج التحليل الوصفي للينة A بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح:



الشكل III. 3: صورة للينة A تحت المجهر الإلكتروني.



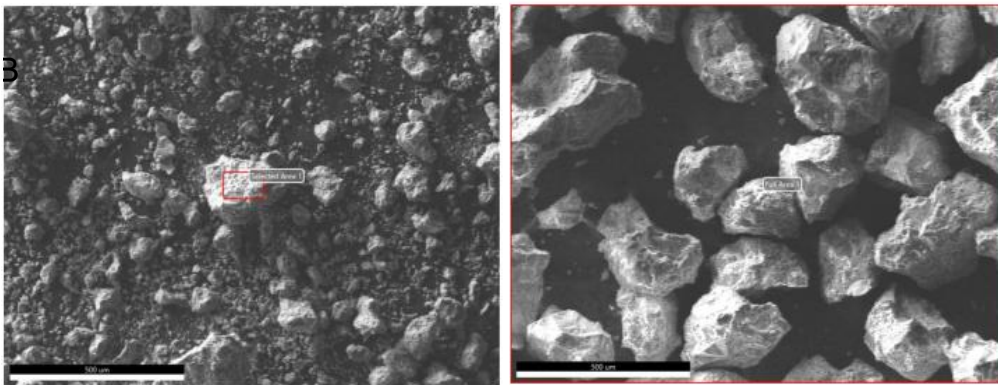
الشكل III. 4: طيف الأشعة السينية للتركيب الكيفي والكمي للينة A.

يظهر الشكل III. 4 طيف الأشعة السينية للتركيب الكمي والكيفي للعينه A أنها تتكون من مجموعة من العناصر (الأكسجين، الصوديوم، المغنيسيوم، الألمونيوم، السيلكون، الكالسيوم، الحديد) وهذا ما تؤكدته النتائج المبينة في الجدول III. 1 مرفقة بالنسب الوزنية والذرية لها:

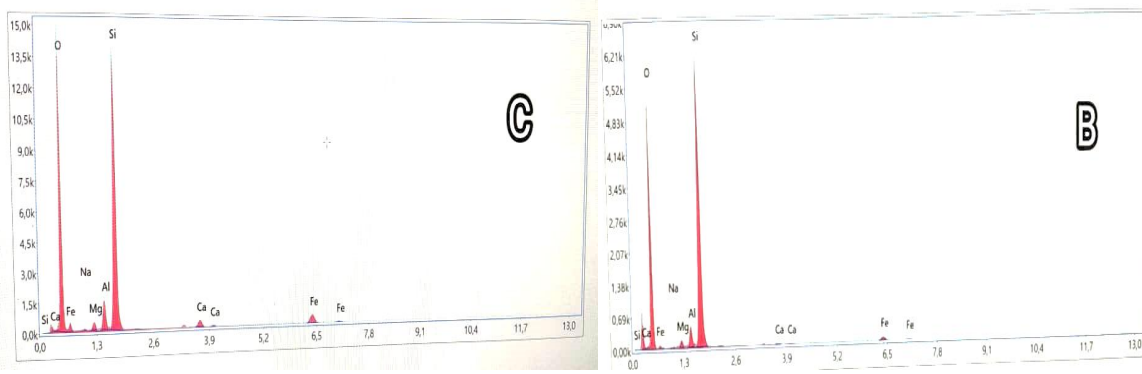
الجدول III. 1: نتائج التحليل الكمي للعينه A المتحصل عليها بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح.

العناصر	التركيز الكتلي %	التركيز الذري %
O	61.77	74.96
Na	2.86	2.42
Mg	6.53	5.22
Al	6.50	4.68
Si	13.30	9.19
Ca	2.84	1.37
Fe	6.20	2.16

2.2 نتائج التحليل الوصفي للعينه B و C بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح:



الشكل III. 5: صور العينات تحت المجهر الإلكتروني الماسح.



الشكل III. 6: طيف الأشعة السينية للتركيب الكيفي والكمي للعينتين.

من خلال أطياف الأشعة السينية الشكل III. 6 في تبين أن العينتين مكونتين من عنصرين أساسيين وهما السيلكون (Si) والأكسجين (O)، وهذا ما تؤكدته النتائج المتحصل عليها في الجدول III. 2 مرفقاً بالنسب الوزنية والذرية لها:

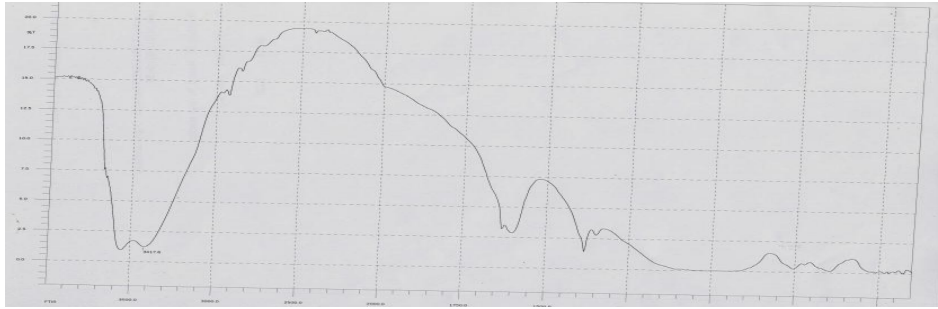
الجدول III. 2: نتائج التحليل الكمي للعينة B وC المتحصل عليها بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح.

	التركيز الكتلتي	التركيز الذري %	التركيز الكتلتي %	التركيز الذري %
العناصر	العينة B		العينة C	
O	63.18	75.37	63.95	76.60
Na	0.80	0.66	0.37	0.31
Mg	1.43	1.12	1.34	1.05
Al	2.79	1.97	3.46	2.46
Si	29.48	20.03	25.98	17.73
Ca	0.36	0.17	1.23	0.59
Fe	1.97	0.67	3.68	1.26

3. التحليل الوصفي للعينة باستعمال الأشعة تحت الحمراء (IR)

يمثل الشكل III. 7 والشكل III. 8 لأطياف التي تم تسجيلها للعينات المدروسة باستعمال جهاز المطياف FTIR-8300 CH-HMADZU في نطاق التردد ($4000 - 400\text{cm}^{-1}$) بغرض التحليل الكيفي والكمي لها، ولتحليل هذه الأطياف يكفي تحديد أطوال الموجات الممتصة الموافقة للمجموعات الكيميائية الموجودة بالعينة، ثم إرفاق المجموعة الوظيفية والمعادن الموافقة لكل امتصاص في نفس العينة وذلك بمقارنة طيف الامتصاص الخاص بالعينة مع ما هو منشور في المراجع المتاحة.

3.1 دراسة العينة A:



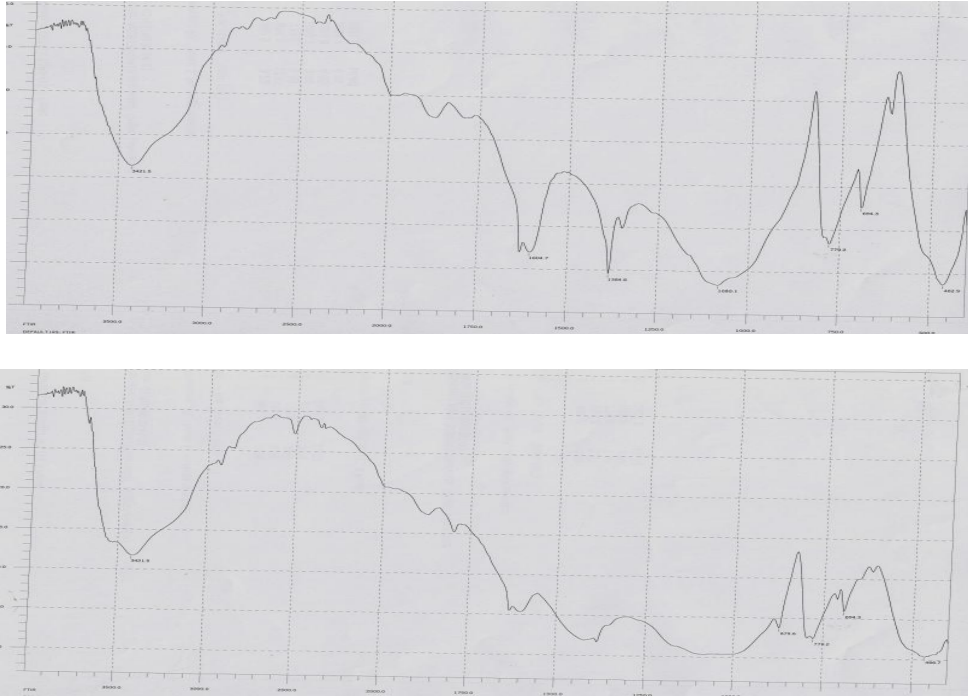
الشكل III. 7: طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة A.

من خلال هذا الطيف الشكل III. 7 نلاحظ أن تقريبا معظم القمم الرئيسية ذات ذروات عريضة نوعا ما، فهي تمثل المجموعات الوظيفية الموجودة في العينة

عادة ما تجري فحص العصابات أو المجموعات الوظيفية للمواد العضوية بطريقة سهلة في الأشعة تحت الحمراء، ولكن عندما يتعلق الأمر بمواد صلبة لا عضوية مثل ما هو الحال في هذه الصخور التي تتكون من المواد اللاعضوية فقط مثل SiO_2 ، الكوارتز، Al_2O_3 ، فإن هذه المواد ليست عضوية وبالتالي يختلف تحليل طيف IR لها عن المواد العضوية، ففي الدراسات السابقة توصلنا إلى أن هذه العصابات تدل على وجود الكوارتز، SiO_2 ، Al-O ، Si-OH .

هذه الروابط تدل على وجود المواد التي تم الإشارة إليها كما سنرى في تحليل RDX ذات الكفاءة الأعلى في توصيف المادة مقارنة ب IR نؤكد وجود هذه المواد.

3.2 دراسة العينة B و C:

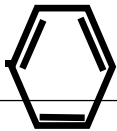


الشكل III. 8: أطياف الأشعة تحت الحمراء للعينتين B و C.

من خلال تحليل هذين الطيفين الشكل 8. III. لاحظنا أنهما متطابقين نوعاً ما، أي أن المجموعات الوظيفية المكونة لهما تنتمي إلى نفس المجال وهذا يدل على أن العينتين B و C نفس المجموعات الوظيفية ونفس الطبيعة الكيميائية، وبعد مقارنتهما بمراجع درست لمراد سابقاً توصلنا إلى أن معظم الروابط الموجودة في العينتين تعود إلى عنصر الكوارتز، مما يؤدي إلى تأكيد النتائج المتحصل عليها بتقنيتي انعراج الأشعة السينية والمجهر الإلكتروني الماسح، ويلخص الجدول 3. III. الموالى أهم أشرطة الامتصاص المسجلة بأرقامها الموجية والمجموعات الوظيفية الموافقة لها:

الجدول III. 3: المجاميع الوظيفية الموافقة لأشرطة الامتصاص لطيف IR للعينتين

العدد الموجي Cm^{-1}	خواص الحزمة	المجال المطابق	المجموعة الوظيفية
3425.3	حزمة عريضة متوسطة	3200-3450	Si-OH
1604.7	حزمة مزدوجة متوسطة	1600-1800	



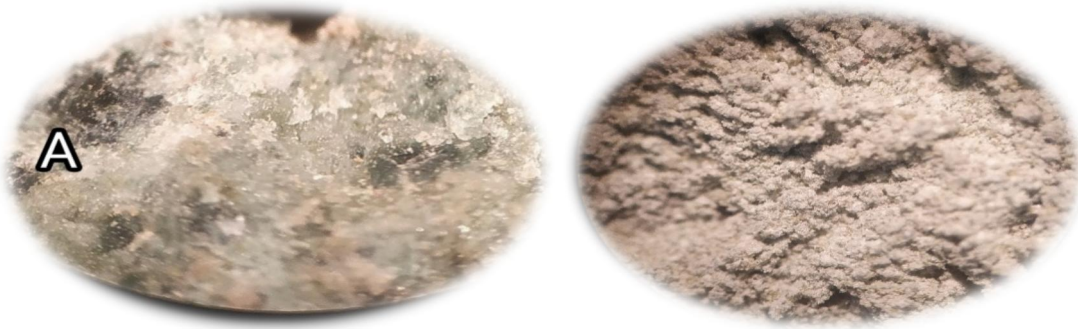
Si---			
Si-OCH(CH ₃) ₂	1380-1390	حزمة متوسطة حادة	1384.8
Si-O-Si / Si-O	870-1250	حزمة قوية عريضة	1080.1
Si-O / Si-O-Al (Al, Mg)	750-800	حزمة مزدوجة متوسطة	779.2
Si-O / Si-O-Al	693	حزمة متوسطة حادة	694.3
Si-O-Fe /Si-O	468	حزمة متوسطة قوية	462.9

من خلال النتائج الموضحة في الجدول نلاحظ ظهور مجموعة من أشرطة الامتصاص للعينتين، حيث توجد حزمة عريضة متوسطة عند العدد الموجي 3425.3 Cm^{-1} وهي تشير للمجموعة الوظيفية Si-OH، في حين أن الحزمة المزدوجة المتوسطة التي ظهرت عند 1604.7 Cm^{-1} تشير إلى المجموعة الوظيفية Si-benzène، ويشير الامتصاص الأكثر حدة للحزمة المتوسطة التي ظهرت عند التردد 1384.8 Cm^{-1} تشير إلى المجموعة الوظيفية $\text{Si-OCH(CH}_3)_2$ ، ويشير الامتصاص للحزمة القوية العريضة عند التردد 1080.1 Cm^{-1} إلى المجموعة الوظيفية Si-O-Si / Si-O، كما تتسب حزمة الامتصاص المتوسطة لمزدوجة عند التردد 779.2 Cm^{-1} إلى المجموعة الوظيفية Si-O / Si-O-Al (Al, Mg)، أما بالنسبة للحزمة المتوسطة الحادة عند العدد الموجي 694.3 Cm^{-1} تدل على المجموعة الوظيفية Si-O / Si-O-Al، كما تتسب الحزمة القوية المتوسطة عند 462.9 Cm^{-1} تشير إلى المجموعة الوظيفية Si-O-F/Si-O

وبعد مناقشة نتائج طيف IR للعينتين والنتائج الموضحة في الجدول ومقارنتها مع ما هو منشور في المراجع السابقة يتبين أن معظم أشرطة الامتصاص تعود إلى المجموعة الوظيفية Si-O والتي تشير إلى وجود الكوارتز، والذي تركيبه الكيميائي عبارة عن ثاني أكسيد السيلكون (SiO_2)، وهذا يتطابق مع نتائج تقنية انعراج الأشعة السينية والمجهر الإلكتروني الماسح.

4. التحليل الوصفي للعينات باستعمال المجهر الضوئي:

يظهر هذا التحليل التفاصيل الدقيقة للتركيب والبنية الداخلية للصخور فيساعد على تحديد نوع الصخر ومميزاتها الجيولوجية، يمثل الشكل III. 9 والشكل III. 10 نتائج تحليل المجهر الضوئي للعينتين A و العينتين B و C حيث نلاحظ حبيبات براقية في العينات والبلورات التي تتشكل منها الصخرة ومن خلال المجهر الضوئي لاحظنا أن جميع العينات تحتوي على حبيبات الرمل التي تعود الى الكوارتز SiO_2 .



الشكل III. 9: صورة للعينتين A تحت المجهر الالكتروني في الحالة العادية و المطحونة



الشكل III. 10: صورة للعينتين B و C تحت المجهر الضوئي.

5. التحليل الوصفي للعينات باستعمال الأشعة السينية (RDX)

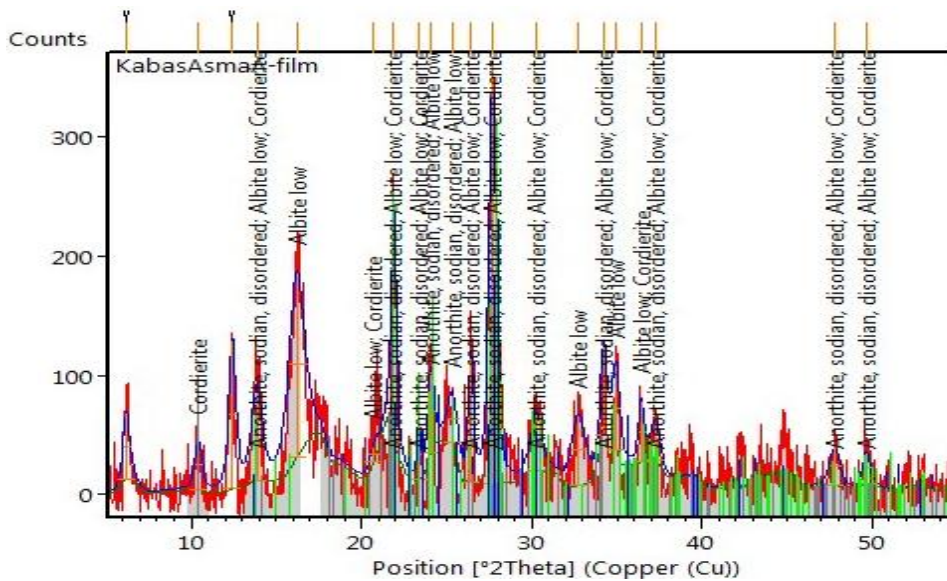
سمح لنا جهاز انعراج الأشعة السينية بتسجيل أطياف الانعراج على مسحوق العينات المدروسة من الصخر B و C الشكل III. 15 والشكل III. 16 على الترتيب والصخر A الشكل III. 11 حيث تسمح هذه التقنية بتحديد شدة الخطوط المنعرجة والزوايا الموافقة لها وهذه الزوايا تسمح بتحديد المسافات البينية للسطوح

الذرية وتزودنا بالبنية البلورية للعينة حيث تحدد لنا الصيغة الكيميائية المفصلة والمجملة للعينة والزمرة الفراغية.

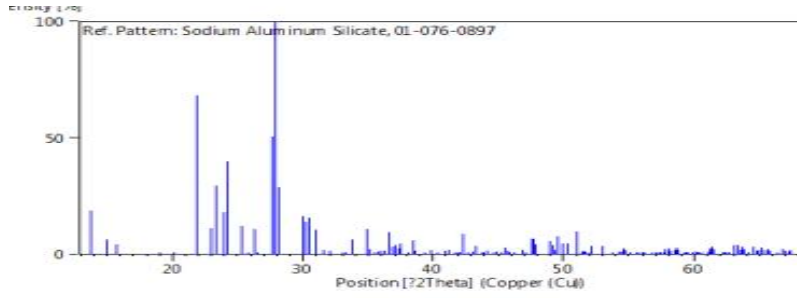
ومن اجل معالجة نتائج حيود الاشعة السينية بطريقة آلية اخترنا برنامج HighScore Plus لدراسة هذه العينات. بعد فتح الطيف في البرنامج انتقلنا إلى الخيار analyze ثم Search/Match. حيث تعمل هذه الخطوة بالبحث في قواعد البيانات على الطور الذي يمثل العينة. يحدث هذا عندما يتطابق الطيف التجريبي الذي تم تسجيله بالجهاز والطيف الموجود في قاعدة البيانات.

5.1 دراسة العينة A:

من خلال الشكل III. 11 والمقارنة بين النتائج التجريبية لهذا الطيف وقاعدة البيانات تحصلنا على تشخيص العينة من خلال تطابق الطيف التجريبي مع ثلاثة أطيف، الشكل III. 12 والذي يمثل الطيف الأول في قاعدة البيانات رقم 01-076-0897 الذي يوافق الطور المسمى Albite low كما هو موضح في الجدول III. 4 والشكل III. 13 والذي يمثل الطيف الثاني في قاعدة البيانات رقم 00-041-1481 الذي يوافق الطور المسمى Anorthite، sodian، disordered، ذو الصيغة الكيميائية $(Ca, Na)(Si, Al)_4O_8$ كما هو موضح في الجدول III. 5، حيث يمثل الشكل III. 14 الطيف رقم 01-076-1794 في قاعدة البيانات الذي يوافق الطور كورديريت ذو الصيغة الكيميائية $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$ وهذا ما يوضحه الجدول III. 6.



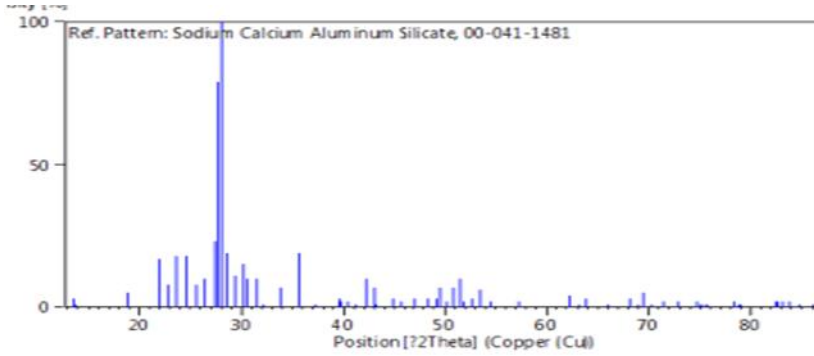
الشكل III. 5: انعراج الاشعة السينية للعينة A



الشكل III. 6: طيف الاشعة السينية للمركب Albite low

الجدول III. 4: المعطيات البلورية ل Albite low

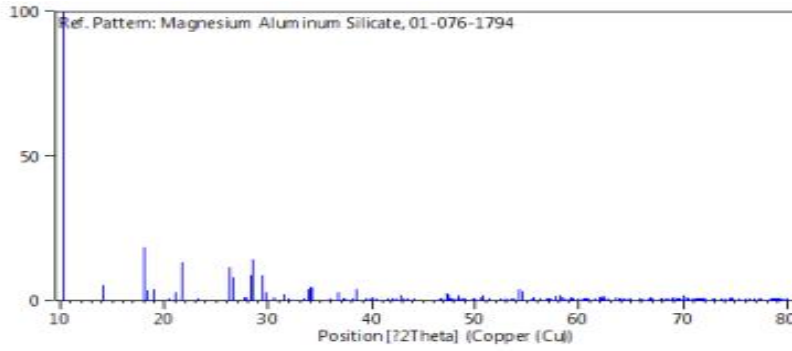
الكود المرجعي	الاسم المعدني	اسم المركب	الاسم الشائع	اسم ICSD	الصيغة الكيميائية
01-076-0897	Albite low	صوديوم المنيوم سيليكات	سيليكات الصوديوم	الوموترسيليكات الصوديوم	$Na(AlSi_3O_8)$



الشكل III. 7: المعطيات البلورية للمركب Anorthite

الجدول III. 5: لمعطيات البلورية ل Anorthite sodian disordered

الكود المرجعي	الاسم المعدني	اسم المركب	الصيغة التجريبية	الصيغة الكيميائية
00-041-1481	Anorthite, sodian, disordered	صوديوم كالسيوم المنيوم سيليكات	$Al_{1.8}Ca_{0.8}Na_{0.2}O_8Si_{2.2}$	$(Ca, Na)(Si, Al)_4O_8$



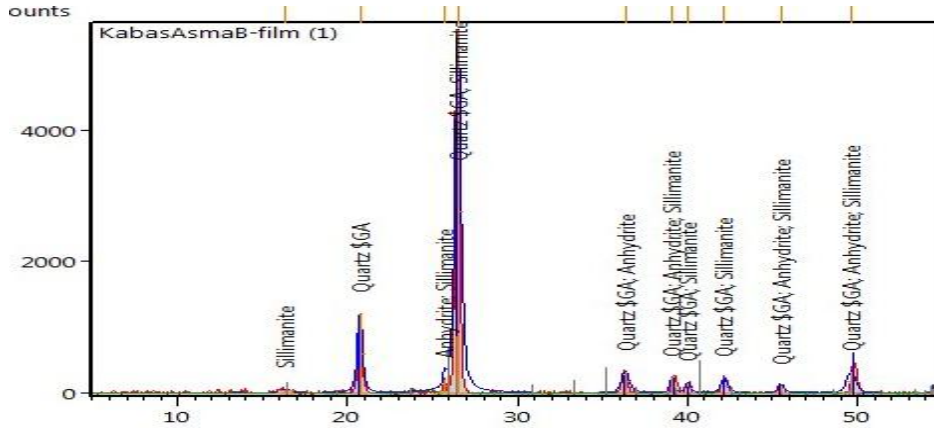
الشكل III. 8: طيف الأشعة السينية للمركب كورديريت

الجدول III. 6: المعطيات البلورية لكورديريت

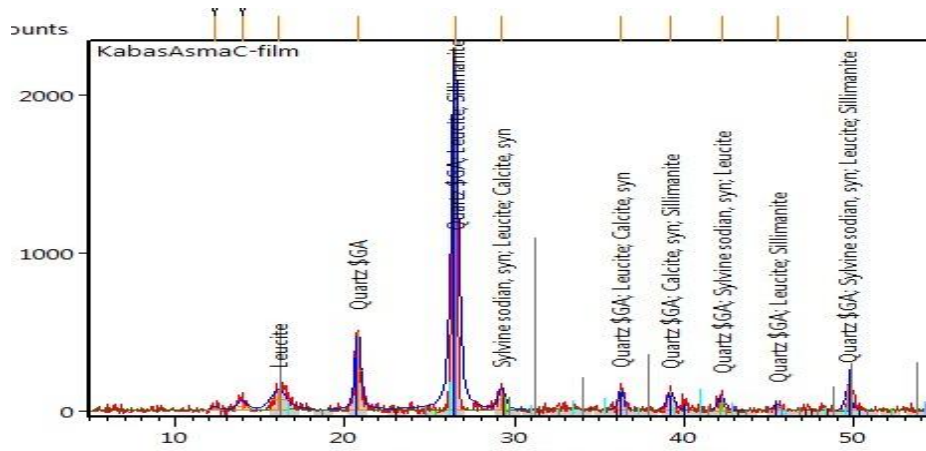
الكود المرجعي	الاسم المعدني	اسم المركب	اسم ICS D	الصيغة التجريبية	الصيغة الكيميائية
01-076-1794	كورديريت	سيليكات الومنيوم المغنيزيوم	سيليكات الومنيوم المغنيزيوم	$Al_4Mg_2O_{18}Si_5$	$Mg_2Al_4Si_5O_{18}$

5.2 دراسة العينة B و C:

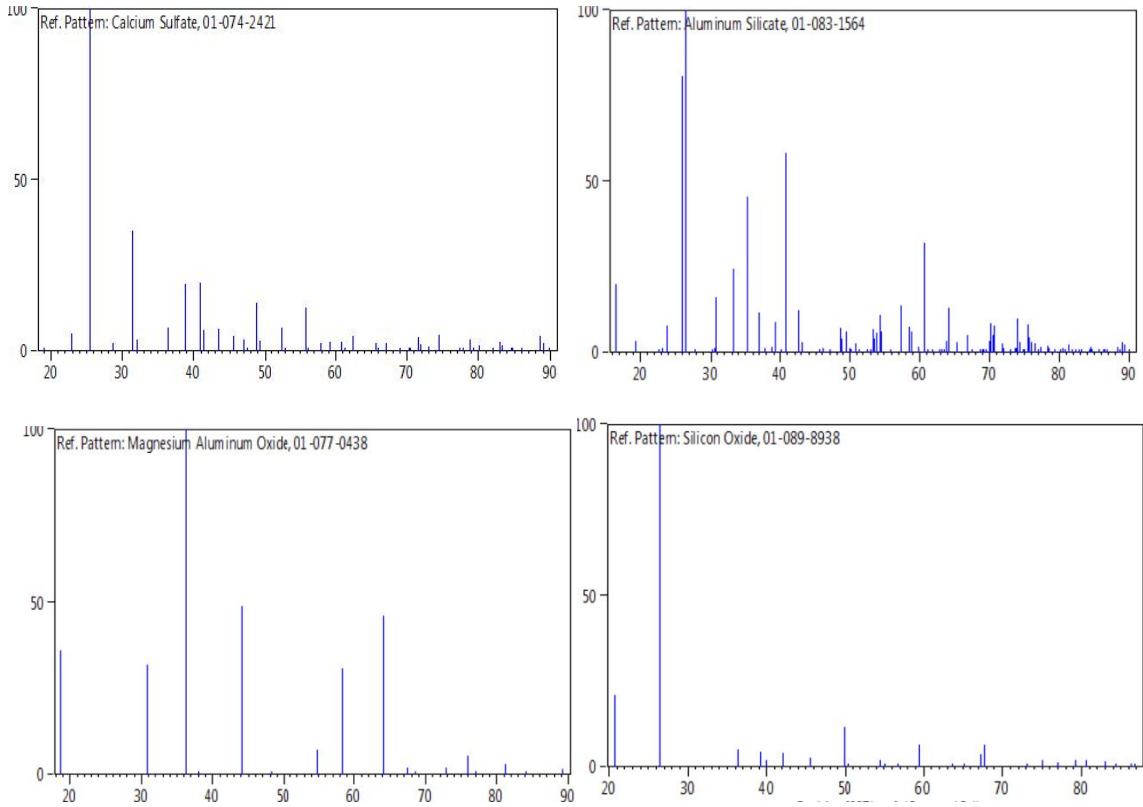
قمنا بتحديد الصيغة الكيميائية للعينتين قمنا بفهرسة المنحنى الموضح في الشكل III. 15 والشكل III. 16، من خلال المقارنة بين النتائج التجريبية لهذها لأطياف وقاعدة البيانات تحصلنا على تشخيص العينتين، حيث لاحظنا من خلال الجدول 7. III. الوجود تطابق في قاعدة البيانات رقم 01-089-8938 الذي يوافق الطور المسمى Quartz a، كما تحتوي العينة B على أطياف الشكل 17. III. اتحصلنا عليها من قاعدة البيانات رقم 01-077-0438، 01-083-1564 و 01-074-2421 الموافقة لطور المسمى Sillimanite، Spinel و Anhydrite على الترتيب والعينة C تحتوي على الأطياف الشكل 18. III. قواعد البيانات رقم 01-076-2298، 01-086-0174 و 01-075-0299 الموافقة للأطوار Leucite، Calcite و Sylvine sodian على الترتيب.



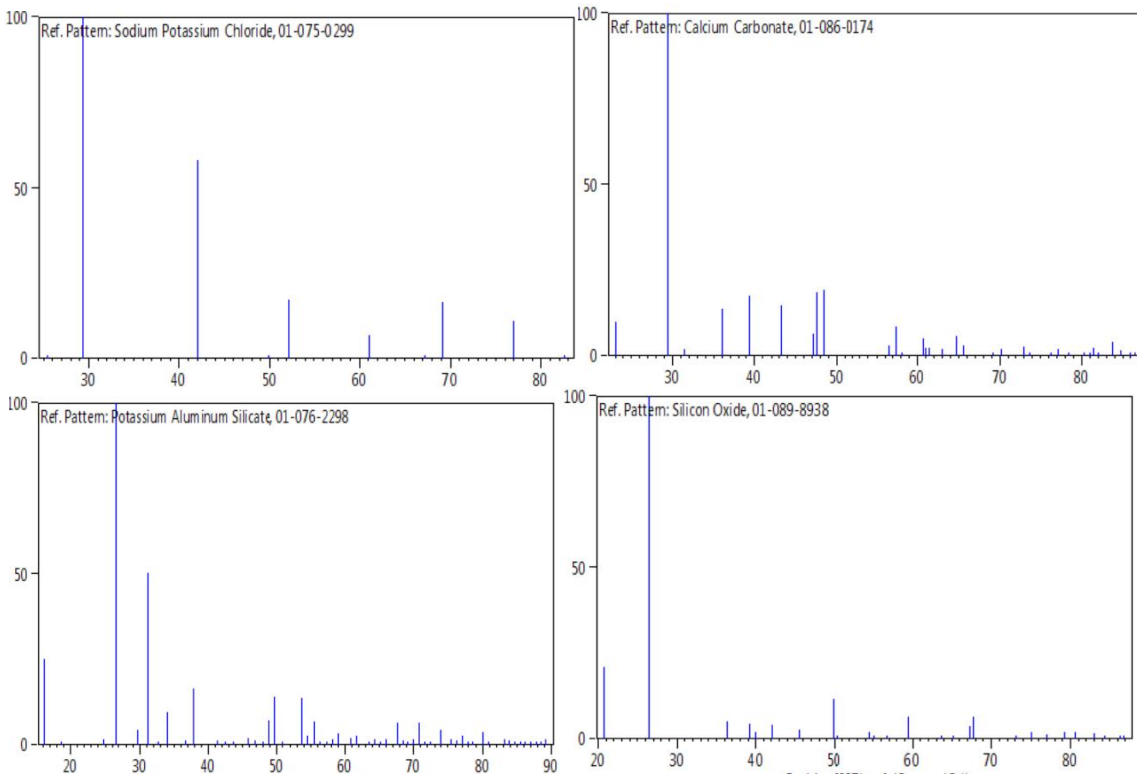
الشكل III. 9: طيف الأشعة السينية للعينة B



الشكل III. 16: طيف الأشعة السينية للعينة C



الشكل III. 17: أطياف الأشعة السينية لمركبات العينة B



الشكل III. 18: أطياف الأشعة السينية لمركبات العينة C

الجدول III. 7: المعطيات لمركبات البلورية للعينتين B و C

	العينة B			المركب المشترك	العينة C		
	المركب 3	المركب 2	المركب 1		المركب 3	المركب 2	المركب 1
الكود المرجعي	01-074- 2421	01-083- 1564	01-077- 0438	-089-01 18938	01-075-0299	01-086- 0174	01-076- 2298
الاسم المعدني	Anhydrite	Sillimanite	Spinal	Quartz a	Sylvine sodian/syn.	Calcite	Leucite
الصيغة الكيميائية	Ca(SO ₄)	Al ₂ SiO ₅	MgAl ₂ O ₄	SiO ₂	Na _{0.38} K _{0.61} Cl	Ca(CO ₃)	KAlSi ₂ O ₆

الخلاصة:

خلال هذا الفصل قمنا بمناقشة وتحليل النتائج المتحصل عليها، ومن خلالها حددنا التركيب الكيفي والكمي للعينات A, B, C وذلك بتحديد المجموعات الوظيفية والعناصر الكيميائية المكونة لها انطلاقاً من مطيافية الأشعة تحت الحمراء والمجهر الإلكتروني الماسح، والذي أفادنا كذلك بمعرفة نسب تلك العناصر وأخذ صور جد دقيقة لأسطح العينات، أما تقنية انعراج الأشعة السينية فأفادتنا بمعرفة نوع كل صخر من خلال الاسم المعدني والصيغ الكيميائية الناتجة من برنامج HighScore plus، وتم تأكيد هذه النتائج من خلال التقنيات المذكورة سابقاً .

الخلاصة العامة

الخلاصة العامة:

قمنا في هذا العمل بدراسة التركيب الكيفي والكمي والبنوي لمجموعة عينات من الصخور والأحجار الطينية لمنطقة كاف الملح بتاجرونة ولاية الاغواط، وإستعنا في هذه الدراسة بعدة تقنيات طيفية والمتمثلة في مطيافية الأشعة تحت الحمراء والتي تمكنا من معرفة الروابط الجزيئية المضمنة داخل تركيب الصخور، وانعراج الأشعة السينية حيث تفيدنا هذه التقنية بمعرفة التراكيب البلورية الرئيسية في العينة، وكذا المجهر الإلكتروني الماسح والذي يعطي صورة جد دقيقة ثلاثية الأبعاد لسطح العينات وما تحويه من مركبات، إضافة إلى المجهر الضوئي حيث يظهر لنا التفاصيل الدقيقة للتركيب والبنية الخارجية للصخور، كل ذلك بهدف معرفة مكونات الصخر مع العلم بان الدراسات السابقة بهذا المجال قليلة، وبعد دراسة وتحليل النتائج التجريبية المتحصل عليها من التقنيات المستخدمة كانت النتائج كالتالي:

• **المجهر الضوئي:** يظهر هذا التحليل التفاصيل الدقيقة للتركيب والبنية الخارجية للصخور فيساعد على تحديد نوع الصخر ومميزاته الجيولوجية، من خلال تحليل نتائج تحليل العينة A والعينتين B وC تبين أنها تحتوي حبيبات براقه واستطعنا ملاحظة البلورات التي تتشكل منها الصخرة، ومن خلال المجهر الضوئي لاحظنا أن جميع العينات تحتوي على حبيبات الرمل التي تعود إلى الكوارتز SiO_2 .

• **تقنية FTIR:** بفضل تقنية مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR)، تمكنا من إظهار أغلب المجاميع الوظيفية الموجودة في العينات الصخرية بمنطقة كاف الملح حيث أظهرت أن العينتين B و C تحتويان على نسب كبيرة من مركب الكوارتز والعينة A تحتوي على نسب من مركبات الفلسبار.

• **تقنية EDX:** أظهرت لنا نتائج تحليل المجهر الإلكتروني الماسح العناصر الكيميائية للعينات الصخرية المدروسة، فهي تعطي تراكيز العناصر الذرية الموجودة، إذ تبين أن العينة A تتكون أساسا من السيلكون والأكسجين وعناصر أخرى بنسب متفاوتة وهي: Al، Na، Ca، Mg، Fe، كما تتكون العينتين B و C من نسب وتراكيز مختلفة، حيث احتل تركيز السيلكون والأكسجين أعلى نسبها.

• **تقنية RDX:** مكنت الدراسة باستخدام انعراج الأشعة السينية (RDX) من تحديد المركبات البلورية الرئيسية التي تتكون منها العينات. حيث تبين أن العينة الصخرية A تحتوي على ثلاثة مركبات أساسية وهي: Anorthite، Albite وAordierite ومن خلال هذه النتائج والنتائج المتحصل عليها من المجهر الإلكتروني الماسح تأكد أن الصخر A عبارة عن صخر بركاني ماغماتي. كما أظهرت العينتين B

C وأنلهما مركب مشترك أساسي في تحديد نوع الصخر وموجود بنسبة كبيرة وهو الكوارتز ألفا وهذا ما يتطابق مع نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء، إضافة إلى وجود مركبات بلورية ثانوية ومن خلال هذه النتائج نستنتج الصخرتين تنتميان إلى الصخور الرسوبية، ومن خلال المركبات البلورية الثانوية يمكن الحكم على أن العينة B صخر رسوبي من نوع حجر رملي والعينة C صخر رسوبي من نوع حجر طيني.

ومن خلال هذه النتائج المتوصل إليها استطعنا التعرف على نوع الأحجار أو الصخور المدروسة فالعينة A عبارة عن صخر بركاني ماغماتي، أما العينتين B وC فهما صخرتان ينتميان إلى نفس العائلة وهي عائلة الصخور الرسوبية.

الأفاق المستقبلية:

ويبقى مجال البحث مفتوح في هذا الإطار من حيث استخلاص هذه المعادن واستغلالها من أجل تنمية الاقتصاد الوطني والتطبيقات التكنولوجية

المرجع	الرقم
د/ر. ف. سايمز، «الصخور والمعادن»، لندن، ص8	[1]
O. Gordon, G. Richard, Bleacher, E. Jacob, N. Catherine, P. Eric, T. Livio«Ingeous rocks formed by hypervelocity impact»,Doi:10.1016/j.jvolgeores.2018.01.015	[2]
خ. مباركة، مذكرة ماستر أكاديمي «دراسة عينة من الصخور منطقة ورقلة بواسطة التقنيات الطيفية»، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2019	[3]
K.Gordon,«The Interpretation of Igneous Rocks»، Doi:10-1007/978-94-017-3373-1,2013,P15,14	[4]
D. Halmurat, TaximaitiYusufu, Q. ling Wang, H. Jiuyang , A. Sidiki,« Rare earth ion Tb ³⁺ doped natural sodium feldspar (NaAlSi ₃ O ₈) Luminescent properties and energy transfer»,Doi.org/10.1038/s41598-019-51171-3, 2019.	[5]
R .Gill, F .Godfrey ,«Igneous Rocks andProcesses»,2022,p 98	[6]
ع. طريح شرف «كتاب المقدمات في الجغرافيا الطبيعية»، ص11	[7]
ب. إرمولي، «مذكرة ماجستير محاولة تطبيق اللدائن الطبيعية في علاج الآثار حالة الحجارة والخزف»، جامعة الجزائر، 2013، ص02	[8]
https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/12/12_2018_04_11!02_53_43_PM.pdf	[9]
ع. د. أفندي، «أطلس الصخور والمعادن»، ص 60، 61	[10]
ع. لهاني ابو النضر، «كتاب موسوعة الفيزياء المبسطة»، 2014	[11]
ن. م. روزنيسكي، «كتاب الصخور الصلبة والرقيقة والناعمة والخشنة»، ص18	[12]
كتاب علم الأرض -مقررات 1444	[13]
ع. م. السيد محمد، «مذكرة دكتورا في الجغرافيا الطبيعية، جيومرفولوجية نهر النيل فيما بين بحيرة ناصر وخانق السلسلة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية» جامعة دمياط، 2019.	[14]
R. J. Merriman, D. E. Highley, D. G.Cameron, "Definition and	[15]

	characteristics of very-fine grained sedimentary rocks: clay, mudstone, shale and slate», 2003.
[16]	F. Belrgaya, B. K. G. Theng, G. Lagaly, «Handbook of Clay science», 2006.
[17]	https://youtu.be/9yFcZlxpwHo
[18]	م.مختاري، «مطيافية الأشعة تحت الحمراء»، جامعة الوادي.
[19]	D.Bertrand, E.Dufour, «La spectroscopie infrarouge et ses applications analytiques», 2 ^{ed} , Lavoisier, 2006, p31
[20]	www.chromacademy.com
[21]	ع. سليمان أبو المجد، «التحليل الطيفي باستخدام الأشعة تحت الحمراء»، الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي، ص15
[22]	D.L.Pavia, G.M.Lampman, G.S.Kriz, J.R.Vyvyan, «INTRODUCTION TO SPECTROSCOPY», Fifth Edition, 2013, P15/16.
[23]	ز. عبد الحميد، ق. وليد، «التحليل الطيفي باستعمال أطيف الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء»، ديوان المطبوعات الجامعية، 04-2010، صفحة138
[24]	«طرق التحليل الطيفي (تقنية مختبرات كيميائية)»، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني المملكة العربية السعودية.226، ص47
[25]	L. Pavia, M .Lampman, S. Kriz, «INTRODUCTION TO .SPECTROSCOPY», P16
[26]	ع. لهيبي، ع. جديعي، مذكرة ماستر أكاديمي، « تحضير ودراسة مادة السليكا النانو مترية من الرمل لمنطقة الوادي»، 2021، ص21
[27]	«طرق التحليل الطيفي (عملي)»، المملكة العربية السعودية، المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني. طبعة 1429، ص31
[28]	م. صالح محمد، «الأشعة السينية الفوائد والمخاطر»، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.2015م، ص17

[29]	ر. سعودي محمد، م. يسري، «أساسيات وتكنولوجيا المواد النانو مترية»، جامعة المنصورة، 2023، ص95
[30]	S. Beddiaf, Doctorate LMD, «Determination of the molecular composition and the quartz concentration in the different granular types of Ouargla dunes sand using spectroscopic techniques», UNV Ouargla, 2016,P 26
[31]	ح. فلاح سكيك، «الميكروسكوبات الإلكترونية»، سلسلة تبسيط الفيزياء، 25-05-2013، ص09
[32]	F. Brisset, M. Repoux, J. Ruste, F. Grillon, F. Robaut, «Microscopie électronique a balayage et Microanalyses», Saint Martin d'Hères, 2006, P207.
[33]	E. Mortier, S. Jager, D. Gerdolle, A. Dahoun, «La microscopie électronique a balayage environnementale : application a l'observation des tissus dentaires minéralisés», .DOI : 10 .1051/aos/2011305, 2011,P223
[34]	م. ش. الإسكندراني، « كتاب تكنولوجيا النانو (من أجل غد أفضل) »، أبريل 2010.ص125.
[35]	ن. م. ملوحي، «المجاهر الضوئية والإلكترونية الحديثة»، طبعة أولى، 1443هـ. 2022م.ص 108/107، 121.
[36]	كتاب التحضيرات المجهرية -الجزء العملي-د. عمر حامد محمد عبد القادر المملكة العربية السعودية، جامعة الملك سعود كلية العلوم قسم علم الحيوان،1433هـ- 2012م.ص 3/2، 8/7.
[37]	ر. م. رزوقي، م. ن. رفيق «التفكير وأنماطه (الجزء 5)»، دار الكتب العلمية. 2018. ص78
[38]	F. J. Launer, B. Arkles, «INFRARED ANALYSIS OF

	ORGANOSILICON COMPOUNDS : SPECTRA-STRUCTURE .CORRELATIONS», 2013, P176/177
[39]	S. Nayak, B. K. Singh, «Instrumental characterization of clay by XRF, XRD and FTIR», 11April2007, P237

الملخص

قمنا في هذا العمل بدراسة عينات من صخور وأحجار طينية من منطقة كاف الملح _ ولاية الاغواط، وتم تحديد التركيب الكيميائي لهذه العينات باستعمال طرق التحليل الطيفي، والمتمثلة في مطيافية الأشعة تحت الحمراء، انعراج الأشعة السينية، المجهر الإلكتروني الماسح والمجهر الضوئي، فمن خلال مخطط انعراج الأشعة السينية وطيف الأشعة تحت الحمراء استطعنا تحديد نوع العينة A حيث أظهرت النتائج أنها عبارة عن صخر بركاني ماغماتي مكون من ثلاث مركبات (Anorthite، Albite وAordierite) أما فيما يخص العينتين B و C فهما صخرتان متكونتين من عنصر أساسي وهو الكوارتز ألفا، كما تحتوي العينتين على مركبات أخرى متنوعة وقليلة نسبيا مقارنة مع نسبة الكوارتز ومن خلال هذه النتائج المتحصل عليها تم اكتشاف أن العينتين عبارة عن صخور رسوبية (B حجر رملي)، (C حجر طيني)، حيث أن نتائج المجهر الإلكتروني الماسح أظهرت تراكيز مختلف العناصر المكونة للعينات و الموجودة بنسب متفاوتة وبالتالي يمكن استغلال والاستفادة من مختلف المواد التي تحتويها العينات في العديد من التطبيقات والصناعات التكنولوجية الجديدة.

الكلمات المفتاحية: صخور، صخور رسوبية، صخور نارية، صخور متحولة، أحجار طينية، التركيب الكمي والكيفي والبنوي للصخور، المجموعات الوظيفية و البنية البلورية المكونة للأحجار .

Abstract

In this work, we studied rock samples and mudstones from Kef El MelhLaghout region. The chemical composition of these samples was determined using spectral analysis methods, including infrared spectroscopy, scanningelectron microscopy, light microscopy and X-ray diffraction. We were able to determine the type of sample A using X-ray diffraction and infrared Spectrum, as the results showed that it is a magmatic volcanic rock consisting of three composition (Anorthite, Albite and Cordierite). For the two rocksamples (BandC) consistof an essential element, which is α - quartz, they also contain other compounds, are diverse and relatively few compared to the percentage of quartz. Through these obtained results, it was discoveredthat the two samples are sedimentary rocks (B sandstone), (C mudstone), the scanning electron microscope showed the concentrations of the various elements that make up the samples, which are present in varying proportions. Thus, it is possible to exploit and benefit from the various materials contained in the samples in many applications andnew technology industrie.

Key words: Rocks, Sedimentary rocks, igneous rocks, metamorphic rocks, Mudstones, The quantitative, qualitative and structural composition of rocks, functional groups and crystal structure of stones.

Résumé

Dans ce travail, nous avons étudié des échantillons de roche et des mudstones de la région de Kaf El MelhLaghout. La composition chimique de ces échantillons a été déterminée à l'aide de méthodes d'analyse spectrale, comme la spectroscopie infrarouge, la microscopie électronique à balayage, la photomicroscopie et la diffraction des rayons X. Nous avons pu déterminer le type d'échantillon A à l'aide de la diffraction des rayons X et du spectre infrarouge. Comme les résultats ont montré qu'il est à magmatique roche volcanique composée de trois composés (Anorthite, Albite, et Cordiérite). Pour les deux échantillons (B et C), se composent d'un élément essentiel, qui est α -quartz, ils contiennent également d'autres composés, sont divers et relativement peu comparés au pourcentage de quartz. Grâce à ces résultats, il a été constaté que les deux échantillons sont des roches sédimentaires (grès B), (mudstones C), le microscope électronique à balayage a montré les concentrations des différents éléments qui composent les échantillons, qui sont présents dans des proportions variables. Ainsi, il est possible d'exploiter et de tirer profit des différents matériaux contenus dans les échantillons dans de nombreuses applications et dans l'industrie des nouvelles technologies.

Les mots clés: roches, Roches sédimentaires, Roches ignées, Roches métamorphiques, Mudstones, La composition quantitative, qualitative et structurale des roches, Groupes fonctionnels et structure cristalline des pierres.