

جامعة قاصدي مرباح - ورقلة-

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

فرع: فيزياء

اختصاص: فيزياء المواد

من إعداد الطالبة: بوشعالة عفاف

الموضوع

تحليل عينة صخرية من منطقة ورقلة بالاعتماد على

الطرق الطيفية

نوقشت يوم: 2019/06/30

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

رئيسا	أستاذ محاضر أ جامعة ورقلة	عاشوري عبد الرحيم
مناقشة	أستاذة مساعدة أ جامعة ورقلة	الداوي حفصة
مشرفا	أستاذ محاضر أ جامعة ورقلة	بن مبروك لزهرة
مساعد مشرف	أستاذ محاضر أ جامعة ورقلة	محمدي لزهرة

الموسم الجامعي : 2019/2018

الأهداء

﴿ وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون(105) ﴾

"سورة التوبة"

إلى من بلغ الرسالة و أدى الأمانة ونصح الأمة إلى نبي الرحمة ونور العالمين

إلى مالكة قلبي وروحي... إلى من تجرعت كأس الشقاء مرأً لتسقينني رحيق السعادة

إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسما لجراحي

أمي الغالية.

إلى سندي ورفيقي..... إلى النور الذي أنار دربي

إلى من غرس حب الله في فؤادي... إلى من بذل جهد السنين من أجل أن أعتلي سلم النجاح

والدي العزيز.

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البريئة... إلى من بهم أكبر وعليهم أعتمد

إلى من عشت معهم كل حياتي بخلوها ومرها..... إلى من كانوا ملاذي وملحني

إخوتي أحوالي.

إلى من وقفوا معي بأشد الظروف..... إلى من تحلو بالإخاء وتميزوا بالوفاء

إلى من تحلو الحياة برفقتهم.... إلى كل من تمنى لي الخير والنجاح

أصدقائي زملائي.

إلى كل من أضاء بعلمه عقل غيره فأظهر بسماحته تواضع العلماء وبرحابته سماحة العارفين

إلى كل محب لهذا الوطن مخلص في عمله

أهدي ثمرة هذا العمل.



شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين خلق اللوح والقلم و خلق الخلق من عدم، والصلاة والسلام على أشرف الخلق والمرسلين

نبينا محمد صلى الله عليه وسلم وعلى آله الطيبين والطاهرين.

أول الشكر وآخره أتقدم به إلى المنعم البارئ عز وجل (الله) سبحانه وتعالى، الذي أحاطني برعايته الإلهية العظيمة،

وسير لي كل عسير.

و أتوجه بخالص شكري وتقديري وعظيم امتناني إلى أستاذي الفاضل التقدير الأستاذ الدكتور بن مبروك لزهو لما أبداه من حسن تأطير و إشراف وروح علمية مخلصه، وما قدمه لي من توجيهات ونصائح سديدة وملاحظات قيمة ومستمرة فدعائي له بالخير والعافية.

كما يسرني أن أتقدم بخالص الشكر و التقدير إلى كل من الأستاذ عاشوري عبد الرحيم لقبوله ترؤس لجنة المناقشة والأستاذة الداوي حفصة لقبولها مناقشة المذكرة.

كما أتفضل بالشكر الجزيل للأستاذة ونيسة سمارة و الأستاذ الحاج محمد محفوظ بجامعة ورقلة على تذليل بعض الصعوبات لانجاز هذه المذكرة.

ولابد من كلمة شكر وامتنان إلى كل عمال ومسؤولي المخبر وخاصة الأستاذ د. خلفاوي فتحي و الأستاذ د. الحاج محمد محفوظ في مخبر الإشعاع والبلازما فيزياء السطوح (L.R.P.P.S) ومخبر تيمين وترقية المواد الصحراوية (V.P.R.S) ومخبر الكيمياء الحيوية للبيئات الصحراوية (BDM) بجامعة ورقلة.

وكذلك أتقدم بجزيل شكري لجامعة قاصدي مرباح ورقلة - كلية الرياضيات وعلوم المادة- متمثلة بعميدها الذي يسعى بجهد إلى

نحوض بجامعتنا وكل أساتدتنا الأفاضل الذي دروسنا في مرحلة التعليم الجامعي، وإلى كل من مدوا لي يد العون و المساعدة في

إخراج هذه الدراسة على أكمل وجه.

بوشعالة عفاف.

الفهرس

الصفحة	المحتويات
I	الفهرس.....
II	قائمة الأشكال.....
III	قائمة الجداول.....
01	مقدمة عامة.....
الفصل الأول حالات المادة والصخور	
04	I- حالات المادة والصخور.....
04	I-1- تعريف المادة.....
04	I-2- الحالات الأربعة للمادة.....
04	I-2-1. الحالة السائلة.....
05	I-2-2. الحالة الغازية.....
05	I-2-3. الحالة الصلبة.....
05	(1) الشبكة البلورية.....
06	(2) أشكال البلورات.....
07	I-2-4. الحالة البلازمية.....
08	I-3- الصخور.....
08	I-3-1. تعريف الصخور.....
08	(1) تعريف المعدن.....
09	(2) المعادن المكونة للصخور.....
10	I-3-2. أنواع الصخور.....
10	I-3-2-1. الصخور النارية.....
10	(1) تعريف الصخور النارية و أنواعها.....
11	أ- الصخور النارية الجوفية.....
11	ب- الصخور النارية السطحية.....
11	(2) التركيب المعدني للصخور النارية.....
12	(3) أهم خصائص الصخور النارية.....
12	أ - لون الصخر.....
12	ب-النسيج.....

13I-3-2-2. الصخور الرسوبية.
13	1) تعريف الصخور الرسوبية و أنواعها.....
13	أ-الصخور الرسوبية الفتاتية.....
14	ب-الصخور الرسوبية الكيميائية.....
14	ج-الصخور الرسوبية العضوية.....
15	2) خصائص الصخور الرسوبية
15	3) أمثلة للصخور الرسوبية.....
15I-3-2-3. الصخور المتحولة.
15	1) تعريف الصخور المتحولة و أنواعها.....
16	أ-الصخور المتحولة حراريا.....
16	ب-الصخور المتحولة ديناميكيا.....
17	ج-الصخور المتحولة حراريا و ديناميكيا.....
17	2) أمثلة للصخور المتحولة.....
17I-3-4. دورة الصخور.
الفصل الثاني	
الأدوات والتقنيات المستخدمة في دراسة الصخور	
20II-1. نبذة عن منطقة ورقلة.
21II-2. أخذ العينة.....
21II-3. تحضير العينة للدراسة.....
23II-4. طرق التحليل الطيفي المستخدمة.....
23II-4-1. حيود الأشعة السينية (XRD).....
23	1) مبدأ حيود الأشعة السينية
24	2) قانون براغ.....
25	3) الجهاز ومسار الأشعة السينية داخله.....
26	4) الجهاز المستعمل في انعراج الأشعة السينية.....
27	5) تحضير العينة لإجراء التحليل بواسطة (XRD).....
27	6) برنامج X'Pert HighScore.....
28II-4-2. التحليل باستعمال مطيافية فلورة الأشعة السينية (XRF).....
29	1) أساسيات فلورة الأشعة السينية (XRF).....
29	2) جهاز مطيافية فلورة الأشعة السينية.....
30	أ - مصدر الإضاءة (الأشعة السينية).....

30	ب -الكاشف.....
30	3) جهاز فلورة الأشعة السينية المستعمل.....
31	4) تحضير العينة للقياس.....
32	II-4-3. التحليل بمطيافية الأشعة تحت الحمراء.....
32	1) مبدأ مطياف الأشعة تحت الحمراء.....
33	2) جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء.....
33	3) الجهاز المستعمل للقياس بواسطة الأشعة تحت الحمراء.....
34	4) تحضير العينة لإجراء القياس بواسطة مطياف الأشعة تحت الحمراء.....
الفصل الثالث	
نتائج القياسات الطيفية المناقشة والتحليل	
36	III-1. مناقشة نتائج تقنية انعراج الأشعة السينية XRD.....
40	III-2. مناقشة نتائج مطيافية التحليل بالفلورة الأشعة السينية XRF.....
43	III-3. مناقشة نتائج مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء FTIR.....
43	III-3-1. تسجيل الطيف باستعمال تقنية FTIR للصخر.....
44	III-3-2. تحديد التراكيب الجزيئية للعينة الصخرية.....
47	خلاصة عامة.....
50	قائمة المراجع.....

فهرس الأشكال

الفصل الأول	
حالات المادة والصخور	
06	الشكل I-1: تركيب البنية البلورية.....
16	الشكل I-2: تشكل الصخور المتحولة حراريا.....
16	الشكل I-3: نشأة الصخور المتحولة ديناميكيا.....
17	الشكل I-4: نسيج ورقي (صفائحي) لصخر النيس.....
18	الشكل I-5: دورة الصخور.....
الفصل الثاني	
الأدوات والتقنيات المستخدمة في دراسة الصخور	
20	الشكل II-1: الموقع الجغرافي لولاية ورقلة.....
21	الشكل II-2: صورة فوتوغرافية لمنطقة أخذ العينة و إحدائياتها الجغرافية.....
21	الشكل II-3: صورة فوتوغرافية للعينة المأخوذة من الصخر.....
22	الشكل II-4: الجهاز المستعمل في صقل العينة.....
22	الشكل II-5: الجهاز المستعمل في طحن عينة الصخر.....
22	الشكل II-6: حفظ العينة في علبة بلاستيكية مغلقة.....
23	الشكل II-7: رسم تخطيطي يوضح مستويات الشبكة ومخطط حيود الأشعة السينية.....
24	الشكل II-8: انعكاس الأشعة السينية عبر شبكة بلورية (انعراج براغ).....
25	الشكل II-9: جهاز حيود الأشعة في العينات الصلبة على هيئة مسحوق.....
26	الشكل II-10: رسم توضيحي لأوضاع مصدر الأشعة والعينة والكاشف (العداد) في جهاز حيود الأشعة السينية
27	الشكل II-11: جهاز انعراج الأشعة السينية المستعمل في الدراسة.....
27	الشكل II-12: نموذج لعينة تم تحضيرها للقياس XRD.....

28	الشكل II-13: واجهة البرنامج المستخدم في تحليل نتائج مخططات انعراج الأشعة السينية.....
29	الشكل II-14: الانتقالات الإلكترونية المسببة لظاهرة الفلورة.....
31	الشكل II-15: جهاز التحليل بفلورة الأشعة السينية.....
31	الشكل II-16: صورة فوتوغرافية لعينة مجهزة للقياس.....
32	الشكل II-17: امتصاص الأشعة تحت الحمراء.....
32	الشكل II-18: أنواع الاهتزازات.....
33	الشكل II-19: مسار الأشعة في مطياف FTIR.....
34	الشكل II-20: جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء.....
34	الشكل II-21: المكبس ولواحقه.....
الفصل الثالث	
نتائج القياسات الطيفية المناقشة والتحليل	
36	الشكل III-1: مخطط انعراج الأشعة السينية للعينة.....
40	الشكل III-2: النسب المتوية للمركبات في العينة الصخرية.....
44	الشكل III-3: طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة.....

فهرس الجداول

الفصل الأول حالات المادة والصخور

07	الجدول I-1: الترتيبات الممكنة للشبكة البلورية.....
09	الجدول I-2: العناصر أكثر انتشارا في القشرة الأرضية.....
14	الجدول I-3: التصنيف وفقا لأقطار الحبيبات.....

الفصل الثالث

نتائج القياسات الطيفية المناقشة والتحليل

37	الجدول III-1: زوايا الانعراج والمركبات الموافقة لها مع الصيغة الكيميائية والمسافات البينية ومعاملات ميلر....
39	الجدول III-2: النتائج البنيوية لمركبات العينة الصخرية والمتحصل عليها من برنامج HighScore.....
41	الجدول III-3: نتائج التحليل الكيميائي للعينة الصخرية بواسطة الفلورة XRF.....
45	الجدول III-4: المجاميع الوظيفية الموافقة لأشرطة الامتصاص لطيف FTIR.....

مقدمة عامة

مقدمة عامّة

البترولولوجيا Petrology كلمة يونانية الأصل تتكون من مقطعين Petro: تعني الصخر، logy: تعني علم، أي العلم الذي يهتم بدراسة الصخور دراسة شاملة.

تعتبر الصخور الوحدة البنائية للقشرة الأرضية، كما تعتبر المعادن هي الوحدة التركيبية للصخر، وتعتبر الصخور بأنها تشكيلات متواجدة في الطبيعة وتحتوي على عدد من المعادن، ولذلك هناك اختلاف بين الصخور و بعضها، وذلك من حيث أنواع الصخور وخصائصها والمعادن التي تتكون منها، وبالرغم من تنوع صخور كوكب الأرض واختلافها في الخواص الفيزيائية والكيميائية فقد تمكن العلماء من تقسيم الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

- الصخور النارية.
- الصخور الرسوبية.
- الصخور المتحولة.

للصخور أغراض مختلفة وليست مجرد تلك التي نخطو بأقدامنا عليها، فهناك العديد من أنواع الصخور الموجودة في العالم، والتي شكلت أهمية قصوى للبشرية و تمكننا في استخدامها في العديد من الأغراض المتنوعة، حيث تُستخدم في أعمال البناء بمختلف أنواعها وتُستخدم أيضا في الأعمال الإلكترونية وفي الطب، إذ يستخدم معدن الكبريت في علاج الأمراض الجلدية ومعدن الزئبق الذي يستخدم في موازين الحرارة، ولا تقتصر أهمية الصخور على قيمتها الاقتصادية فحسب بل إنها ذات أهمية علمية كذلك. و يعتبر الصخر من بين المواد الجامعة لأغلب العلوم كعلوم الفيزياء والكيمياء والبيئة والجيولوجيا وغيرها من مختلف العلوم.

لذا طمّحت إلى أن أتناول في موضوعي مذكرة لنيل شهادة الماستر تحت عنوان " تحليل عينة صخرية من منطقة ورقلة بالاعتماد على الطرق الطيفية"

إذ قمنا بهذه الدراسة بغرض الاستغلال والاستفادة من مختلف الفوائد –السابقة الذكر– لهذه الصخور في العديد من المجالات، ونظراً لقلّة الدراسات في هذا المجال والتي تحتاج إلى المزيد من الأبحاث. ومن هنا كان الدافع في اعداد هذا البحث والذي يهدف إلى:

- تعيين و تحديد المكونات والتركيب الكيميائي و البنوي للصخر.
- قلة الدراسات السابقة بمنطقة ورقلة حول هذا الموضوع.
- التعرف على طرق التحليل الطيفي.

لعلّ أبرز ماتسعى إليه هذه الدراسة هي تحديد المركبات الداخلة في تركيب صخور بمنطقة رقلة وأهم الخصائص المميزة لها وذلك باستخدامنا للطرق الطيفية، حيث جُزئة هذه المذكورة إلى ثلاثة فصول كالتالي:

الفصل الأول: حالات المادة والصخور حيث سنتعرف على ماهية المادة وحالاتها بالإضافة إلى معرفة الصخور والمعادن المكونة لها وأنواعها ومصادرها.

الفصل الثاني: الأدوات و التقنيات المستخدمة في دراسة الصخور، ستناول فيه كيفية جمع العينات والأدوات المستخدمة في تحضيرها إلى الطرق الطيفية التي تمّ استخدامها والتي تمثلت في مطيافية الأشعة تحت الحمراء (FTIR)، انعراج الأشعة السينية (XRD) وفلورة الأشعة السينية (XRF) ومن ثم مبدأ عملها.

الفصل الثالث: نتائج القياسات الطيفية المناقشة والتحليل، وفي هذا الفصل سيتمّ عرض النتائج المتحصل عليها لمختلف الطرق الطيفية وكما سنتناول تحليل النتائج .

وفي نهاية هذه المذكورة سنقوم بعرض حوصلة حول النتائج التي سنتحصل عليها في خلاصة عامة وسنقدم كذلك آفاقاً مستقبلية يمكن على أساسها إنجاز بحوث أخرى.

الفصل الأول

تمهيد

تتكون كل الأشياء التي نراها حولنا من المادة، وهي جزء من كوننا، ومن ذلك الأجسام الصلبة والأشياء المحيطة بنا، وتوجد هذه المادة إما بشكل سائل أو غازي أو بلازما أو صلب، ويمكن أن تتبدل المادة من شكل إلى آخر، وتتكون كل أشكال المادة من جسيمات دقيقة تسمى الذرات. تترابط الذرات والجزيئات بطرق مختلفة لتكوّن أنواعاً من المادة من بينها الأجسام الصلبة، حيث تُدمج الأجسام الطبيعية الصلبة لتكون الصخور، تحتوي هذه الصخور على مجموعة من المعادن تتواجد في الطبيعة، وتكوّن جزءاً أساسياً في تركيب القشرة الأرضية، وعلى هذا يكون الصخر ذو خاصية مميزة تفرقه عن صخر آخر وتجعله وحدة قائمة بذاتها، وسيتم التعرف هنا عن الصخور التي تمثل الحالة الصلبة للمادة والمادة وحالاتها بشيء من التفصيل.

I- حالات المادة والصخور

I-1- تعريف المادة:

إن المادة هي كل شيء له كتلة، ويشغل حيزاً، ونحس به، وتختلف المواد عن بعضها بعضاً، ويتم التمييز بينها من خلال خصائصها المختلفة تشمل التوصيل الكهربائي و التوصيل الحراري واللون والكثافة والصلابة...الخ.[1]

I-2- الحالات الأربعة للمادة

I-2-1. الحالة السائلة:

هي حالة المادة حين يكون لها حجم ثابت، ولكن شكلها غير ثابت. ويمكن للمواد السائلة أن تغير من أشكالها بحسب شكل الوعاء الذي يحويها ويمكن لجزيئات السائل أن تتحرك بحرية حيث لا يوجد ترتيب منتظم لها.[2]

■ النظرية الحركية:

تقوم النظرية الحركية بوصف خواص المادة من حيث حركة الجسيمات. إن جسيمات جميع المواد تكون في حركة مستمرة، ويُطلق على الطاقة المرتبطة بهذه الحركة اسم "الطاقة الحركية". تتميز الجسيمات بحرية، مما يجعل السائل يأخذ شكل الوعاء الموجود بداخله، فإن جسيمات السوائل تكون متراصة مع بعضها، بالإضافة إلى صعوبة انضغاطها.[3]

I-2-2. الحالة الغازية:

الغاز هو حالة من حالات المادة التي تغير شكلها وحجمها بسهولة، فهو كالمواد السائلة يُوصف بأنه مادة مائعة، إذ تنتشر جسيمات الغاز بسرعة لتماماً كامل الفراغ المتوافر، حيث تكون هذه الجسيمات أكثر تباعداً وتتحرك بشكل عشوائي وبسرعات عالية. وطبقاً للنظرية الحركية، كلما تحرك الجسم بسرعة أكبر، زادت طاقته. ونشعر بهذه الطاقة كحرارة، لأن الأشياء التي تحوي جسيمات سريعة الحركة تحتزن كمية كبيرة من الطاقة، مما يجعلها ساخنة. و يمكن ضغط الغازات بسهولة لتصغير حجمها. [3]

I-2-3. الحالة الصلبة :

يمكن تعريف الحالة الصلبة بأنها جزء من مادة يظل ثابت الشكل بدون اتخاذ شكل الإناء الواقع فيه ومتماسك. وهناك طريقتان رئيستان يمكن أن تنتظم من خلالهما جسيمات المواد الصلبة إما على هيئة صفوف منتظمة ومرتبّة، أو من دون أي ترتيب محدد، وتوصف الأجسام الصلبة التي تكون جسيماتها منتظمة ومرتبّة بأنها بلورية. ومن الأمثلة الشائعة على الأجسام البلورية الصلبة الجليد والماس وبلورات الأملاح. [3] [4]

أما الأجسام الصلبة التي ليس لها ترتيب محدد، فتوصف بأنها لا بلورية أو غير متبلورة. وتتصف بنية هذا النوع من الأجسام الصلبة عادة بأنها زجاجية أو مطاطية. [3]

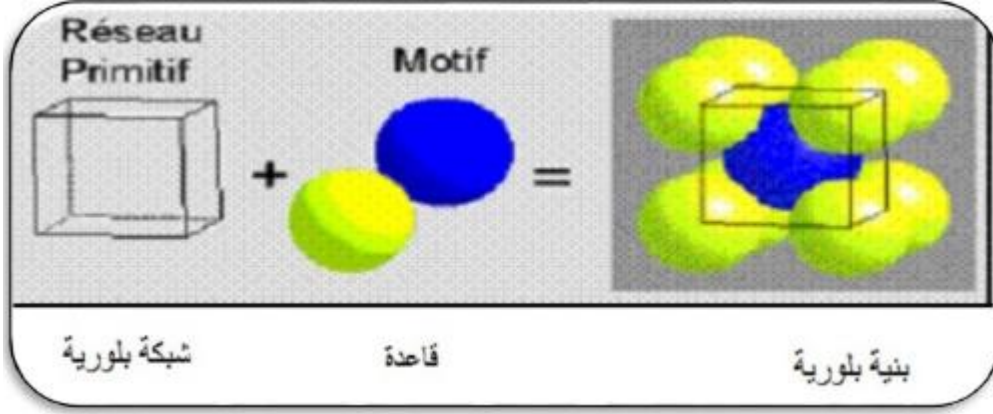
ومن الجدير بالذكر أن الحالة البلورية هي الحالة الطبيعية لغالبية المواد الصلبة. فالبلورات في أبسط تعريف لها هي عبارة عن أجسام صلبة توجد دائماً بأشكال هندسية معينة. وسنقدم هنا بإيجاز بعض التعريفات لأهم المفاهيم و المصطلحات البلورية: [5][6]

1) الشبكة البلورية:

هي نوع من التمثيل الرياضي لنمط ترتيب الوحدة البنائية الأساسية للمادة البلورية. ويتم هذا التمثيل بعدد لا نهائي من النقاط الهندسية المرتبة ترتيباً شبكياً متوازياً يتميز بالتماثل والتكرار المنتظم (الدورية) في الفراغ. ويتكون التركيب البلوري بإضافة الوحدة البنائية الأساسية (أو القاعدة) لكل نقطة من نقاط الشبكة الشكل (I-1) ، فتكون العلاقة المنطقية هي:

الشبكة الفراغية (شبكة البلورية) + الوحدة الأساسية (القواعد) = التركيب البلوري

وفي أبسط التركيبات البلورية توجد ذرة واحدة لكل نقطة شبكية، كما هو الحال في بلورات الذهب والفضة، وقد تكون الوحدة البنائية الأساسية (أو القاعدة) مجموعة من الذرات، ويشترط حينئذ أن تكون الوحدات البنائية متطابقة في تركيبها وترتيبها وتوجيهها، كما يجب أن يكون لها نفس الميل والاتجاه. [5]



الشكل I-1: تركيب البنية البلورية. [7]

(2) أشكال البلورات Crystalline Forms :

يمكننا وضع جميع الترتيبات الممكنة للشبكة البلورية crystalattice في سبع مجموعات نموذجية من الجمل البلورية الشكل (I-1). ويعتمد هذا التصنيف على الخواص التناظرية symmetric، وعلى بعض صفات وأبعاد الوحدات البلورية

[6]. Crystal dimension primitive

الجدول I-1: الترتيبات الممكنة للشبكة البلورية [6]

أمثلة	زواياها	أضلاعها	
بلورة ملح الطعام NaCl	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a = b = c$	المجموعة الأولى مكعبات (Cubic)
أكسيد التيتان (TiO_2)	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a = b \neq c$	المجموعة الثانية رباعية الأضلاع (Tetragonal)
أكسيد السيليسيوم (SiO_2)	$\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$	$a = b \neq c$	المجموعة الثالثة سداسية (Hexagonal)
بلورة الكالسيت ($CaCO_3$)	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	$a = b = c$	المجموعة الرابعة: معينة وتدعى ثلاثية الميل (Trigonal)
نترات البوتاسيوم (KNO_3)	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	$a \neq b \neq c$	المجموعة الخامسة: معينة مستقيمة (Orthorhombic)
كبريت الكالسيوم ثنائية الماء ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	$\alpha = \gamma = 90^\circ$ $\beta \neq 90^\circ$	$a \neq b \neq c$	المجموعة السادسة: احادية الميل (Monoclinic)
كبريتات النحاس خماسية الماء البلوري ($CaSO_4 \cdot 5H_2O$)	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	$a \neq b \neq c$	المجموعة السابعة: ثلاثية الميل (Triclinic)

➤ يمكن للمجموعة الأولى أن تكون:

مكعبة بسيطة: مثال بلورة كلور الصوديوم.

مكعبة مركزية الجسم: مثال: بلورة كلور السيزيوم.

مكعبة مركزية الوجوه: مثال: بلورة النحاس.

➤ ويمكن للمجموعة الثانية أن تكون بسيطة أو مركزية الجسم.

➤ ويمكن للمجموعة الخامسة أن تكون: مركزية الوجوه، مركزية الجسم، بسيطة.

I-2-4. الحالة البلازمية:

إن أول من أطلق مصطلح الحالة الرابعة للمادة هو (كروكس) عام 1879، حيث إن مصطلح البلازما هو يوناني في الأصل

ويعني شيء مكون وفق نظام معين، إذ تُعرف البلازما بأنها حالة وجود شحنات أو تركيز الشحنات السالبة والموجبة لوحدة الحجم

في حالة متساوية تقريباً (عدد متساوي تقريباً من الأيونات الموجبة والإلكترونات السالبة) ومتعادلة كهربائياً.

وقد توجد البلازما من حيث المفهوم بشكل غاز متأين أو في الحالة الصلبة كما في أشباه الموصلات حيث توجد الشحنات الموجبة المتمثلة بالفجوات والشحنات السالبة المتمثلة بالإلكترونات الحرة الحركة، أو في الحالة السائلة كما في محلول الملح المنصهر. ومن أبسط الأنواع لدراسة البلازما هي عندما تكون المادة في الحالة الغازية وذلك لأهميتها الكبيرة ولأنها الحالة الأوسع من حالات المادة. [8][2]

I-3- Roches الصخور

I-3-1- تعريف الصخور:

تعرف الصخور بأنها كل مادة صلبة متماسكة غير حية تكونت طبيعياً من معدن واحد أو من خليط من عدة معادن. وتتنوع الصخور في ألوانها و في حجم البلورات أو الحبيبات المكونة لمعادنها. حيث يحدد مظهر الصخور وصفاتها تركيبها المعدني (نسب مكونات الصخر من المعادن). كما يساهم النسيج وهو ما يطلق على حجم وشكل وطريقة ترتيب بلورات وحبيبات المعدن المكونة للصخر، والطريقة التي تتواجد بها تلك المكونات مع بعضها البعض، في تحديد سمات و خصائص الصخر أيضاً. وتؤدي هذه الاختلافات في التركيب المعدني والنسيج إلى عديد من الملامح والمظاهر الكبيرة التي تُميز بين الأنواع المختلفة للصخور، وبالتالي يعتبر المعدن الوحدة البنائية للصخور. ولكي نعرف ونصنف هذه الأنواع، فإننا يجب أن ندرس المعادن المكونة لها. [9][10]

1) تعريف المعدن:

يُعرف المعدن بأنه مادة صلبة متبلورة، غير عضوية عامة، تتواجد في الطبيعة. والمعدن هو الوحدة البنائية للصخور، حيث تكون هذه المعادن متجانسة، ولا يمكن تقسيمها بالطرق الميكانيكية إلى مكونات أصغر. أما معظم الصخور فيمكن فصلها إلى مكوناتها المعدنية باستخدام وسائل مناسبة. كما يجب أن يكون للمعدن تركيب كيميائي، قد يكون ثابتاً أو متغيراً في حدود معينة. مما يعني استبعاد الزجاج حيث إن له تركيباً غير ثابت، وكذلك المخاليط التي لا يمكن التعبير عنها بصيغة كيميائية محددة. وتوجد المعادن في الطبيعة بأعداد ضخمة اكتُشف منها أكثر من ألفين معدن ومعظمها يحيط بنا من كل جانب، إما في باطن الأرض أو ظاهر على سطحها. [11][9]

(2) المعادن المكونة للصخور:

لقد تمكن العلماء من تعريف حوالي 3500 معدن حتى الآن. وتوجد معظم هذه المعادن في القشرة الأرضية، بالإضافة إلى عدد قليل من المعادن التي أمكن تعريفها في صخور النيازك، كما أمكن اكتشاف معدنين جديدين في صخور القمر.

وعلى الرغم من هذا العدد الكبير من المعادن، فإن الشائع منها فقط حوالي 30 معدنا تمثل الوحدات البنائية لمعظم صخور القشرة الأرضية، ولذلك فإنها تسمى المعادن المكونة للصخور. وهذه تتواجد بوفرة في القشرة الأرضية. حيث يتكون نحو 99% من القشرة الأرضية من اثني عشر عنصرا فقط. وتعرف تلك العناصر بالعناصر الرئيسية الجدول (I-2). وهكذا تتكون القشرة الأرضية من عدد محدود من المعادن، التي تتكون من واحد أو أكثر من تلك العناصر الاثني عشر الشائعة. [9]

الجدول I-2 : العناصر الأكثر انتشارا في القشرة الأرضية [9]

النسبة المئوية	العنصر
45.2	الأكسجين(O)
27.2	السيليكون (Si)
8.0	الألمنيوم(Al)
5.8	الحديد(Fe)
5.06	الكالسيوم(Ca)
2.77	المغنسيوم(Mg)
2.32	الصوديوم(Na)
1.68	البوتاسيوم(K)
0.88	التيتانيوم(Ti)
0.14	الهيدروجين(H)
0.10	المغنيز(Mn)
0.10	الفوسفور(P)
0.77	كل العناصر الأخرى

ولا تتواجد العناصر الشحيحة وهي العناصر التي تتواجد بكميات أقل من 0.1% في القشرة الأرضية كمعادن مستقلة، وإنما تميل إلى أن تتواجد في المعادن المكونة للقشرة الأرضية، فعلى سبيل المثال، يحتوي معدن الأوليفين بالإضافة إلى عناصر المغنسيوم والحديد والسيلكون والأكسجين، وهي العناصر الرئيسية في ذلك المعدن، على كميات قليلة من الزنك والنيكل والكاديوم و المنغيز. وناقش فيما يلي أكثر المعادن المكونة للصخور شيوعاً:

أ- السيليكات: وهي أكثر المعادن شيوعاً في القشرة الأرضية، وتتكون من الأكسجين والسيلكون، وهما أكثر العناصر انتشاراً في القشرة الأرضية .

ب- الكربونات: وهي معادن مكونة من الكربون والأكسجين متحدًا مع الكالسيوم والمغنسيوم مثل معدن الكالسيت ($CaCO_3$) ومعدن الدولوميت ($CaMg(CO_3)_2$) .

ج- الأكاسيد: تتكون معادن الأكاسيد من مركبات كيميائية يرتبط فيها الأكسجين مع ذرات لعناصر أخرى، مثل معدن الهيماتيت (Fe_2O_3) . [9]

I-3-2. أنواع الصخور: و تنقسم الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

I-3-2-1. الصخور النارية:

1) تعريف الصخور النارية وأنواعها:

تتكون الصخور النارية (مشتقة من كلمة Ignis أي نار باللاتينية) من تبلور مادة الصهارة أو الماجما (والماجما كلمة يونانية تعني الجسم اللدن). و الصهارة هي مادة صخرية منصهرة كلياً أو جزئياً ثقيلة القوام لزجة، توجد في أعماق بعيدة تحت سطح القشرة الأرضية أو في الوشاح العلوي، حيث تصل درجة الحرارة إلى 700 مئوية أو أكثر، وهي درجة حرارة تكفي لصهر معظم الصخور. تنشأ الصخور النارية نتيجة اندفاع الصهير الملتهب من جوف الأرض إلى سطح الأرض خلال الشقوق و التصدعات التي توجد بالقشرة الأرضية، وهذا الصهير تتعرض مكوناته لظروف جديدة من الضغط ودرجة الحرارة تختلف عن تلك التي كان عليها الصهير قبل اندفاعه صوب سطح الأرض وهذه الظروف الجديدة تعمل على اتحاد بعض من العناصر الكيميائية الموجودة بالصهير مع بعض الآخر لتشكيل فيما بينها مجموعة كبيرة من المعادن تكون بدورها بعد تماسكها وتصلبها الصخور النارية

بأنواعها المختلفة، ويختلف نوع الصخر باختلاف موقع برودة الصهير إلى نوعين هما الصخور النارية الجوفية والصخور النارية السطحية [9][11] :

أ- الصخور النارية الجوفية : تنقسم وفقا لعمق المكان الذي تتكون عنده، فهي صخور جوفية عميقة

تتكون نتيجة تجمد الصهير وتصلب معادنه في جوف الأرض بعيدا عن السطح أو صخور جوفية سطحية وتتكون في الأعماق القريبة من سطح الأرض. [11]

ب-الصخور النارية السطحية : تنقسم هذه الصخور وفقا للطريقة التي ينبثق بها الصهير صوب سطح الأرض

إلى طفوح الحمم وهي التي تندفع بحدوء خلال الشقوق وتسيل على سطح الأرض ببطء، والصخور البركانية هي التي ينبثق مصهورها بشدة من باطن الأرض خلال الشقوق محدثة أصواتا مدوية وانفجرات هائلة ثم يتصلب على سطح الأرض وتشكل بعد تراكم بعضها فوق بعض ما يعرف بأجسام البراكين. [11]

(2) التركيب المعدني للصخور النارية:

تتألف الصخور النارية من مجموعتين من المعادن أهم عناصرها السيلكون و المغنسيوم والحديد. و المجموعة الأولى من هذه المعادن تكون أكثر من 95% من مجموع المعادن الكلية المكونة للصخور النارية وهي التي تحدد نوع الصخور وخواصها وتسمى مجموعة المعادن الأساسية. أما المجموعة الثانية من معادن الصخور النارية والتي تشكل 5% من مادة الصخر وتعرف بمجموعة المعادن الإضافية أو الثانوية مثل معادن الأباتيت و الهيماتيت .

ومن أهم معادن مجموعة المعادن الأساسية الكوارتز والفلسبار وتعرف بالمعادن فاتحة اللون وتحتوي نسبة عالية من عنصر السيلكون تتراوح بين 85% ، 65% مع نسبة قليلة من العناصر القائمة اللون مثل الحديد والمغنسيوم، أما المعادن قائمة اللون مثل الأوليفين و البيركسين تحتوي نسبة عالية من عنصري الحديد والمغنسيوم بين 60% ، 80% مع نسبة قليلة من السيلكون. [11]

3) أهم خصائص الصخور النارية :

أ- لون الصخر:

الصخور الفاتحة اللون تتكون من المعادن الأساسية مثل الكوارتز والفلسبار و التي تزيد فيها نسبة السليكا على نسبة الحديد والمغنسيوم. والصخور القاتمة اللون تفوق فيها نسبة عنصري الحديد والمغنسيوم على نسبة السيلكون.

وخاصية اللون لا تقتصر أهميتها على تحديد نوعية المعادن الأساسية التي يتألف منها الصخر الناري بل إنه يمكن عن طريقها تحديد نوعية وخواص ومكونات الصهير الذي نشأ عنه الصخر، فالصخور النارية التي تحتوي الكوارتز والفلسبار و ترجع إلى الصهير الحامض (يحتوي نسبة عالية من عنصر السيلكون) وهي فاتحة اللون. أما الصخور النارية التي تتألف من المعادن القاتمة فتراجع إلى الصهير القاعدي (يحتوي نسبة عالية من الحديد والمغنسيوم) أما الصخور النارية التي تتميز بلون وسط بين الفاتح و القاتم فيرجع مصدرها إلى الصهير المتوسط الحامضية والذي تتساوى فيه نسب كل من عناصر السيلكون والحديد والمغنسيوم.

وعلى أساس ما تقدم يمكن تقسيم الصخور النارية إلى صخور حامضية وصخور قاعدية وصخور متوسطة الحامضية. والصخور الحامضية مصدرها الصهير الحامضي لونها فاتح تحتوي نسبة عالية من السيلكون. والصخور القاعدية مصدرها الصهير القاعدي ولونها قاتم وتحتوي نسبة عالية من الحديد والمغنسيوم، والصخور متوسطة الحامضية تتراوح نسبة السليكا بها بين 55% إلى

65% [11]

ب- النسيج:

من أهم خصائص الصخور النارية، وتعتبر هذه الخاصية عن درجة تبلور الصخر وشكل بلوراته وعلاقة بعضها ببعض الآخر. وتدل صفات النسيج على طبيعة المكان الذي تجمد فيه الصهير من حيث العمق على سطح الأرض وسرعة التبريد، فالصخور النارية الجوفية العميقة تظهر عادة بنسيج خشن الحبيبات تتميز فيه معادن الصخر المختلفة بأحجامها الكبيرة المتساوية والتي يمكن رؤيتها بسهولة بالعين المجردة أو بعدسة يد، وكبر حجم البلورات في هذا النوع من الصخور يرجع أساسا إلى التبريد البطيء الذي أتاح الفرصة لبلورات الصخر أن تنمو وتكبر.

أما الصخور الجوفية السطحية فتتميز بالنسيج الدقيق وهو الذي تظهر فيه غالبية معادن الصخر بأحجام صغيرة متساوية بحيث لا يمكن رؤيتها إلا بالمجهر.

وهناك نوع ثالث من النسيج يعرف بالنسيج البور فيري والذي تتكون فيه بلورات المعادن بأحجام مختلفة منها الكبير ومنها الصغير يمكن رؤيتها بالعين المجردة أو دقيق لا يمكن تمييزه إلا بالمجهر وهذا النسيج يرجع تكونه إلى أن الصهير قد يبدأ في تصلبه عميقا داخل الأرض ثم يرتفع قريبا من السطح ليبرد بسرعة.

وبذلك يكون معدل التبريد في الحالتين متفاوتا ومن ثم تظهر درجة التبلور في ثلاثة صور (كبير-صغير-دقيق) أما الصخور السطحية وهي التي تتصلب مصهوراتها فوق سطح الأرض حيث معدلات التبريد الفجائية والسريعة الأمر الذي لا يعطي أي فرصة لبلورات هذه الصخور من أن تكبر وتنمو فهي تظهر بنسيج زجاجي يشبه إلى حد كبير الزجاج عند تصلبه من مصهوره [11]

I-3-2-2. الصخور الرسوبية:

1) تعريف الصخور الرسوبية و أنواعها:

يرجع أصل الصخور الرسوبية إلى فتات الصخور المختلفة التي تنتج عن تآكل وكسر الصخور المكونة للقشرة الأرضية سواء كانت صخوراً نارية أو متحولة أو رسوبية تكونت في أزمنة سابقة، ويرجع تكون الصخور الرسوبية أيضا إلى الترسيب المستمر للمواد التي قد تكون ذائبة في الماء وذلك بسبب التبخر، وكذلك الترسيب المستمر لهياكل وأجسام الكائنات الحية بعد موتها سواء كانت هذه الكائنات حيوانية أو نباتية. وتُقسم الصخور الرسوبية وفقا للمصدر الذي تكونت عنه إلى:

أ -الصخور الرسوبية الفتاتية:

تكونت نتيجة عوامل ميكانيكية بتأثير الرياح والمياه و الأمطار سواء منفردة أو مجتمعة والتي نتج عنها تفتيت وتكسير الصخور التي تشكل سطح القشرة الأرضية و في نقل هذا الفتات و ترسيبه في مناطق منخفضة تسمى أحواض الترسيب حيث تتراكم بعضها فوق بعض ثم تتحجر وتتصلب مكونة صخورا رسوبية فتاتية، ويحدث هذا التحجر إما نتيجة أن التراكم المستمر يمثل عامل ضغط يسبب تداخل الفتات بعضها ببعض أو نتيجة مواد لاصقة تتخلل الفتات الصخري مثل كربونات الكالسيوم والطين التي تسبب التحام الفتات وترابطه. [11]

وتقسم الصخور الفتاتية إلى عدة أنواع حسب حجم حبيباتها، وتعرف الحبيبات الصخرية وفقا لأحجامها على النحو التالي:

الجدول I-3: التصنيف وفقا لأقطار الحبيبات. [11]

الحبيبات الصخرية	قطر الحبيبة
الجلاميد	أكبر من 256 mm
الحصى والزلط	أكبر من 2 mm
الرمل	أكبر من $\frac{1}{16}$ mm
الغرين	أكبر من $\frac{1}{256}$ mm
الطين	أصغر من $\frac{1}{256}$ mm

ومن أهم المعادن المكونة للصخور الرسوبية الفتاتية الكوارتز وبعض معادن الحديد. [11]

ب- الصخور الرسوبية الكيميائية:

وهي الصخور التي تتكون نتيجة لترسيب مواد معدنية كانت ذائبة في المحاليل المائية، وعندما تتعرض المحاليل المائية لعمليات التبخر والترسيب، فغالبا ما يحدث الترسيب لما تحمله من أملاح كربونات الكالسيوم والمغنسيوم والسيليكا مع بعض الأملاح الأخرى. [11]

ج- الصخور الرسوبية العضوية:

هي الصخور التي تتكون نتيجة تراكم الرواسب العضوية سواء كانت حيوانية (بقايا هياكل الحيوانات) أو نباتية، بعضها فوق بعض في أحواض الترسيب ثم ما تلبث أن تتماسك وتتحجر، والصخور الرسوبية العضوية المعروفة تقسم إلى صخور كلسية وسيليكية وصخور فوسفورية وصخور كربونية وذلك حسب تركيبها الكيميائي.

- **الصخور الكلسية والسيليكية:** تتكون من بقايا الكائنات الحية الحيوانية ويغلب على تركيبها كربونات الكالسيوم.
- **الصخور الفوسفورية:** تتكون من الفوسفات الذي ينتج عن تحلل عظام الكائنات الحية والحيوانية.
- **الصخور الكربونية:** تتكون من عنصر الكربون الناتج من تحلل النباتات القديمة. [11]

2) خصائص الصخور الرسوبية :

والصخور الرسوبية بأنواعها ذات خصائص كثيرة تميزها منها :-

- توجد في الطبيعة على هيئة طبقات يمكن مشاهدتها بسهولة، وتختلف الطبقات في السمك واللون وتكون الطبقات أفقية وعند تأثرها بالعوامل الفيزيائية التي تعمل على القشرة الأرضية يصبح بعض منها مائلاً.
- أغلب الصخور الرسوبية تحتوي على بقايا عضوية حيوانية أو نباتية متحجرة تعرف بالحفريات، وهذه قد تكون كبيرة الحجم يمكن مشاهدتها في الصخر بالعين المجردة وقد تكون دقيقة لا يمكن رؤيتها إلا بالمجهر، ويستعين الجيولوجيون بهذه الحفريات لمعرفة البيئة القديمة والعمر الجيولوجي. [11]

3) أمثلة للصخور الرسوبية:

- ❖ **الحجر الرملي:** من الصخور الفتاتية، ويتركب أساساً من معدن الكوارتز وبعض معادن الحديد، ويتنشر في مناطق متفرقة من العالم وله أهمية كبرى في عالم الصناعة حيث يدخل في صناعة الأسمنت والزجاج وأعمال البناء.
- ❖ **الصخور الفوسفاتية:** صخور عضوية المنشأ غنية بفوسفات الكالسيوم تميل إلى اللون الأصفر أو الرمادي وتستعمل في صناعة الأسمدة وغيرها من الصناعات الكيميائية الهامة. [11]

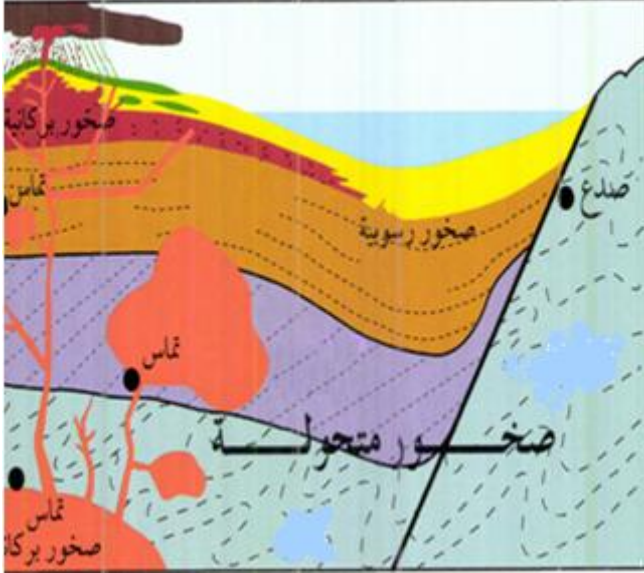
I-3-2-3. الصخور المتحولة:

1) تعريف الصخور المتحولة وأنواعها:

الصخور المتحولة هي صخور ذات أصل ناري أو رسوبي وتعرضت في باطن الأرض إلى درجة الحرارة عالية وضغط كبير وتحولت وهي على حالتها الصلبة إلى صخور تتميز عادة بخواص تختلف عن خواص الصخر الأم فهي عادة أشد صلادة وأكثر تبلور، وتتوقف درجة الصلادة الصخر وتبلوره على العوامل الفيزيائية التي تتعرض لها الصخور أثناء عملية التحول. وإذا كانت عملية التحول تعتمد على التحول الحراري حيث يغلب تأثير الحرارة على تأثير الضغط يكون للصخر صفات وخصائص تختلف عن تلك التي تعتمد على التحول الديناميكي، حيث يغلب تأثير الضغط على تأثير الحرارة، وقد تتعرض الصخور لعملية تحول حراري ديناميكي حيث يتساوى تأثير كل من الضغط ودرجة الحرارة. وهذا النوع من التحول الصخري إذا شمل مناطق شاسعة المساحة بالقشرة الأرضية فإنه يصبح معروفاً باسم التحول الإقليمي ويصبح للصخور المتحولة إقليمياً خواص

ونسيج يميزها عن غيرها من أنواع الصخور المتحولة الأخرى. وتعتبر عملية التحول الصخري عملية تحول صخر وهو في حالته الصلبة إلى صخر من نوع آخر إما بتأثير الحرارة أو الضغط أو كليهما معاً. وعلى أساس ذلك تقسم الصخور المتحولة إلى:

أ - **الصخور المتحولة حرارياً (التحول التماسي):** صخور تتحول بالتأثير الحراري دون أن يكون للضغط تأثير فعال عليها، حيث



يحدث التحول بالتماس حين تسخن الصخور المحيطة بصهارة فتتحول مشكّلة مركبات معدنية جديدة. ويتميز الصخر بنسيج جديد نتيجة إعادة تبلور معادنه الأصلية ومن هذه الصخور الكوارتزيت (يتحول من الحجر الرملي). ويمكن أن يشكل الحجر الجيري مصنوع من فتات القشريات رخاماً خشن الحبة. تضيف الصهارة عناصر جديدة مما يمنحها مجموعة جديدة من المركبات المعدنية.

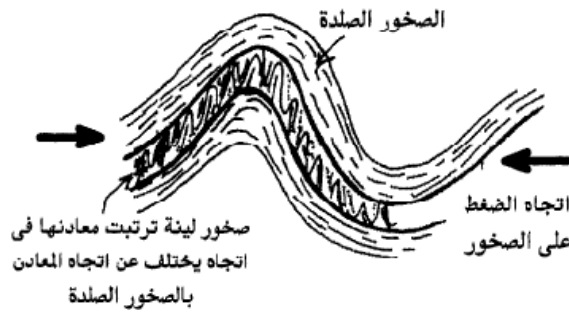
الشكل (2-1) [10][11]

الشكل (2-1): تشكل الصخور المتحولة حرارياً. [10]

ب - **الصخور المتحولة ديناميكياً:** تنشأ نتيجة عمليات التحول التي يكون تأثير الضغط فيها فعالاً، ومن خصائص

هذه الصخور ترتيب المعادن المكونة للصخر في شكل خاص ومنها صخر الإردواز (متحول من الصخور الطينية).

الشكل (3-1) [11].



الشكل (3-1): نشأة الصخور المتحولة ديناميكياً. [11]

ج- الصخور المتحولة حرارياً وديناميكياً: تنشأ نتيجة التأثير المتساوي لكل من درجة الحرارة والضغط، وتتميز هذه الصخور بنسيج جديد مميز عن غيره من الأنواع الأخرى ويسمى بالنسيج الورقي أو الصفائحي.

ولذا كثيراً ما تصنف الصخور المتحولة إلى صخور ورقية أو صفائحية مثل النيس الشكل (I-4)، وصخور عديمة التورق أو عديمة الصفائحية مثل الكوارتزيت. [11]



الشكل (I-4): نسيج ورقي (صفائحي) لصخر النيس.

2) أمثلة للصخور المتحولة:

❖ **الشيست:** يتألف من معدني الميكا والكوارتز وبعض المعادن الإضافية وجميعها تترتب أثناء عمليات التحول بنظام واحد يتسبب عنه تكون النسيج الصفائحي.

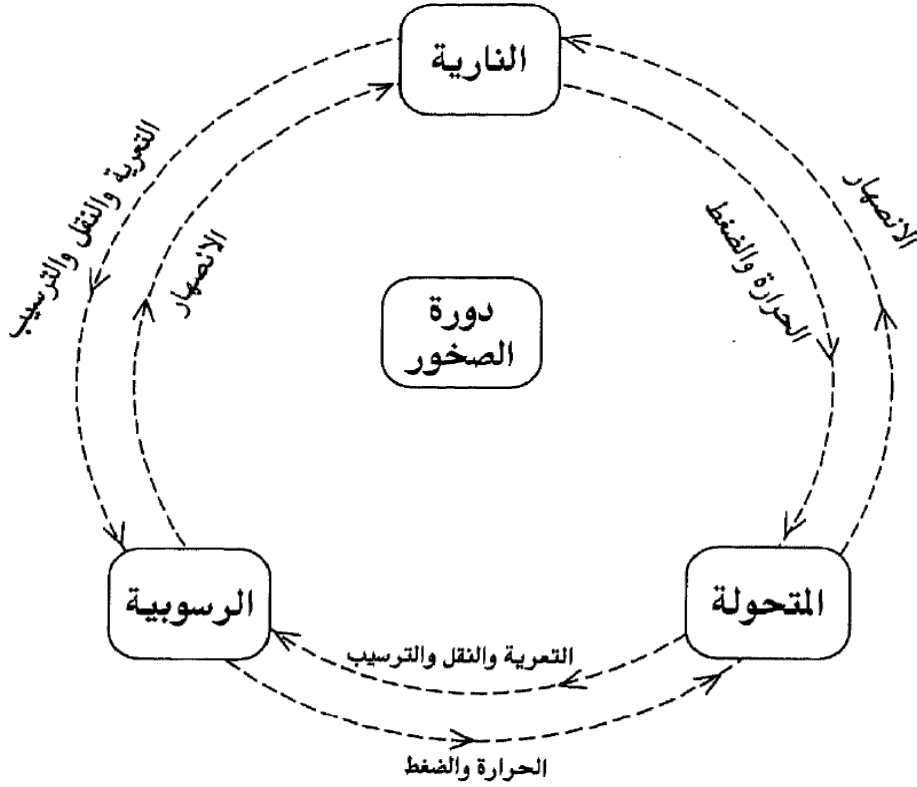
❖ **النيس:** صخر نسيجه يشبه إلى حد كبير نسيج الشيست مع اختلاف واضح في المساحة التي تترتب فيها معادن الصخر وتشغل معادن النيس مساحة أكثر اتساعاً عن الشيست. [11]

I-3-4. دورة الصخور:

أول من ربط بين أنواع الصخور الثلاثة المعروفة في دورة واحدة هو العالم الاسكتلندي جيمس هاتون وسمى العلاقة بين أنواع الصخور بدورة الصخور وتبدأ الدورة بالصخور النارية، وهي أول صخور تكونت على سطح الأرض والتي تعرضت للتفتيت بتأثير عوامل الجو من أمطار ورياح وتحولت إلى فتات ينحرف وينقل إلى أحواض الترسيب في المناطق المختلفة ويطرسب في صورة طبقات أفقية تزداد سمكا مع مرور الوقت وتكون الصخور الرسوبية التي تعرض بعض منها إلى الهبوط إلى أعماق كبيرة في باطن الأرض، نتيجة للحركات التكتونية، وتأثر بدرجة الحرارة المرتفعة والضغط العالي مما أدى إلى تغير نوعية ما تحمله من معادن وتغير نسيج الصخر مكوناً صخوراً متحولاً، ويمكن للصخور الجديدة أن ترتفع بالعمليات التكتونية أو عمليات بناء الجبال، أو تغوص أكثر في

أعماق الأرض، وعندما تتعرض الصخور المتحولة إلى تأثيرات حرارية عالية وضغط مرتفع يصل بها إلى درجة انصهار مكوناتها فإن الصهير بدوره عندما تنخفض درجة الحرارة يتصلب ويتبلور مكونا صخورا نارية جوفية أو يندفع نحو السطح مكونا صخورا نارية

بركانية ثم تبدأ دورة جديدة. الشكل (I-5) [11][10]



الشكل I-5: دورة الصخور [11]

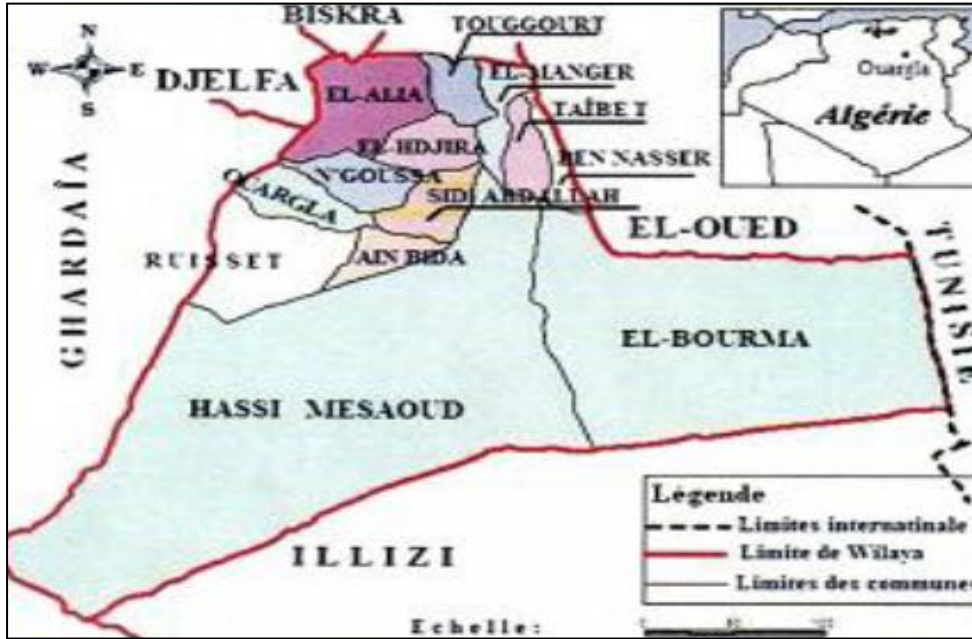
الفصل الثاني

تمهيد

سنتناول في هذا الفصل مختلف خطوات العمل المتبعة، بداية بجمع العينات وتحضيرها وُصُولاً إلى الأجهزة التي استعملناها. وستتطرق أيضاً إلى مجموعة من طرق التحليل الطيفي الفيزيائية والكيميائية، حيث تعتبر من بين أهم وأشمل التقنيات التي يستخدمها الباحث من أجل التحليل البنيوي، إذ استعملنا خلال دراستنا هذه بعض الطرق الطيفية والمتمثلة أساساً في مطيافية انعراج الأشعة السينية (XRD) وفلورة الأشعة السينية (XRF) و مطيافية الامتصاص الأشعة تحت الحمراء (FTIR)، وسنحاول شرح هذه الطرق ومبدأ عملها كما يلي :

II-1. نبذة عن منطقة الدراسة:

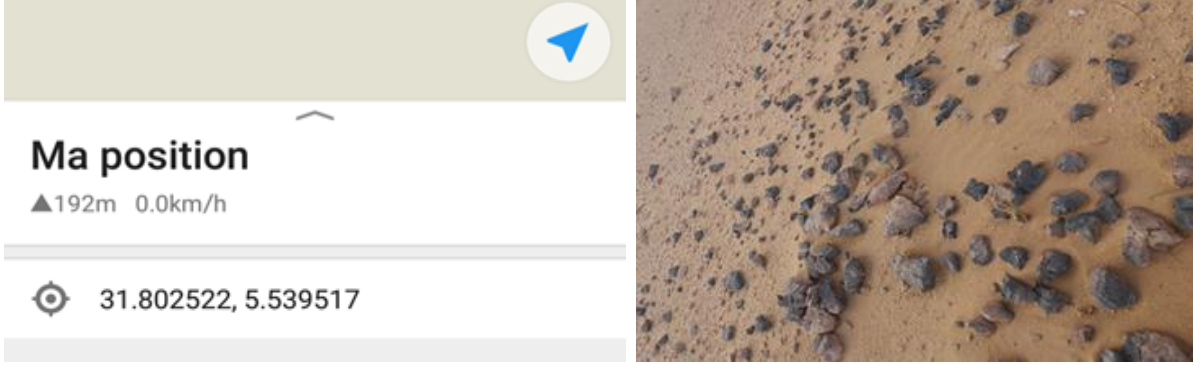
تصنف ولاية ورقلة من أحد أهم ولايات الجنوب لما تحتويه من حقول بترولية وثروات هامة، وقد ارتبطت في نشأتها وتطورها بأهمية موقعها الجغرافي، حيث تقع في الجنوب الشرقي لدولة الجزائرية ويجدها من الشمال ولايتي الجلفة والوادي ومن الجهة الشرقية الجمهورية التونسية ومن الغرب ولاية غرداية ومن الجنوب ولايتي إليزي وتمنراست. وتقع ولاية ورقلة على ارتفاع 128متر من مستوى سطح البحر وبين الإحداثيات الجغرافية التالية: خط عرض 28° و 32° شمالاً، وخط طول 4° و 8° شرقاً، أما مدينة ورقلة لها مساحة تقدر ب 2887 كلم² وهي مقر الولاية. [12][13][14]



الشكل II-1: الموقع الجغرافي لولاية ورقلة. [13]

II-2. أخذ العينة:

أخذنا عينة من صخور من منطقة ورقلة ذات الإحداثيات الجغرافية $x= 5.54$ ، $y=31.80$ ، الشكل (II-2)، حيث قمنا بجمع عددا معين من الصخور وتختلف هذه الصخور عن بعضها البعض ولها أحجام وألوان مختلفة، وفي دراستنا هذه أخذنا عينة من صخر ذو لون بني. (الشكل II-3).



الشكل II-2: صورة فوتوغرافية لمنطقة أخذ العينة وإحداثياتها الجغرافية.



الشكل II-3: صورة فوتوغرافية للعينة المأخوذة من الصخر.

II-3. تحضير العينة للدراسة:

مرت عملية تحضير العينة بمرحلتين متتاليتين هما، مرحلة الصقل و مرحلة سحق العينة حيث قمنا في المرحلة الأولى بصقل عينة من صخر منطقة ورقلة بغرض التخلص من الشوائب المتراكمة في طبقتها الخارجية والزيادة في نقاوتهما، وذلك باستخدام جهاز الصقل من نوع (MECAPOL-P255 U) كما هو موضح في الشكل II-4، حيث نقوم بتشغيل الجهاز ومن ثم نضع سطح العينة على السطح الخشن المخصص للصقل في الجهاز، وبذلك نَمَّ الحصول على عينة أكثر نقاوة من ذي قبل . أما في المرحلة الثانية سُحِّقت العينة جيدا وذلك باستخدام جهاز طحن ميكانيكي، الشكل II-5، بعد مرور هذه العينة الأولية

بسلسلة من خطوات التكسير لتقليلها إلى حجم حبيبات يتراوح بين بضعة مليمترات إلى سنتيمتر ثم توضع في الجهاز وتحدد دقة الطحن. لقد استمر طحن العينة لحوالي رُبُع ساعة، فأصبح الصخر ناعماً جداً، يشبه الدقيق اللين في شكله.



الشكل II-4: الجهاز المستعمل في صقل العينة.



الشكل II-5: الجهاز المستعمل في طحن عينة الصخر.

و لتفادي التأثيرات الجانبية الناجمة عن رطوبة الجو حُفِظت العينة في علبة بلاستيكية مغلقة، الشكل II-6.



الشكل II-6: حفظ العينة في علبة بلاستيكية مغلقة.

II-4. طرق التحليل الطيفي المستخدمة:

II-4-1. حيود الأشعة السينية (XRD) :

يستخدم حيود الأشعة السينية (X-ray diffraction technique) كأداة لفحص التركيب البلوري للمواد المختلفة،

وكان أول من اكتشف هذه التقنية الفيزيائي الألماني ماكس فون لاو (Max Von Laue)، وذلك في عام 1912م، وقد بين أن

البلورات تُحيد الأشعة السينية عن مسارها، ومن ثم فإن طريقة الحيود تكشف عن تركيب البلورة [15].

(1) - مبدأ حيود الأشعة السينية:

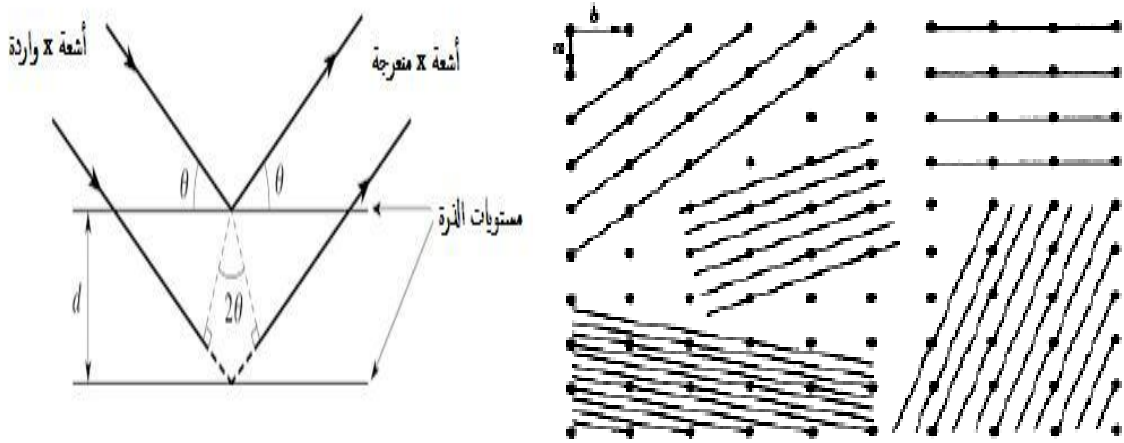
تتكون البلورات من ذرات أو جزيئات مرتبة بشكل منتظم، وموزعة على مستويات متوازية تدعى المستويات البلورية، وهي

مستويات افتراضية تمرُّ بالذرات في خلية واحدة عبر شبكة بلورية ثلاثية الأبعاد، لذا يوجد العديد من هذه المستويات في الشبكة

الواحدة، تختلف في عدد الذرات التي تمر بها، و المسافة بين الذرات المتتالية و كذلك المسافة العمودية بين كل مستويين متوازيين،

أو ما يُعرفُ بمسافات شبكية كما هو مُوضَّح بالشكل (II-7)، فعند ورود الأشعة السينية على بلورة فإن مستويات الذرات

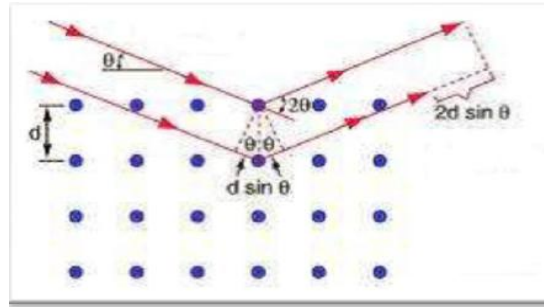
تعمل كمرآيا صغيرة، تُحيدُ الأشعة على نمط منتظم، وكل نوع من البلورات له مخطط حيود مختلف [16][17].



الشكل (II-7): رسم تخطيطي يوضح مستويات الشبكة [17] ومخطط حيود الأشعة السينية [18].

(2) - قانون براغ :

يعتمد قانون براغ على مبدأ النظرية الحركية، فعندما تسقط حزمة من الموجات السينية ذات طول موجي معين λ على مستويات بلورية متوازية (مستويات براغ) فإن جزءا منها ينعكس بمجرد اصطدامها بذرات مستو معين والجزء الآخر يتمكن من النفوذ لينعكس على المستوي الذي يليه وهكذا، إن هذه الأشعة المنعكسة سوف تتداخل و ينتج عنها إما تداخلا بناء إذا كانت متفقة في الطور أو تداخلا هداما إذا كانت متعاكسة فيه، حيث يوضح الشكل الآتي انعراج براغ:



الشكل II-8: انعكاس الأشعة السينية عبر شبكة بلورية (انعراج براغ) [19]

إن جزءا من الشعاع الساقط ينعكس على مستوي براغ الأول بزاوية مقدارها θ مع المستوي، والجزء الآخر من الشعاع ينفذ من المستوي الأول وينعكس جزءا منه على المستوي الثاني بزاوية θ أيضا، إذا كان التداخل بين الشعاعين المنعكسين بناء فإن فرق المسار الناتج عنهما يساوي إلى عدد صحيح من الطول الموجي λ .

ومن خلال هذه الظاهرة المدروسة، استنتج العالم "وليام لورانس براغ" معادلته الشهيرة من إيجاد أبعاد الخلية الأولية للشبكة

البلورية وفق العلاقة الآتية:

$$n \lambda = 2d \sin \theta \quad \dots \dots \dots (1-II)$$

n : عدد صحيح يرمز إلى رتبة التداخل.

λ : الطول الموجي للأشعة .

d_{hkl} : المسافة البينية لمجموعة المستويات (hkl) وقد تكون مساوية لثابت الشبكة البلورية كحد أقصى .

θ : هي الزاوية بين منحنى الأشعة الساقطة والمستويات البلورية (hkl) التي يحدث عليها الانعكاس.

وتجدر الإشارة إلى أن براغ استنتج هذه المعادلة على أساس الترتيب الدوري للتركيب البلوري، دون اعتبار لنوع الذرات أو ترتيبها

في المستويات العاكسة، وهما العاملان المؤثران فقط في شدة الانعكاسات المناظرة لقيم n المختلفة [19].

(3) - الجهاز ومسار الأشعة السينية داخله :

يوجد تصميمات هندسية عدّة لجهاز حيود الأشعة السينية، ولكن أيًا منها لا بد أن يشمل ثلاثة عناصر أساسية، هي: مصدر للأشعة السينية، وكاشف (عدّاد) لعد الأشعة الحادثة، بالإضافة إلى حامل العينة المطلوب فحصها. الشكل II-9.

[15]

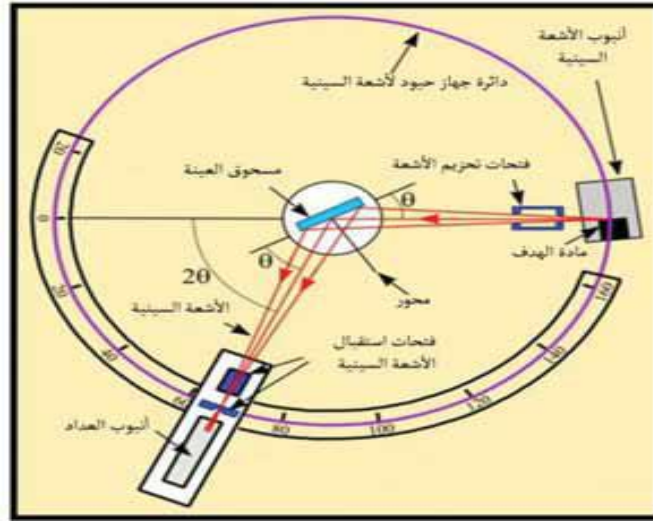


الشكل II-9: جهاز حيود الأشعة في العينات الصلبة على هيئة مسحوق [15]

حيث يوضع مصدر الأشعة السينية أحاديّ الطول الموجي (ذو طاقة محددة) وعداد للأشعة السينية على محيط دائرة مدرجة، يوضع عند مركزها مسحوق العينة محل الدراسة والتحليل بالأشعة السينية (الشكل II-10) على حامل (ماسك) العينة و يكون هذا الحامل والعداد متوافقان ميكانيكياً، حيث يسجل زاوية دوران للعداد تساوي 2θ مع كل زاوية دوران للعينة مقدارها θ ، وتوضع فتحات تحزيم بين مصدر الأشعة السينية والعينة. وتوجد أيضاً فتحات استقبال للأشعة السينية بين العينة والعداد، حيث تستخدم هذه الفتحات في الحد من الأشعة المبعثرة (غير الحادثة)، ومن ثم تخفيض الخلفية الإشعاعية من البيئة المحيطة، ثم العمل على توجيه الأشعة. فيستقبل العداد الأشعة المنعرجة عن المستويات البلورية الموازية لسطح العينة. [15]

يتم تسجيل مخطط الانعراج باستعمال عدّاد يُوصَل براسم يرسم مخططاً يربط كمية الإشعاع بزاوية 2θ . تسمح هذه التقنية بتأشير خطوط الانعراج الحادثة، ومعرفة الفاصل d_{hkl} الموافق للشدة I ، حيث تحسب d_{hkl} (المسافات بين الطبقات الذرية المكوّنة للبلورة) انطلاقاً من قانون براغ، فتتشكل قائمة ثنائيات (d_{hkl}, I) مميزة لكل طور بلوري. تُقارَن هذه القوائم بقوائم تم إعدادها مسبقاً بشكل قواعد بيانات في نظام بطاقات تعرف ببطاقات ASTM (American Society for Testing and Materials)، وبالتالي يتم تحديد هويّة المادة [20]، وحديثاً أصبحت هذه

البطاقات مسجلة في برامج مخصصة للتحليل ليسهل استعمالها مباشرة من خلال الحاسوب.



الشكل II-10: رسم توضيحي لأوضاع مصدر الأشعة والعينة والكاشف (العداد) في جهاز حيود الأشعة السينية. [15]

4- الجهاز المستعمل في انعراج الأشعة السينية (XRD):

الجهاز الذي استعملناه لتقنية حيود الأشعة السينية (XDR) من نوع DRX3003TT، يعمل هذا الجهاز بطول موجي

العداد. فيتحرك المنبع و العداد في آن واحد حيث يدور العداد بزاوية 2θ ، الهدف المستعمل هو النحاس، يتم تغذيته بواسطة مولد

تحت توتر مقداره 49 KV وشدة التيار 30 mA، وهو ما يوضحه في الشكل (II-11).



الشكل II-11: جهاز انعراج الأشعة السينية المستعمل في الدراسة

(5)- تحضير العينة لإجراء التحليل بواسطة (XRD):

حُضرتُ العينة بغرض إجراء التحليل بواسطة (XRD) وفق طريقة المسحوق (طريقة ديبي - شيرر) والتي تطحن لها العينة جيداً. في دراستنا هذه طحنت العينة المدروسة مباشرةً قبل إجراء القياس، وضعت العينة في حامل ذات بنية غير بلورية يجعلها بشكل دائري، الشكل II-12، ثم ضُغِطَ يدوياً بواسطة صفيحة وهذا من أجل الحصول على سطح مستوٍ.

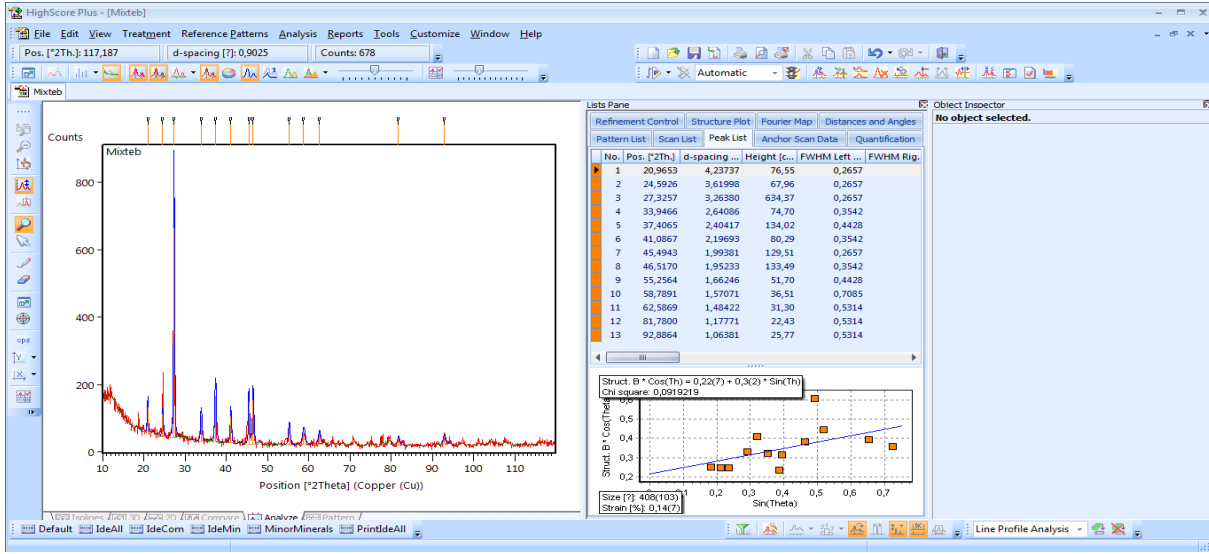


الشكل II-12: نموذج لعينة تم تحضيرها للقياس XRD

(6)- برنامج X'Pert HighScore:

يوجد العديد من البرامج التي تعالج معطيات حيود الأشعة السينية بطريقة آلية منها برنامج X'Pert HighScore، و الذي تم استخدامه خلال دراستنا هذه وهو واحد من بين البرامج الحاسوبية التي تعالج بيانات انعراج الأشعة السينية للعينة المدروسة، وذلك اعتماداً على قواعد بيانات تحوي معلومات عديدة عن مختلف التراكيب

البلورية. حيث يقوم هذا البرنامج بمطابقة بين المعطيات المقدّمة له من مخطط حيود الأشعة السينية للعينة المدروسة و تلك التي عنده من قواعد البيانات، وبالتالي إعطاء التركيب البلوري الأكثر تطابقاً، الشكل (II-13) يوضح واجهة البرنامج. [21]



الشكل II-13: واجهة البرنامج المستخدم في تحليل نتائج مخططات انعراج الأشعة السينية

II-4-2 . التحليل باستعمال مطيافية فلورة الأشعة السينية (XRF):

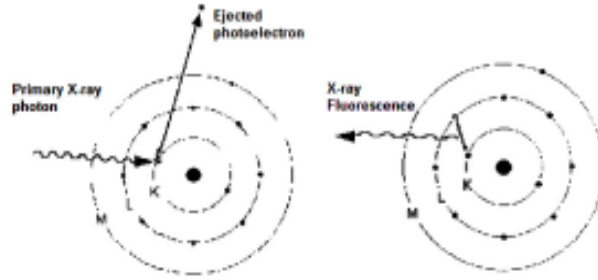
الفلورة Fluorescence ظاهرة فحواها انبعاث ضوء من المادة عند سقوط ضوء آخر ذي طاقة عالية عليها، كما يحدث مع عنصر الفلور، ولذلك اشتقت اسم الظاهرة منه، وتنتهي عملية الفلورية بمجرد توقف سقوط الضوء الخارجي، مع العلم أن هذه الظاهرة لا تؤثر في خصائص المادة أو تلفها.

تقنية فلورية الأشعة السينية XRF تعتمد على مبادئ أساسية مشتركة بين تقنيات عدة مفيدة، تتضمن التفاعل بين الحزم الإلكترونية وبين الأشعة السينية مع العينات. كما تعتمد هذه التقنية على تفاعل الأشعة السينية مع إلكترونات ذرات العينة، و

تستخدم في تحديد تراكيز العناصر الكيميائية المكونة للعينة. [15]

1- أساسيات فلورة الأشعة السينية XRF :

تتطلب ظاهرة الفلورة مصادر إشعاع ذات طاقات عالية، وتدعى بالأشعة السينية الأولية. تعمل هذه الإشعاعات على اقتلاع أحد إلكترونات الطبقات الداخلية للذرة، مُخلِّفةً وراءها فجوةً إلكترونية، وهذا يؤدي إلى تأين الذرة، الشكل II-14.



الشكل II-14: الانتقالات الإلكترونية المسببة لظاهرة الفلورة [22].

فإذا كانت طاقة الإشعاع كافية لطرد إلكترون داخلي مرتبط بإحكام داخل الذرة مع النواة الذرية، فإن الذرة تصبح غير مستقرة، ثم يهبط أحد الإلكترونات البعيدة عن النواة الذرية تجاه النواة، ليحل محل الإلكترون الداخلي المفقود. وأثناء ذلك تتحرر الطاقة الزائدة عن طاقة هذا الإلكترون في المدار الجديد القريب من النواة في شكل أشعة. والأشعة المنبعثة تتمثل بموجات كهرومغناطيسية ذات طاقة منخفضة، وهي أقل من طاقة الأشعة السينية الابتدائية الساقطة على المادة، وتسمى "الأشعة الفلورية". وتكون طاقة فوتونات الأشعة المنبعثة ذات قيم محددة مميزة لكل عنصر على إثر الانتقالات بين مدارات محددة للإلكترون في العنصر، فإذا انتقل هذا الإلكترون بين مدارين (E_2, E_1) ، فإن طاقة الأشعة المنبعثة تقدر بالفرق بين هذين المستويين ويمكن كتابتها بالشكل التالي:

$$h\nu = E_2 - E_1 \dots \dots \dots (2-II)$$

ν : تردد الإشعاع السيني المميز.

ومن ثم يمكن استخدام فلورية الأشعة السينية الناتجة في الكشف عن نسبة وفرة العناصر الموجودة في العينة [15] [22] [23].

2- جهاز مطيافية فلورة الأشعة السينية [24] [15] [25] [26] :

يُستخدم في عملية تحليل العينات بتقنية الفلورة جهاز يسمى "مطيافية فلورية الأشعة السينية"، حيث يستخدم الأشعة السينية في التحليلات الغير المتلفة لعينات من الصخور، والمعادن، والرسوبيات، والمواد البيولوجية. وهناك عدة تصاميم للأجهزة المستخدمة في قياس شدة الوميض حيث نحمل المكونات الأساسية لهذه الأجهزة. و يتبين أن تلك المكونات تتضمن مصدر الإضاءة، وحدة وضع العينة، الكاشف ونوضحها كما يلي:

(أ) - مصدر الإضاءة (الأشعة السينية) :

يسمح هذا المصدر بإعطاء أشعة ذات طول موجي مناسب أي طاقة كافية للكشف عن كل العناصر المكونة لمادة العينة ونذكر منها أنبوبة الأشعة السينية، تعمل هذه الأنبوبة بإنتاج الأشعة السينية عندما يصطدم إلكترون تم تعجيله في مجال كهربائي بهدف مصنوع من مادة التنجستين ويسمى هذا الهدف المصعد، حيث يمكن أن يصدر بسبب هذه الأنبوبة توزيع كبير بطاقات أشعة السينية عند شدات عالية، إن تنوع مواد المصعد والمصفاة (المرشح) قد يستخدم لإنتاج وتعديل على التوالي مدود طاقات أشعة السينية الأولية قبل التفاعل مع العينة، ويمكن كذلك أن تنتج الأشعة السينية من مصدر مشع، حيث توجد هذه المصادر المشعة على شكل كبسولة صغيرة محكمة تحتوي على كمية مناسبة من النظير المشع. يبعث هذا النوع من المصادر إشعاعاً بطاقات متقطعة للتفاعل مع العينة. تستخدم مصادر مشعة متنوعة لإعطاء طاقات مختلفة سينية مناسبة لإثارة العناصر المتوقع وجودها في العينة.

(ب) -الكاشف:

الكاشف (detector) هو الجزء من الجهاز المسئول عن قياس شدة الأشعة التي تصله بعد خروجها من العينة. وتعتمد طبيعة الكاشف وتركيبه على نوع الأشعة الذي صُمم لقياس شدتها، ومن خصائصه أن يكون حساساً جداً وسريع الاستجابة، حيث يقوم بتحويل الطاقة الممتصة من الأشعة السينية المنبعثة من العينة إلى إشارات كهربائية، فعند سقوط الإشعاعات تقوم بتحرير إلكترونات وبالتالي تتأين مادة الكاشف، أي يتم إنتاج أزواج من الثقوب الإلكترونية في نصف ناقل أو الأزواج الإلكترونية الأيونية في الكاشف التناسبي المملوء بالغاز (الكواشف الغازية) تتجمع الشحنات الكهربائية الناتجة وتعطي تيار إما نبضي أو مستمر متناسب طردياً مع طاقة فوتون أشعة السينية الممتصة بواسطة الكاشف.

(3) - جهاز فلورة الأشعة السينية المستعمل :

نستخدم في دراستنا هذه جهاز مطيافية فلورة الأشعة السينية و الذي يعد أحد أخف أجهزة XRF المحمولة (الشكل II-15)، حيث يحتوي على أنبوب الأشعة السينية وكاشف لاستقبال الأشعة السينية المتفلورة المنبعثة من العينة ومن ثم معالجتها وتحليلها في حوالي بضع دقائق و الكشف عن العناصر المختلفة الداخلة في تركيب العينة على شاشة ملونة تعمل باللمس.



الشكل II-15: جهاز التحليل بفلورة الأشعة السينية

4- تحضير العينة للقياس:

تُحضّر العينة من أجل تحليلها بواسطة مطيافية فلورة الأشعة السينية بالطحن، وفي دراستنا هذه قمنا بطحنها جيداً مسبقاً وتوضع في الحامل المخصص للجهاز، ومن ثم نقوم بالضغط على العينة بصفيحة بغرض اكتساب سطح متساوي. الشكل II-16 يوضح نموذج لإحدى العينات التي تمّ قياسها.



الشكل II-16: صورة فوتوغرافية لعينة مجهزة للقياس

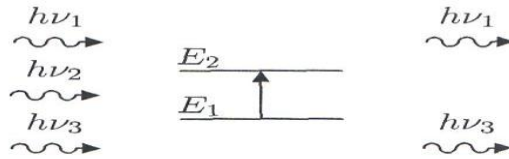
II-4-3. التحليل بمطيافية الأشعة تحت الحمراء:

أصبح التحليل الطيفي باستخدام الأشعة تحت الحمراء (fourier transformation infra red) وسيلة من إحدى الوسائل لتعيين ماهية التركيب الجزيئي للمواد، وذلك بتحديد الجاميع الوظيفية الداخلة في تركيبها، حيث تعتبر أقل تكلفة في معظم المعامل لإجراء التحاليل. [27]

1) مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

يعتمد مطياف الأشعة تحت الحمراء على طاقة الاهتزاز للجزيئات والتي تتمثل في الطاقة الحركية و طاقة الجهد التي تمتلكها الجزيئات بسبب حركتها الاهتزازية، فإذا كانت طاقة الفوتون مساوية للطاقة الضرورية للجزيء حتى يمر من حالة طاقة منخفض إلى الحالة مثارة، يمتص وتحويل هذه الطاقة إلى طاقة اهتزاز. الشكل (II-17)

الفوتون ذو الطاقة $h \nu_2$ المساوية لطاقة الانتقال ($E_2 - E_1$) هو وحده الذي يمتص، و بالتالي فإن الفوتون الممتص يحدث خللا في الإشعاع المنبعث.



$$E_2 - E_1 = h \nu_2 \dots\dots\dots(3-III)$$

الشكل II-17: امتصاص الأشعة تحت الحمراء

تمثل الانتقالات الاهتزازية مستويات طاقة اهتزازية محددة في الجزيء، فتقاس هذه الطاقة عادة بوحدة العدد الموجي

(Cm^{-1}) والتي تختلف من جزيء إلى آخر معطية ما يعرف بالبصمة المميزة لكل جزيء عن غيره. [28] [29] [30] [31]

نذكر بعض أنواع الاهتزازات الممكنة للجزيئات في الشكل التالي:

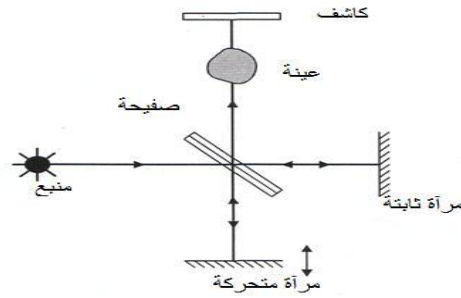


الشكل II-18: أنواع الاهتزازات [32]

- اهتزاز تمدد: التغير في المسافة بين الذرات على طول محور الرابطة.
- اهتزاز انحناء(المقص): التغير في الزاوية [32].

(2) جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

يعمل جهاز المطياف بتحويل فورييه على إرسال حزمة من الأشعة تحت الحمراء من المصدر لتتجه بدورها إلى صفيحة فتنقسم إلى حزمتين متساويتين كما هو موضح في الشكل (II-19)، الحزمة الأولى توجه إلى المرآة الثابتة (fixed mirror)، أما الحزمة الثانية توجه إلى المرآة المتحركة (rotating mirror)، يتم تجميع هذا الشعاعان بعد ذلك في نفس المسار لتعبر العينة ومن ثم الكاشف الذي يستقبل الشدة الضوئية الكلية. [28][29][33] ثم يقوم بتسجيلها، لتعطي في النهاية الطيف المطلوب. (Spectrum)



الشكل II-19: مسار الأشعة في مطياف FTIR

(3) الجهاز المستعمل للقياس بواسطة الأشعة تحت الحمراء:

بغرض التحليل والكشف عن العناصر المكونة للعينة استعمالنا مطياف الأشعة تحت الحمراء (FTIR) من نوع (SHMADZU FTIR-8300) و المتواجد في مخبر الكيمياء الحيوية للبيئات الصحراوية كما هو موضح بالشكل (II-20)، حيث قمنا بتسجيل طيف الأشعة تحت الحمراء بواسطته في مجال المحصور بين $[400-4000 \text{ cm}^{-1}]$.



الشكل II-20: جهاز مطياف الأشعة تحت الحمراء

4) تحضير العينة لإجراء القياس بواسطة مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

تحضر العينة الصلبة المراد دراستها بالمطياف FTIR على هيئة قرص مضغوط وذلك بطحن 1% من العينة الصلبة مع 99 % من بروميد البوتاسيوم (KBr) الجاف في هاون، و الاستمرار في الطحن لمدة 10 دقائق في القاع بشكل دائري، وذلك بهدف الحصول على توزيع متجانس لكلا العنصرين. نقلنا الخليط إلى أداة الكبس ووزعناه على الحامل المخصص بشكل متساو، ثم وضعناه في المكبس (piston) لمدة خمس دقائق، الشكل (II-21). ضغطنا المزيج بواسطة المكبس تحت ضغط شديد ليكون قرصاً شفافاً، ويستعمل القرص الشفاف الخالي من الأخداح و يوضع في المطياف للقياس.



الشكل II-21: المكبس و لواحقه

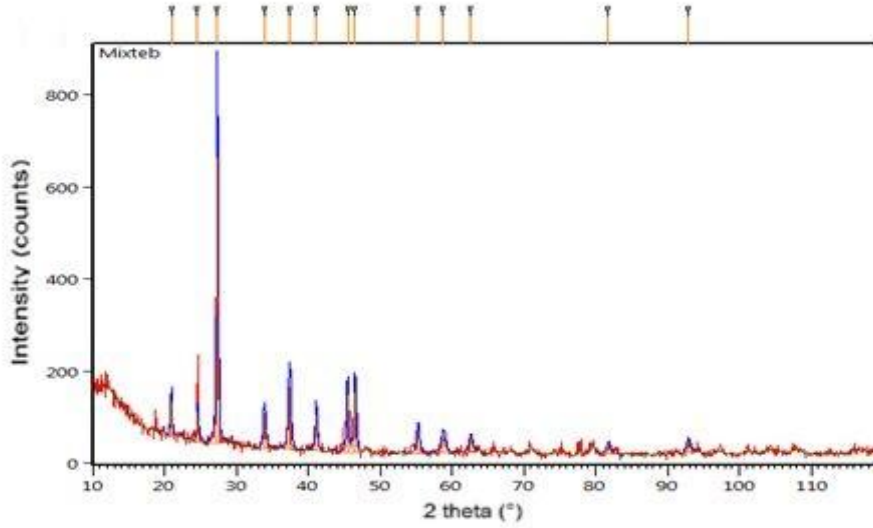
الفصل الثالث

تمهيد

سُقدم في هذا الفصل مختلف النتائج المنحزة و المتحصّل عليها من الأجهزة المستعملة في التحليل الطيفي لتحليل عينة من الصخر، و ذلك بعد تحليلها بواسطة تقنية انعراج الأشعة السينية (XRD) و تقنية فلورة الأشعة السينية (XRF)، وكذا تقنية مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء (FTIR)، ولإيجاد التركيب الجزيئي للصخر نقوم بتثبيتها وتحليلها بشكل منفرد .

III-1. مناقشة نتائج تقنية الانعراج الأشعة السينية XRD:

يسمح لنا جهاز انعراج الأشعة السينية بتسجيل مخطط الانعراج على العينة المدروسة من الصخر الشكل (III-1)، حيث تسمح هذه التقنية بتحديد شدة الخطوط المنعرجة و الزوايا الموافقة لها، وبمعرفة زوايا الانعراج يمكن تحديد المسافات البينية للسطوح الذرية (d_{hkl})، و باستخدام برنامج (HighScore) تحصلنا على المخطط التالي:



الشكل III-1: مخطط انعراج الأشعة السينية للعينة.

لقد تمّت معالجة هذا المخطط باستخدام برنامج HighScore وذلك بمقارنة مخطط حيود العينة مع قاعدة بيانات pdf 2 المتاحة في البرنامج، والتي تضم كل البيانات للمواد المحدثة لغاية 2014. يرجع ارتفاع خط انعراج الأشعة السينية إلى كمية الطور وكذلك إلى شدة الحزمة المنعرجة عن المستويات البلورية المتوازية، فكلما كانت المستويات غنية بالذرات كانت شدة الحزمة المنعكسة عالية. [34]

من خلال المقارنة بين النتائج التجريبية لهذا المخطط و قاعدة البيانات نتحصل على المركبات البلورية الموجودة بالعينة الصخرية و المدرجة في الجدول كما يلي:

الجدول (III-1): زوايا الانعراج والمركبات الموافقة لها مع الصيغة الكيميائية و المسافات البينية ومعاملات ميلر

معاملات ميلر (h k l)	المسافة البينية $d_{hkl} (Å)$	المركب	الصيغة الكيميائية	زوايا الانعراج $2\theta (^\circ)$
0 1 1	3.26010	Quartz low	SiO ₂	27.33
0 2 2	1.99051	Gupeiite	Fe ₃ Si ₁	45.53
1 1 0	2.38700	Quartz low	SiO ₂	37.65
1 0 1	4.21835	Groutellite	H _{0.5} Mn ₁ O ₂	21.04
2 2 2	2.15554	Perovskite	Ca Fe ₃ O ₁₂ Ti ₄	41.87
2 1 0	1.56266	Quartz low	SiO ₂	59.06
0 3 1	1.33380	Quartz low	SiO ₂	70.55
1 0 4	1.26200	Quartz low	SiO ₂	75.23
1 3 0	1.61938	Xifengite	Fe ₅ Si ₃	56.80
1 2 1	1.99821	Xifengite	Fe ₅ Si ₃	45.34
2 1 3	1.17058	Quartz low	SiO ₂	82.30
3 0 1	2.63029	Groutellite	H _{0.5} Mn ₁ O ₂	34.05
0 0 4	1.40750	Gupeiite	Fe ₃ Si ₁	66.36
1 1 4	1.15865	Quartz low	SiO ₂	83.33
2 0 1	1.92594	Quartz low	SiO ₂	47.15
2 1 3	1.32167	Groutellite	H _{0.5} Mn ₁ O ₂	71.29
1 1 2	1.93000	Xifengite	Fe ₅ Si ₃	47.04
1 1 2	3.62525	Tugtupite	Al ₄ Be Br ₂ Na ₈ O ₂₄ Si ₇	24.53

0 2 0	2.06720	Quartz low	SiO ₂	43.75
2 0 0	4.75800	Groutellite	H _{0.5} Mn ₁ O ₂	18.63
1 3 3	1.29161	Gupeiite	Fe ₃ Si ₁	73.22
3 1 1	1.93726	Groutellite	H _{0.5} Mn ₁ O ₂	46.85
0 4 0	1.45969	Xifengite	Fe ₅ Si ₃	63.70
3 0 2	1.22273	Quartz low	SiO ₂	78.09

من خلال الجدول (1-III) يتبين أن أغلب خطوط الانعراج التي ظهرت في المخطط XRD للعينة الصخرية تدل على وجود الكوارتز (SiO₂) من النوع ألفا (المنخفض)، وهو الذي مُيز من خلال انعراجه البارز والشديد عند الزاوية $2\theta = 27.33^\circ$ وبالإضافة إلى انعراجه الأخرى عند الزوايا 2θ : 37.65، 59.06، 70.55، 75.23، 82.30، 83.33، 47.15، 43.75، 78.09°، مع ظهور بعض الخطوط التابعة لمركب Groutellite (H_{0.5}Mn₁O₂) عند الزوايا 2θ : 21.04، 34.05، 71.29، 18.63، 46.85°. أما القمم عند الزوايا 2θ : 47.04، 45.34، 56.80، 63.70°، فدللت على وجود Xifengite. و كما لوحظ أيضا في مخطط هذه العينة انعراجات عند الزوايا 2θ : 45.53، 66.36، 73.22° وعند الزاوية $2\theta = 41.87^\circ$ و الزاوية $2\theta = 24.53^\circ$ فهي تشير إلى وجود مركب الـ Gupeiite (Fe₃Si₁) و Perovskite و Tugtupite على الترتيب.

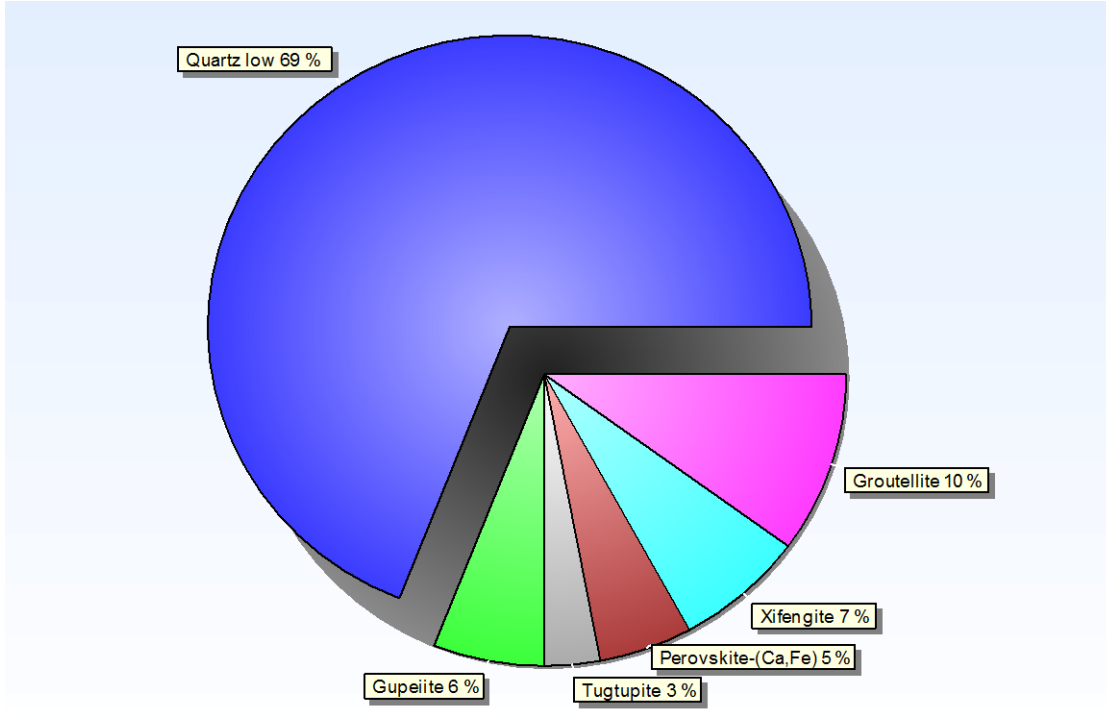
ومن خلال مطابقة برنامج HighScore بين المعلومات المقدمة له من مخطط انعراج الأشعة السينية للعينة الصخرية وتلك التي عنده من قواعد البيانات، تم تحديد النتائج البنوية الخاصة بالمركبات الأكثر تطابقا، حيث تتمثل هذه النتائج البنوية في أبعاد الخلية البنوية، ونظام التبلور الخاص لكل مركب، ويتم عرضها في الجدول (2-III) كمايلي:

الجدول (III-2): النتائج البنوية لمركبات العينة الصخرية و المتحصل عليها من برنامج HighScore

المركبات	الصيغة الكيميائية	نظام التطور	a (Å°)	b (Å°)	c (Å°)	α (°)	β (°)	γ (°)
Quartz	SiO ₂	Hexagonal	4.7740	4.7740	5.3010	90	90	120
Grothellite	H _{0.5} Mn ₁ O ₂	Orthorhombic	9.5160	2.8640	4.7060	90	90	90
Xifengite	Fe ₃ Si ₃	Hexagonal	6.7420	6.7420	4.7080	90	90	120
Gupelite	Fe ₃ Si ₁	Cubic	5.6300	5.3600	5.3600	90	90	90
Perovskite	Ca Fe ₃ O ₁₂ Ti ₄	Cubic	7.4670	7.4670	7.4670	90	90	90
Tugtupite	Br ₂ Na ₈ O ₂₄ Si ₇	Cubic	8.8800	8.8800	8.8800	90	90	90

و باستخدامنا برنامج HighScore قمنا بتقدير نسب هذه المركبات في العينة الصخرية وبالتالي يمكننا تلخيص نتائج الجدول

(1-III) في المخطط البياني الموضح في الشكل (2-III) فتحصل على النسب المئوية التالية:



الشكل 2-III: النسب المئوية للمركبات في العينة الصخرية.

نلاحظ من خلال عرضنا للنتائج أن النسبة المئوية للكوارتز في العينة الصخرية بمنطقة ورقلة قد بلغت 69 % من النسبة المئوية الكلية كما هو موضح في الشكل (2-III)، يليه المركب Groutellite بنسبة 10%، أما المركبين Xifengite و Gupeiite فكانت نسبة تواجدهما قد بلغت 7% و 6% على التوالي، و ليسجل المركب Perovskite نسبة تواجده تصل إلى 5%، في حين أقل نسبة سجلت للمركب Tugtupite التي وجدت في العينة ب3%.

2-III. مناقشة نتائج مطيافية التحليل بالفلورة الأشعة السينية XRF :

باستخدامنا جهاز مطيافية فلورة الأشعة السينية و الذي يتميز بسرعته العالية وسهولة استعماله، نتحصّل على النتائج التي تحدد نوعية وتركيز العناصر الكيميائية المكونة لمادة العينة المدروسة، سواء كانت ذات تركيز عالي (العناصر الرئيسية) أم تركيز منخفض (العناصر النادرة)، وهو مبرمج للكشف عن عدد كبير من العناصر الكيميائية ذات الفلورة.

حيث تبين النتائج الموضحة بالجدول (3-III) نسب تواجد العناصر الكيميائية للعينة المدروسة باستخدام هذه التقنية.

الجدول (III-3): نتائج التحليل الكيميائي للعينة الصخرية بواسطة الفلورة XRF

العناصر الكيميائية	التركيز (بالنسبة المئوية)
S	2.55
Fe	4.55
Ni	0.54
Zn	LOD
Zr	1.05
Ru	4.63
Rh	14.40
In	19.67
Re	2.44
Mg	24.07
Al	4.21
Si	21.83
Mn	LOD
المجموع	99.94

LOD: تعني أن المركب ظهر بنسبة ضئيلة في العينة.

يجدر بنا التلميح إلى أن المجموع في الجدول (III-3) يقل عن 100%، ويمكننا تفسير ذلك بأن تقنية XRF لا يمكنها

الكشف عن التراكيز ذات النسب الضئيلة في العينة المدروسة، و لذلك يظهر المجموع أقل من 100%.

تُوضَّح نتائج هذا الجدول أن العينة الصخرية تحتوي على نسب معتبرة من المغنسيوم (Mg) 24.07%، والسيلكون (Si)

21.83 %، بالإضافة إلى الانديوم (In) 19.67 % و الروديوم (Rh) 14.40 %، دَلَّ على ذلك كل من السطر السابع

و الثامن والعاشر والثاني عشر من الجدول، في حين أن العناصر الأخرى ظهرت بنسب ضعيفة.

من المهم جداً الإشارة أن جهاز فلورية الأشعة السينية يظهر تراكيز العناصر الكيميائية المكونة للعينة بشكل تركيز ذري أي أنه لا يظهرها على شكل تركيز حبيبي.

وفي كثير من الأحيان لا يوجد المعدن بمفرده في الطبيعة، ولكنه يتحد مع الأوكسجين ليولد الأكاسيد، باعتبار الأكسيد وحدة كيميائية أساسية التي تدخل في تركيب الصخور للقشرة الأرضية، وبالتالي يمكن أن نتحصّل على ثنائي أكسيد معدن السيلكون SiO_2 المكون لهذا الصخر. [35]

من الجدير بالذكر أن الأكاسيد تدخل في تكوين مركبات أخرى. فثنائي أكسيد السيلكون موجود ضمن الكوارتز (SiO_2) وهو ما تأكده نتائج التقنية الطيفية السابقة. [35]

إذا سجلنا من خلال هذه الدراسة للعينة الصخرية لمنطقة ورقلة بواسطة مطيافية فلورة الأشعة السينية، تواجد عناصر كيميائية بنسب متفاوتة منها بكميات معتبرة كالمغنسيوم (Mg) 24.07% والسيلكون (Si) 21.83 % و الانديوم (In) 19.67 % و الروديوم (Rh) 14.40 % و الأخرى بكميات ضئيلة كالنيكل (Ni) 0.54 % و الزركونيوم (Zr) 1.05% والكبريت (S) 2.55 % والحديد (Fe) 4.55% و الروثنيوم (Ru) 4.63% والألمنيوم 2.44 % (Al) و الرينيوم (Re) 2.44 %.

➤ العناصر الكيميائية الغالبة :

- **المغنسيوم Mg:** هو عنصر كيميائي رمزه Mg وعدده الذري 12 ووزنه الذري 24.305 ذو الكثافة g/cm^3 1.73 يقع في المجموعة الثانية من الجدول الدوري، حيث يشكل 3% من تركيب القشرة الأرضية. للمغنسيوم العديد من التطبيقات فمثلا يستخدم كربونات المغنسيوم $MgCO_3$ كمادة عازلة ، أما سترات المغنسيوم $Mg_3 (C_6H_5O_7)_2 \cdot 4H_2O$ فتستخدم في الصناعات الدوائية. [36]

- **السيلكون Si:** عنصر كيميائي رمزه Si وعدده الذري 14 ويعتبر ثاني أكثر عنصر شيوعا على الأرض بعد الأوكسجين وهو يقع في المجموعة الرابعة عشر من الجدول الدوري. ولونه رصاصي مسود وهو على شكل بلورات، حيث درجة انصهاره $1414c^\circ$ وكثافته $2.33 g/cm^3$ ووزنه الذري 28.086. يدخل السيلكون في صناعة الزجاج و الأسمت، وهو يحد ذاته شبه موصل لذلك يدخل في صناعة أشباه الموصلات وغيرها من الأجهزة الالكترونية. [36]

- **الانديوم In**: الانديوم عنصر كيميائي نادر لونه أبيض وله الرمز الكيميائي In، عدده الذري 49 وهو ينتمي للمجموعة 13 (IIIA) من الجدول الدوري، وزنه الذري 114.818 و كثافته 7.31 g/cm^3 و يذوب في درجة حرارة قدرها 156.61 c° . يدخل الانديوم في صناعة المفاعلات النووية كمبرد كما يدخل في صناعة محركات و محامل الطائرات. [36]
- **الروديوم Rh**: عنصر كيميائي رمزه Rh وهو ذو لون فضي مبيض، عدده الذري 45 ووزنه الذري 102.905 ودرجة انصهاره 1966 c° . وهو أعلى المعادن النفيسة على الإطلاق حيث يستخدم كمادة مقاومة للتآكل وكذلك يستخدم في صناعة المرايا والمجوهرات. [36]

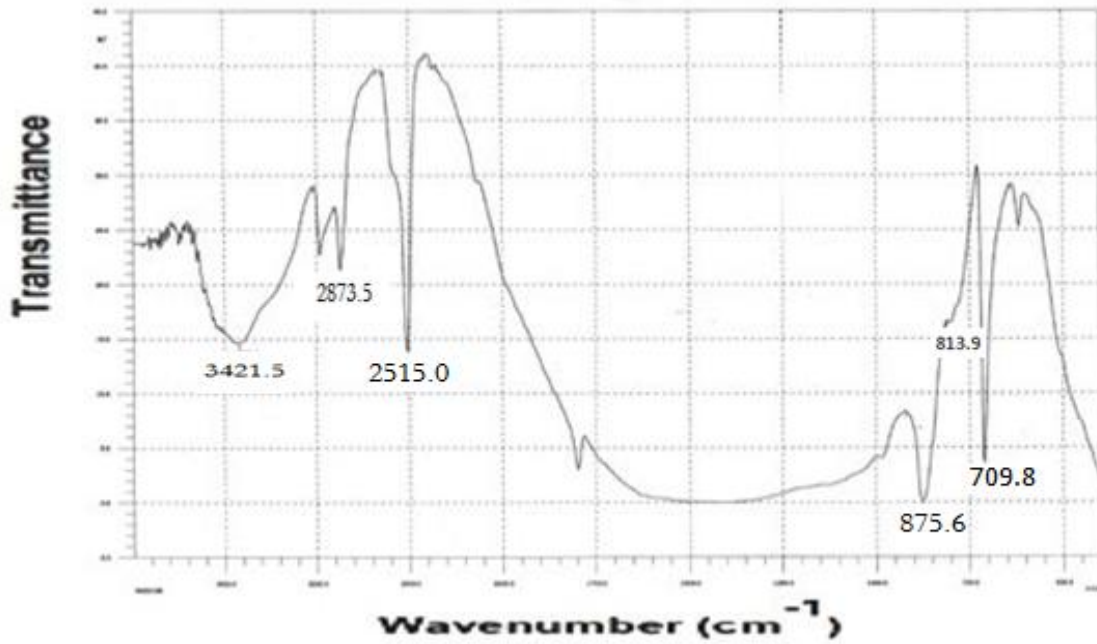
III-3. مناقشة نتائج مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء FTIR :

نستخدم طيف الامتصاص الأشعة تحت الحمراء في تعيين المركبات الجزيئية للمادة، أي يمكن أن نصنف أجزاء تركيب الجزيء وتلك الأربطة التي تربط الجزيء ببعضه، حيث تعتبر كثافة حزمة الامتصاص مبينة لتركيز تلك المادة الماصة لأشعة الساقطة، وهذه الحزم الممتصة في طيف الأشعة تحت الحمراء يقابلها ترددات اهتزازية للجزيء المحدد. تلك الترددات الملاحظة إنما تعتمد أيضا على العلاقات الداخلية الخاصة للذرات في وحدة الجزيء.

فيما يلي يتم الكشف عن طيف الأشعة تحت الحمراء تم تسجيله لعينة من الصخر بواسطة مطياف تحويل فوري للأشعة ماتحت الحمراء إذ نتحصّل على معلومات عن تردد العينة المدروسة، وبمقارنة هذه الترددات يمكن الحصول على المجموعات الوظيفية لهذه العينة، وكذلك نستعين بالمراجع المتاحة للحصول على هذه المركبات عند هذه المجموعات. [27]

III-3-1. تسجيل الطيف باستعمال تقنية FTIR للصخر:

حيث أعط التحليل بواسطة الأشعة تحت الحمراء الطيف الموضح بالشكل (III-3)




الشكل III-3: طيف الأشعة تحت الحمراء للعينة.

III-3-2. تحديد التراكيب الجزيئية للعينة الصخرية:

بغرض التحليل الكيفي (qualitative analysis) لعينة الصخر المدروسة، يكفي تحديد أطوال الموجات الممتصة الموافقة للمجموعات الكيميائية الموجودة فيها، ثم تحديد المجموعة الوظيفية الموافقة لكل امتصاص في العينة المدروسة وذلك بمقارنة أشرطة الامتصاص في طيف عينتنا مع ما هو منشور في المراجع المتاحة فنتحصّل على الجدول الموافق.

الجدول (4-III): المجاميع الوظيفية الموافقة لأشرطة الامتصاص لطيف FTIR [37]

النفاذية	المجموعة الوظيفية	المجال المطابق (cm^{-1})	خواص الحزمة	العدد الموجي (cm^{-1})
14.75	Si- O	3400-3200	حزمة عريضة متوسطة	3421.5
21.25	Si-OCH ₃	2840	حزمة متوسطة حادّة	2873.7
14	S-H	2560	حزمة متوسطة حادّة	2515.0
0.1	Si-OH	950-810	حزمة قوية حادّة	875.6
16	Si-C	813	حزمة متوسطة	813.9
4	Si- 	760-710	حزمة قوية حادّة	709.8

من خلال النتائج الموضحة في الجدول (4-III) يتبين أن شريط الامتصاص 3421.5 cm^{-1} يعود إلى المجموعة

الوظيفية Si-O والتي تشير على وجود الكوارتز، ولقد تميزت تقنية FTIR بالاستدلال على وجوده بإظهار المجموعة

الوظيفية Si-O في المنطقة $3400-3200 \text{ cm}^{-1}$ ، وهو ما دلت عليه تقنيتا الانعراج وفلورة الأشعة السينية

(XRF, XRD)، حيث تركيبه الكيميائي عبارة عن ثاني أكسيد السيلكون (SiO_2). يوجد نوعان من الكوارتز أكثرها

شيوعا كوارتز α أو كوارتز المنخفض الذي يتبلور عند درجات حرارة أقل من 573 c° (درجة حرارة منخفضة) ويمتلك شبكة

سداسية، ويمكن أن يتحول الكوارتز المنخفض عند درجات الحرارة أعلى من $573\text{ }^{\circ}\text{C}$ إلى الكوارتز المرتفع أو الكوارتز β ، [38] ويعتبر الكوارتز من أهم المعادن المكونة للصخور.

تحدث معظم أشرطة الامتصاص للكوارتز في المجالات التالية : 455-460 ، 512-520 ، 695-700 ، 775 -780 ، 795-800 ، 1080-1085 ، 1615-1620 ، $1870-1875\text{cm}^{-1}$. [39] [40] [41] [42]

جملة أخرى من أشرطة الامتصاص ظهرت في طيف FTIR للعينة الصخرية، حيث لوحظت حزمة متوسطة حادة عند التردد 2873.7cm^{-1} وهي تشير للمجموعة الوظيفية Si-OCH_3 ، في حين أن الحزمة المتوسطة الحادة التي ظهرت عند التردد 2515.0cm^{-1} تُشير إلى المجموعة الوظيفية S-H ، أما بالنسبة للحزمة القوية الحادة التي ظهرت عند التردد 875.6cm^{-1} فهي تشير إلى المجموعة الوظيفية Si-OH . ويشير الامتصاص الأقل حدة للحزمة المتوسطة عند 813.9cm^{-1} إلى المجموعة الوظيفية Si-C ، كما تُنسب حزمة الامتصاص القوية والحادة عند التردد 709.8 ^{-1} إلى المجموعة الوظيفية $\text{Si-}\langle\text{C}=\text{C}\rangle$ ، وبملاحظة هذه المجموع الوظيفية الخاصة بتقنية FTIR لمختلف الترددات فيمكن الاستدلال على عدد معين من المركبات للمجموعة الوظيفية الواحدة، وبمحاولة ربط كل مجموعة وظيفية بما يوافقها من مركب يجب الاستعانة بما هو منشور في المراجع المتاحة وكذلك بتقنية انعراج الأشعة السينية، وبما أن مركبات تقنية XRD لم توافق أي مجموعة وظيفية السابقة الذكر وكذلك لم توافق أي مركب موجود في المراجع المتاحة، إذاً لا يمكن إثبات وجود مركب محدد قطعياً في العينة.

خلاصة عامة

خلاصة عامة

في هذا العمل قمنا بدراسة تجريبية على عينة من الصخور بالطرق الطيفية ولقد أخذت العينة المدروسة من منطقة ورقلة، ولتشخيص عينتنا استعملنا عدة تقنيات طيفية تسمح بتحديد التراكيب الجزيئية والذرية وهذه التقنيات هي مطيافية انعراج الأشعة السينية (XRD) فهي تمكن من تحديد التراكيب البلورية الرئيسية للعينة المدروسة ، و فلورة الأشعة السينية (XRF) التي تسمح بإعطاء تراكيز العناصر الذرية الموجودة بها، وبالإضافة إلى امتصاص الأشعة تحت الحمراء (FTIR) التي تكشف أغلب الروابط الجزيئية المتضمنة داخل تركيب الصخر ، كل ذلك بهدف معرفة مكونات الصخر، مع العلم أن الدراسات السابقة في هذا المجال قليلة ولو طرحت كدراسة جيولوجية وليس كدراسة فيزيائية، كما تمت دراسة وتحليل النتائج التجريبية المتحصل عليها من تقنية FTIR, XRF, XRD و كانت النتائج كالآتي:

✓ تقنية XRD:

مكنت الدراسة باستخدام انعراج الأشعة السينية (XRD) من تحديد التراكيب البلورية الرئيسية للعينة المدروسة، وكذا نسبة تواجد كل مركب في العينة. حيث تبين أن العينة الصخرية بمنطقة ورقلة تتكون في أغلبها من Quartz (SiO_2) من نوع ألفا وذلك بملاحظة الانعكاس الأساسي والمتواجد في أعلى قمة عند البعد البيئي $d=3.26010\text{\AA}$ في الزاوية $2\theta = 27.33^\circ$ ، إذ بلغت نسبة تواجده 69%، كما تحتوي العينة على المركب Groutellite ($\text{H}_{0.5}\text{Mn}_1\text{O}_2$) و مُيز هذا المركب من خلال انعراجه الرئيسي عند الزاوية $2\theta = 45.53^\circ$ إذ بلغت نسبة تواجده 10%، وبالإضافة إلى (Fe_5Si_3) Xifengite و (Fe_3Si_1) Gupeiite فكانت نسبة تواجدهما قد بلغت 7% و 6% على التوالي، كما تحتوي هذه العينة على نسب أقل من Perovskite ($\text{CaFe}_3\text{O}_{12}\text{Ti}_4$) و Tugtupite ($\text{Al}_4\text{Be Br}_2\text{Na}_8\text{O}_{24}\text{Si}_7$) حيث بلغت نسبة تواجدهما 5% و 3% على الترتيب. لقد سمحت هذه التقنية أيضا بتحديد الأبعاد البلورية والنظام البلورية لكل مركب.

✓ تقنية XRF:

لقد أظهرت لنا تقنية فلورة الأشعة السينية (XRF) و بشكل أدق العناصر الكيميائية للعينه الصخرية المدروسة، فهي تعطي تراكيز العناصر الذرية الموجودة، إذ بيّنت أن العينة الصخرية تتكون أساسا من المغنسيوم (Mg) بتركيز بلغ 24.07%، و بالإضافة إلى السيلكون (Si) و الانديوم (In) و الروديوم (Rh) بتركيز 19.67، 21.83، 14.40 % على التوالي، ونسب ضعيفة من الروثينيوم (Ru) و الزركنيوم (Zr) و الكبريت (S) و الحديد (Fe) و الألمنيوم (Al) و الرينيوم (Re) بتركيز 4.63، 1.05، 2.55، 4.55، 4.21، 2.44% على الترتيب، و آثار ضئيلة من النيكل (Ni) إذ بلغ تركيزه 0.54%.

✓ تقنية FTIR:

بفضل تقنية مطيافية الامتصاص ما تحت الحمراء (FTIR)، تمكنا من إظهار أغلب الروابط الموجودة في العينة الصخرية بمنطقة ورقة، فلقد بيّن شريط الامتصاص عند 3421.5 cm^{-1} وفي المجال المطابق $3400-3200 \text{ cm}^{-1}$ على وجود الكوارتز وبجزمة عريضة متوسطة، وهو ما يتوافق تمام مع النتائج المتحصل عليها باستخدام انعراج الأشعة السينية. بحوصله هذه النتائج نكون قد توصلنا إلى الهدف المرجو من هذا البحث، وهو التوصل إلى التركيب الجزيئي للعينه الصخرية وتحديد نسب العناصر الموجودة بها، و يمكننا من خلال هذه النتائج تصنيف هذه العينة المدروسة ضمن الصخور الرسوبية. كما يمكن أن تكون هذه النتائج في المستقبل منطلقات بحث لأعمال أخرى كاستخلاص مادة الكوارتز واستخلاص بعض العناصر كعنصر الروديوم و السليكون لاستخدامه في تطبيقات تكنولوجية جديدة.

قائمة المراجع

المراجع

- [1] د-سهام محمود خصاونة، أساسيات في العلوم العامة، دار المنهاج، 2014.
- [2] أ-د-وليد مصطفى صهيوني مقدمة في فيزياء البلازما، سلطنة عمان، 2006.
- [3] آلان بي كوب، أمور كيميائية! حالات المادة، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، 2011.
- [4] د.عبد العليم سليمان محمد- د.فاطمة حافظ كمال أبوالمجد، أساسيات الكيمياء الفيزيائية، دار النشر للجامعات، 2005.
- [5] د.سعود بن حميد اللحياني، فيزياء الجوامد، جامعة أم القرى، 2005.
- [6] د-مروان بن أحمد الفهداء د- عبد الغني يوسف قرم، أساسيات في الفيزياء الحيوية والطبية، مكتبة العبيكان، 1426هـ/2005م.
- [7] نجلا إبراهيم الحريد، دراسة طيف الرنين النووي لأشعة جاما (طيف موسباور) لبعض العينات النانومترية المحتوية على حديد، ماجستير تخصص: فيزياء تجريبية (جوامد)، جامعة الملك عبد العزيز، جدة-المملكة العربية السعودية (2011).
- [8] د.انتصار هاتو، فيزياء البلازما plasma physics، صفحة 1-14.
- [9] أ.د.محمد أحمد حسن هيكل، عبد الجليل عبد الحميد هويدي، أساسيات الجيولوجيا الفيزيائية، مكتبة الدار العربية للكتاب.
- [10] عماد الدين افندي، د.سائر بصمة جي، أطلس الصخور والمعادن، دار الشرق العربي، حلب، سوريا، 2014.
- [11] د-محمد رضا علي إبراهيم، في الجيولوجيا "علم الأرض"، دار الاعتصام، الدار البيضاء، المغرب.
- [12] الأزهارى عبا، نظام المشايخ في ورقة بين العهدين العثماني و الفرنسي خلال '1603-1884م'، مذكرة من متطلبات شهادة الماجستير في التاريخ الحديث و المعاصر، جامعة الوادي، 2014.

- [13] Korotkova, E. I., New method of determining antioxidant activity. J. Phys. Chem, 74:1544–1546, (2000).
- [14] عرابوي كوثر، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في الهندسة المعمارية بموضوع تأثير النخيل على الجزيرة الحرارية العمرانية، 2015/2014.
- [15] د.صالح محمد متولي، الأشعة السينية - الفوائد والمخاطر، مكتبة الملك فهد الوطنية، المملكة العربية السعودية، 2015.
- [16] Iadonisi G., Cantele G. and Chiofalo M.L., Introduction to solid state Physics and Crystalline Nanostructures; Springer-Verlag Italia, (2014).
- [17] Cullity B.D; Elements of x ray Diffraction; Addison-Wesley Publishing company, Inc, (1956).
- [18] Chekour L; Elément de diffraction de rayons X, Univ Mentouri de Constantine, (2008), p8-11.
- [19] مجلة العلوم الأساسية-المجلد 27 العدد الثاني-جامعة دمشق 2011.
- [20] Wong-Ng W., McMurdie H.F., Hubbard C. R. and Mighell A. D; JCPDS-ICDD Research Associateship (Cooperative Program with NBS/NIST); J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol. 106: 1013–1028, (2001).
- [21] J. Dzik, A. Lisinxka-czekaj, A. Zarycka, D. Czekaj, study of phase and chemical composition of $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeO}_3$ powders derived by pressure less sintering, archives of metallurgy and materials, Vol 58, No. 4, 2013, Page 1371–1376.

- [22] Shackley M.S; X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology; Springer Science+Business Media , LLC, (2011).
- [23] محمادي نوية، تحديد تركيب الأصناف الرئيسية لرمال كثبان منطقة ورقلة وتحديد سبب تلوثها باستخدام الطرق الطيفية، أطروحة دكتوراه كلية العلوم و التكنولوجيا و علوم المادة، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، (2017).
- [24] نعيمة عبد القادر أحمد، محمد أمين سليمان، علم البلورات والأشعة السينية، دار الفكر العربي، القاهرة، 2005.
- [25] Meyers R. A; Encyclopedia of Analytical Chemistry; Copyright John Wiley & Sons Ltd, (2010).
- [26] أ.د. منذر سليم عبد اللطيف، مبادئ التحليل الآلي، 2018.
- [27] د-عبد العليم سليمان أبو المجد، التحليل الطيفي باستخدام الأشعة تحت الحمراء، الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي.
- [28] أحمد الصفار، الطرق الالية في التحليل الكيميائي، ديوان المطبوعات الجامعية، (1991)، الصفحة 100-125.
- [29] Stuart B Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications, University of Technology, Sydney, Australia, (2004).
- [30] أ عمدي محسن تالف، دراسة تأثير الآصرة $CHCl_3$ دراسة الخواص الطيفية والحرارية لجزيئة الكلورفوم (C-Cl) (C-H) على هذه الخواص الطيفية، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 25 ، العدد 3، (2007).
- [31] التحليل الطيفي الجزيئي، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الادارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة السعودية، صفحة: 47-48.
- [32] Online edition for students of organic chemistry lab courses at the University of Colorado, Boulder, Dept of Chem and Biochem, (2002).

- [33] سميحة بوضياف، تحديد التركيب الجزيئي للأصناف الحبيبية المختلفة لرمل كثبان منطقة ورقلة وحساب تركيز الكوارتز فيها باستخدام التقنيات الطيفية، أطروحة دكتوراه كلية العلوم و التكنولوجيا وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، (2016).
- [34] ميساء قبور، دراسة العلاقة الكمية بين بعض الفلزات الرسوبية المشكّلة للتربة السورية والممزوجة بنسب متساوية ودراسة تأثير إضافة مادة لا بلورية بجهاز الأشعة السينية المنعرجة، هيئة الطاقة الذرية السورية، (2012).
- [35] د-عماد محمد إبراهيم خليل، علم المعادن، كلية العلوم، جامعة الزقايق، جمهورية مصر العربية، 2014.
- [36] أ- أكرم أمين العالي، مصادر الكيمياء، عناصر الجدول الدوري.
- [37] Philip J. Launer, Barry Arkles, INFRARED ANALYSIS OF ORGANOSILICON COMPOUNDS: SPECTRA-STRUCTURE CORRELATIONS , silicon Compounds- Silicones (2013) Gelest, Inc Morrisville, PA
- [38] أ- د عبد الله الغنيم ، نبذة تعريفية عن “معادن السيليكا” وصفاتها وأماكن وجودها، الموسوعة الجيولوجيا الجزء الخامس، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، (1998).
- [39] <https://www.gemstones-ar.com/quartz-stone.html>.
- [40] Saikia B J, Parthasarathy G, Sarmah N C, Baruah G D Fourier– transform infrared spectroscopic characterization of naturally occurring glassy fulgurites, Indian Academy of Sciences 31 (2): 155–158, (2008).
- [41] Senthil R K , Rajkumar P Characterization of minerals in air dust particles in the state of Tamilnadu, India through FTIR, XRD and SEM analyses, Infrared Physics and Technology (67): 30–41, (2014).

- [42] أ- د عبد الله الغنيم، نبذة تعريفية عن معدن 'الكوارتز- المرو' وأنواعه، الموسوعة الجيولوجية الجزء الخامس، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، (1998).

ملخص

قمنا في هذا العمل بدراسة عينة صخرية من منطقة ورقلة بالإحداثيات الجغرافية ($y=31.80$, $x=5.54$)، وتمّ تحديد التركيب الكيميائي لهذه العينة الصخرية باستعمال طرق التحليل الطيفي: انعراج الأشعة السينية (XRD) و فلورة الأشعة السينية (XRF) و مطيافية امتصاص الأشعة تحت الحمراء (FTIR). من خلال مخطط انعراج الأشعة السينية و طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء تبين أن هذه العينة تتكون أساسا من الكوارتز- α بتركيز 69% كما تحتوي على مركبات أخرى بتركيز ضعيفة نسبيا. و أظهرت تقنية (XRF) تراكيز العناصر الكيميائية المكونة للعينة بشكل تركيز ذري ولقد تبين أنها تحوي 24.07% من المغنسيوم و 21.83 % من السيلكون بالإضافة إلى الانديوم 19.67 % و الروديوم بـ 14.40% بينما العناصر الأخرى ظهرت بنسب ضعيفة، وبالتالي يمكن الاستغلال والاستفادة من مختلف المواد التي تحويها في العديد من التطبيقات التكنولوجية الجديدة.

كلمات المفتاحية: المطيافية، الصخور، حيود الأشعة السينية، فلورة الأشعة السينية، مطيافية الأشعة تحت الحمراء.

Abstract

In this work, a rock sample from the region of Ouargla is investigated in a geographic position ($y=31.80, x=5.54$). Structure and chemical compositions of the sample were determined by ray diffraction X, X-ray fluorescence technique (XRF), and also infrared spectroscopy that giving the absorption spectrum (FTIR). The results found show that this rock sample is mainly composed of α -quartz with a concentration of 69% and also contains other components with relatively low concentrations. The XRF revealed the chemical elements concentrations of the sample (24.07% magnesium, 21.83% silicon, 19.77% Indium and 14.40% Rhodium) with a low concentration for other chemical elements. Therefore, the exploitation of these materials is possible in many new technological applications.

Kel words: Spectroscopy, Rocks, XRD, XRF, FTIR .

Résumé

Dans ce travail, un échantillon de roche de la région de Ouargla a été étudiée dans la position géographique ($y=31.80, x=5.54$). La structure et la composition chimiques de notre échantillon ont été déterminées par la diffraction des rayons X, la technique de fluorescence des rayons X (XRF) et la spectroscopie infrarouge donnant le spectre d'absorption (FTIR). Les résultats trouvés montrent que cet échantillon de roche est principalement composé de quartz- α d'une concentration de 69% et contient aussi d'autres composants avec des concentrations relativement faibles. La XRF a révélé les concentrations des éléments chimiques dans notre échantillon (24.07% de magnésium, 21.83% de silicium, 19.77% de l'Indium et 14.40% pour le Rhodium) avec une faible concentration pour des autres éléments chimique. Par conséquent, l'exploitation de ces matériaux est possible dans nombreuses des nouveaux applications technologiques

Mot clés : Spectroscopie, Roches, DRX, XRF, FTIR.