



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي  
كلية العلوم الدقيقة  
قسم الفيزياء



رقم الترتيب:  
رقم التسلسل:

## مذكرة تخرج لنيل شهادة ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة  
تخصص: فيزياء تطبيقية اشعاعات وطاقة

من اعداد:  
هناء قطوطة  
إبتسام حماتي

الموضوع

دراسة تأثير المعالجة الحرارية على الخواص الفيزيوكيميائية لمادة  
الكوارتز

نوقشت يوم: 2023/06/08

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

أ. مصباح ضيف الله	أستاذ تعليم عالي	رئيسا	جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي
د. حنان لرقط	أستاذ محاضر -ب-	مناقشا	جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي
د. نسيمة مفتاح	أستاذ محاضر -أ-	مؤظرا	جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

الموسم الجامعي: 2023/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# شكر وتقدير

الحمد لله الذي يسر أمرنا ووفقتنا في عملنا وحقق أمانينا، والصلاة والسلام على نبي الرحمة

وأله وصحبه أجمعين، وبعد:

فإنه من دواعي سرورنا وامتناننا في البداية أن نتوجه بالشكر الجزيل والعرفان الجميل الى أستاذتنا

ومشرفتنا الفاضلة

على سعة صدرها وصبرها معنا وعلى ما منحتنا من نصح وإرشادات

الدكتورة الأستاذة "نسيمة مفتاح" جزاها الله خيرا

كما نتقدم بالشكر والتقدير الأستاذة "حنان لرقط" لقبولها مناقشة مذكرتنا

وكذلك الأستاذ "ضيف الله مصباح" لقبوله ترأس اللجنة.

وكل من كان له بصمة أو فكرة وضعها معنا في هذه المذكرة

# اهداء

ما أجمل ان يوجد المرء بأعلى ما لديه والأجمل ان يهدي الغالي إلى الأعلى.

هي دي ثمرة جهدي اجنيها اليوم هي هدية اهديها إلى:

أغلي ما عندي ساكنة قلبي ونبع الحب والعطاء الدائم أمي حفظها الله ورعاها

إلى من تعلمت على يده الحب والاحترام والتضحية من علمني إن الحياة أولها كفاح وأخرها نجاح أبي الغالي

إلى كل من كان سندي خلال فترة هذا المشوار الدراسي اخوتي واخواتي

إلى كل من وسعتهم ذاكرتي ولم تسعهم مذكرتي

إلى كل طالب علم جاد في طلبه

سائلة الله عزوجل ان يجعلها نبراسا لكل طالب علم

هناء \* إبتسام

## فهرس المحتويات

I.....	شكر وتقدير
II.....	اهداء
III.....	فهرس المحتويات
V.....	قائمة الأشكال
VI.....	قائمة الجداول
VII.....	قائمة المختصرات
1.....	مقدمة

### الفصل الأول: عموميات حول مادة الرمل والكوارتز

5.....	1-I. الرمل
5.....	1-1-I. تعريف الرمل
5.....	2-1-I. المكونات الأساسية للرمل
5.....	3-1-I. الخصائص الفيزيائية للرمل
6.....	4-1-I. أنواع الرمال
6.....	5-1-I. استعمالات الرمل
7.....	6-1-I. توزيع الرمل في العالم
8.....	2-I. الكوارتز
8.....	1-2-I. تعريف الكوارتز
8.....	2-2-I. أنواع الكوارتز
9.....	3-2-I. خصائص الفيزيائية للكوارتز
10.....	4-2-I. البنية البلورية للكوارتز
11.....	5-2-I. استخدام الكوارتز
11.....	3-I. الكالسيت
11.....	4-I. الجبس
11.....	5-I. أهم خصائص الفيزيو كيميائية للكالسيت والجبس
12.....	6-I. أهم الخصائص الفيزيو-كيميائية الكريستوباليت
13.....	خلاصة
14.....	قائمة المراجع

### الفصل الثاني: الطرق التجريبية المستعملة

17.....	مقدمة
17.....	1-II: مطيافية الأشعة تحت الحمراء
17.....	1-1-II: - الأشعة تحت الحمراء
18.....	2-1-II: مصادر الأشعة تحت الحمراء
18.....	3-1-II: مطيافية الأشعة تحت الحمراء
18.....	4-1-II: مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء
18.....	5-1-II: أنماط الإهتزاز الجزيئية
19.....	1-5-1-II: الإهتزاز بالتمدد
19.....	2-5-1-II: اهتزاز الانحناء
20.....	6-1-II: الجهاز المستعمل للقياس بواسطة الأشعة تحت الحمراء

20	7-1-II - تحضير العينات لإجراء التحليل بواسطة IR
21	II -2- الأشعة السينية (XRD)
21	II-2-1 - توليد الأشعة السينية
22	II-2-2- مبدأ عمل الأشعة السينية
22	II-2-3- قانون براغ
23	II-2-4 - الجهاز المستعمل لقياس الأشعة السينية
24	II-2-5 - تحضير العينات لإجراء التحليل بواسطة XRD
24	II-3- برنامج تحليل معطيات التجريبي Match!2
24	II-4- التصنيف الحبيبي
24	II-3-1- مبدأ التصنيف الحبيبي
25	II-3-2- الجهاز المستعمل لتصنيف الحبيبي
25	II-3-3- تحضير العينة لتصنيف الحبيبي
26	خلاصة الفصل:

### الفصل الثالث: تحليل النتائج ومناقشتها

29	مقدمة
29	III-1. جمع العينات وتحضيرها
29	III-1-1. جمع العينات
29	III-1-2. المعالجة الحرارية لعينات الرمل
29	أ- غسل العينة
30	ب- المعالجة الحرارية للعينات
31	ج- سحق العينة
32	III-2. قياس التصنيف الحبيبي
32	III-2-1. التصنيف الحبيبي للعينة المدروسة
33	III-2-2- التحليل اللوني لعينات الرمل
34	III-3. تحليل الأشعة تحت الحمراء IR
37	III-3-1. درجة تبلور الكوارتز
39	III-4. تحليل الأشعة السينية (XRD)
42	III-5- حساب الحجم الحبيبي لمادة الكوارتز
45	الخلاصة
48	الخاتمة

## قائمة الأشكال

- الشكل I-1: الأشكال العيانية لحبيبات الرمل ..... 5
- الشكل I-2: توزيع الكثبان الرملية في العالم ..... 7
- الشكل I-4: صورة طبيعية لمعدن الكوارتز ..... 8
- الشكل I-5: أصناف معدن الكوارتز ..... 9
- الشكل I-6: البنية البلورية  $\text{SiO}_4$  ..... 10
- الشكل I-7: البنية البلورية للكوارتز ..... 10
- الشكل II-1: طيف الإشعاع الكهرومغناطيسي ..... 16
- الشكل II-2: امتصاص الأشعة تحت الحمراء ..... 17
- الشكل II-3: اهتزازات التمدد ..... 18
- الشكل II-4: رسم تخطيطي يوضح أنماط الانحناء ..... 18
- الشكل II-5: جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء المستعمل في الدراسة ..... 20
- الشكل II-6: الأدوات المستخدمة في تحضير عينات التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء ..... 21
- الشكل II-7: تمثيل مبسط لجهاز توليد الأشعة السينية ..... 21
- الشكل II-8: رسم تخطيطي يوضح مستويات الشبكة ..... 22
- الشكل II-9: شكل توضيحي يشرح مبدأ قانون براغ ..... 23
- الشكل II-10: جهاز الأشعة السينية المستعمل في الدراسة ..... 23
- الشكل II-11: واجهة برنامج الماتش Match!2 المستخدم في تحليل نتائج مخططات انعراج الأشعة السينية ..... 24
- الشكل II-12: بعض الغرابيل المستعملة والهزاز الكهربائي ..... 25
- الشكل III-1: شكل يوضح الكثيب التي أخذت منه العينة المدروسة ..... 29
- الشكل III-2: صورة توضح عملية الرج المغناطيسي ..... 30
- الشكل III-3: الفرن الكهربائي المستخدم للتسخين والأواني الخاصة به ..... 30
- الشكل III-4: حفظ العينات في علب بلاستيكية مغلقة ..... 31
- الشكل III-5: مسحوق العينة ..... 31
- الشكل III-6: النسبة المئوية الوزنية لأصناف رمل كثبان العينة المدروسة ..... 32
- الشكل III-7: صورة توضح ألوان الرمل بعد التسخين ..... 33
- الشكل III-8: طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينة الأصل ..... 34
- الشكل III-9: أطيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء لمختلف العينات ..... 35
- الشكل III-10: قمتا الامتصاص اللتان تحسب من خلالهما درجة تبلور الكوارتز ..... 38

- الشكل III-11: تغيير درجة تبلور الكوارتز في رمل العينة المدروسة بدلالة درجة الحرارة التسخين. .... 39
- الشكل III-12: مخططات انعراج الاشعة السينية على العينة الأصلية والعينات المسخنة..... 40
- الشكل III-13: العرض عند منتصف القمة الأعظمية (FWHM) ..... 43
- الشكل III-14: أقطار بلورات الكوارتز في العينات المدروسة..... 44

## قائمة الجداول

- الجدول I-1: تقسيم الرمل حسب أبعاد الحبيبات ..... 6
- الجدول I-2: أهم خصائص الكوارتز ..... 9
- الجدول I-3: الخصائص البلورية للكوارتز..... 11
- الجدول I-4: الخصائص الفيزيو كيميائية لمعدني الكالسيت والجبس ..... 12
- الجدول I-5 : الخصائص الفيزيو كيميائية لمعدن الكريستوباليت..... 10
- الجدول III-1: نتائج تصنيف عينة الرمل الطبيعية..... 32
- الجدول III -2: أهم أشرطة الامتصاص المسجلة والمجاميع الوظيفية وأنماط الاهتزاز الموافقة للعينات المدروسة في مختلف درجات الحرارة ..... 36
- الجدول III-3 : درجة تبلور الكوارتز في العينة الرمل الطبيعية والعينات المسخنة..... 38
- الجدول:III-4 زوايا الحيود والمعادن الموافقة لها مع المسافات البينية ومعاملات ميلر..... 42
- الجدول III-5: النتائج البنيوية للكوارتز المتواجد في العينة المدروسة..... 42
- الجدول III-4: الحجم الحبيبي لبلورات الكوارتز مقابل درجات الحرارة..... 43

## قائمة المختصرات

الرمز	المعنى
SiO <sub>2</sub>	ثاني أكسيد السيلكون
CaCO <sub>3</sub>	الكالسيت
IR	الأشعة تحت الحمراء
XRD	انعراج الأشعة السينية
d <sub>hkl</sub>	مسافة البينية لمجموعة المستويات (hkl)
hkl	معاملات ميلر
$\lambda$	الطول الموجي للأشعة
$\theta$	زاوية الانعراج الأشعة السينية
n	رتبة الحيود
Match	برنامج الماتش
KBr	بروميد البوتاسيوم
$\beta$	الاتساع عند منتصف القمة
a, b, c	وسائط الشبكة البلورية [A°]

# مقدمة

يعتبر معدن الكوارتز أحد المعادن الحيوية والمهمة وذلك نظير خصائصه الفيزيائية، الكيميائية والكهربائية المتميزة. فمعدن الكوارتز يعرف كيميائيا على انه ثاني أكسيد السيلكون  $\text{SiO}_2$ ، ويتميز بتحملة درجات حرارة عالية تفوق  $1600^\circ\text{C}$ ، كما ان له أيضا فجوة طاقة كبيرة جدا تفوق 8 إلكترون فولط مما يكسبه عزل كهربائي جيد [1]، وكذلك يتميز بحبيباته القاسية والحادة، حيث يعتبر معدن الكوارتز من بين الثروات الطبيعية التي يمكن ان تدفع بعجلة التنمية الصناعية والاقتصادية للدول خطوات كبيرة نحو الامام.

للـكوارتز عدة استخدامات متنوعة التي يمكن استغلالها والاستفادة منها في العديد من المجالات، فالـكوارتز مادة أولية تعتمد عليها العديد من الصناعات على مدى واسع، ابتداء من مواد البناء المختلفة من الأحجار الحرارية وأحجار الزخارف إلى المواد العازلة للرطوبة والحرارة، وكذلك تطبيقات الطاقة الشمسية والطاقات المتجددة ومعدات [2،3]، ويستخدم الكوارتز أيضا لاستخلاص السليسيوم النقي للأبحاث النانو مترية وتطبيقاتها في اشباه الموصلات، وهو مادة باهضة الثمن في السوق العالمية. ولهذا السبب يقوم العلماء بالبحث عن موارد أخرى طبيعية ورخيصة الثمن ومتوفرة لاستخلاص الكوارتز. من جهة أخرى اثبت الباحثون ان الرمال تحتوي على نسبة عالية من ثاني اكسيد السيليكون ( $\text{SiO}_2$ ) بالإضافة لنسبة متفاوتة من الشوائب والمعادن الثقيلة كأكسيد الحديد، الالمنيوم ومادة الكالسيت. لكن الصناعات النانوية والمتقدمة تتطلب استخدام معدن الكوارتز ذات نقاوة عالية وخالي تماما من الشوائب.

تسخر الصحراء الجزائرية الكبرى على كميات هائلة من الرمل، حيث ينحصر توزع هذا الرمل على الجزء الجنوبي من البلاد وينتشر على هيئة عروق أهم هذه العروق العرق الشرق الكبير والعرق الغربي الكبير. حيث اوضحت بعض الدراسات السابقة ان الرمال الجزائرية تتكون بشكل رئيسي من معدن الكوارتز بنسبة 95% بالإضافة لوجود نسب معتبرة من معادن اخرى كمعدن الكالسيت والطين والجبس وغيره. ولقد اقدمت الجزائر في السنوات اخيرة على مشاريع ضخمة في استغلال الطاقة الشمسية [3،4]، ولذا فانه من المفيد جدا استغلال رمال صحراء التي تعد مصدرا طبيعيا محليا ومجانيا لمادة الكوارتز. ولاستغلال هذه المادة المهمة يتوجب علينا اولا دراسة خصائصها الفيزيائية والكيميائية بعمق ثم اجراء عمليات التنقية سواء بطرق كيميائية او حرارية. وذلك للحصول على مادة الكوارتز ذات نقاوة عالية جدا والذي يبلغ نسبته حوالي 99.99% خاصة في تطبيقات الطاقة الشمسية.

بما ان منطقتنا تتميز بوفرة مادة الرمل ارتأينا ان نتناول في هذا العمل دراسة تأثير المعالجة الحرارية على الخصائص الفيزيائية وكيميائية لمادة الكوارتز الموجودة بوفرة في رمل منطقة الوادي.

لهذا فأنا نسعى من خلال هذه الدراسة أولا المساهمة في تشخيص رمل منطقة دوار الماء الواقعة اقصى شرق مدينة الوادي، والتي تعتبر اول دراسة على الاطلاق تجرى لرمل هذه المنطقة، ثم دراسة تأثير

المعالجة الحرارية لمادة الرمل على الخصائص البنيوية والكيميائية للكوارتز، حيث تنقسم هذه المذكرة الى 3 فصول بالإضافة للمقدمة العامة والخلاصة العامة:

- حيث جاء الفصل الأول بعنوان "عموميات حول مادة الرمل والكوارتز" لقد تم التفصيل فيه عن الرمل وكذلك الكوارتز والتعرف على بنيته وخواصه واهم تطبيقات هذه العناصر.
- في حين جاء الفصل ثاني تحت عنوان "الطرق التجريبية المستعملة" الا وهي الطرق المتمثلة في مطيافية الاشعة تحت الحمراء وحيود الاشعة السينية والتصنيف الحبيبي بالغرلة الكهربائية، كما تم تركيز على الأجهزة المستعملة في ذلك من حيث مبدأ عملها.
- اما الفصل الثالث فقد مثل الجزء العملي من موضوع الدراسة حيث اشتمل نتائج قياس الطيفي للتقنيات المستعملة ومناقشتها،
- وانتهت هذه المذكرة بخلاصة عامة متضمنة اهم النتائج المتحصل عليها خلال الدراسة.

## المراجع

- [1] مشري محمد العيد (2016)، دراسة أثر المعالجة الحرارية على تركيب رمل كثبان ورقلة وعلى ناقلية الكهربية، باستخدام الطرق الطيفية، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر.
- [2] الهادي شيوا، عزيمة حسين (2013) ترسبات سبها الطينية ليبيبا معادنها والصناعات توقعات الصناعات الاقتصادية، مطبوعات جامعة كيبانكسان – ماليزيا 18
- [3] عصام صالح جهم، م. عمر الطاهات، م. ايمان الضرابعة (2011) رمال منطقة رأس النقب الأردنية وامكانية استغلالها في الصناعات الزجاجية والمواد المرشحة، مؤتمر التعدين الأردني الدولي الطبعة السادسة.

# الفصل الأول:

عموميات حول مادة الرمل  
والكوارتز

## مقدمة:

توفر الجزائر على كميات هائلة من الرمال فهي تغطي 80% من المساحة الإجمالية التي تبلغ حوالي 2.4 كم<sup>2</sup> [1]، وتعتبر الرمال مصدر طبيعي وحيوي للعديد من استخدامات الصناعة و التكنولوجيا. كما تعتبر مصدر مهم للمادة الكوارتز، حيث تتمتع مادة الكوارتز بصلابة عالية و مقاومة كيميائية و حرارية ممتازة مما يجعلها مادة مرغوب في العديد من الاستخدامات، فهي بالإضافة إلى ذلك، تمتلك قدرة على توليد شحنة كهربائية عند تعرضها للضغط (تأثير بيزو)، مما يجعلها مفيدة في تطبيقات الاستشعار والتحكم.

## I-1- الرمل

## I-1-1- تعريف الرمل :

الرمل مادة طبيعية وهو مزيج من الحبيبات الصغيرة المفككة، وتتكون معظمها وبشكل رئيسي من الكوارتز ( $SiO_2$ )، وتختلف عن بعضها من حيث الحجم ودرجة الاستدارة فأبعادها من وجهة النظر الجيولوجية تتراوح ما بين 0.063-2 مم [2].

## I-2-1- المكونات الأساسية للرمل :

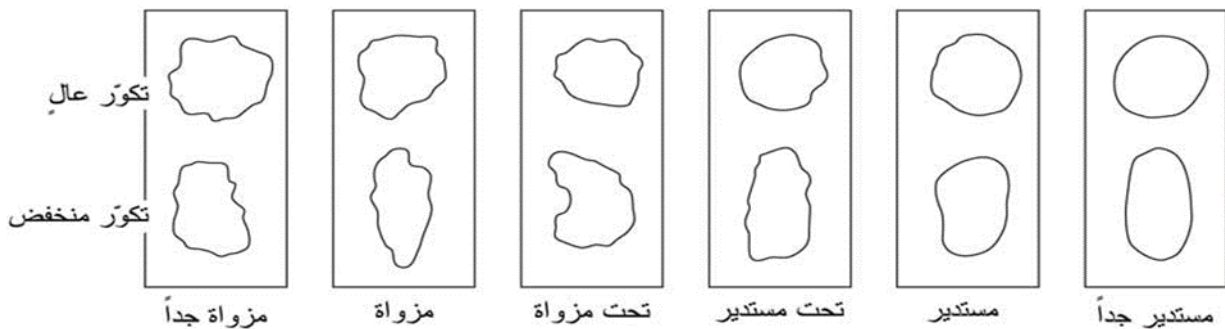
تتكون رمال الكثبان في اغلب الحالات من ثلاث معادن رئيسية هي الكوارتز ( $SiO_2$ ) و كربونات الكالسيوم ( $CaCO_3$ ) والجبس ( $2CaSO_4 \cdot 2H_2O$ )، ومن كميات قليلة من الشوائب والمعادن الثقيلة ونسبة معتبرة من أكسيد الحديد الثلاثي ( $Fe_2O_3$ )، ونسبة أكبر من أكسيد الألمنيوم ( $Al_2O_3$ ) [3,4].

## I-3-1- الخصائص الفيزيائية للرمل :

تتصف الرمال بخصائص فيزيائية نتجت عن ظروف تكونها، تختلف حبيبات الرمل عادة من حيث الشكل والحجم واللون ويعود ذلك إلى اختلاف صخور المصدر وعوامل التجوية الفيزيائية او الكيميائية والنقل الريحي او المائي وترسيب [5].

## ❖ الشكل

تأخذ حبات الكوارتز الأشكال مختلفة، تتحدد بمعرفة درجة تكور الحبات وقد تكون سطوح الحبيبات ملساء او خشنة، وبحسب مقياس التدور المعتمد عالميا تقسم الحبات إلى حبات مزواة جدا ومزواة، وحبات تحت المزواة، وحبات تحت مستديرة، ومستديرة جدا، مستديرة [5] كما هو موضح في الشكل (I-1).



الشكل I-1: الأشكال العيانية لحبيبات الرمل [5]

## ❖ الحجم

في تصنيفات الجيولوجية لا يعتبر الرمل إلا إذا كانت حبيبات ذات أقطار من 0.063 إلى 2 مم ويقسم الرمل تبعاً لأبعادها إلى أربعة مجموعات [3] كما هو موضح في الجدول (I-1)

الجدول I-1: تقسيم الرمل حسب أبعاد الحبيبات [3]

التصنيف	البعد
حصى (gravel)	2 mm < Gravel
رمل (sand)	0.063 mm < Sand < 2.0 mm
طمي (silt)	0.002 mm < Silt < 0.063 mm
طين (clay)	Clay < 0.002 mm

## ❖ اللون

تكتسب الرمال والأحجار الرملية ألوان عديدة ومختلفة تبعاً للمواد التي تحتوي عليها وهي كما يلي

- بنية أو حمراء صدئية وهذا نظراً لاحتوائها على نسبة معتبرة من معدن الحديد [6].
- الأصفر الرملي أو الذهبي الفاقع والأسمر المصفر وهذا نظراً لاحتوائها على نسبة معتبرة من خليط من الكوارتز الصافي مع الفلدسبار
- البني، الأحمر، الوردي وهذا نظراً لاحتوائها على نسبة معتبرة من الحجر الجيري ومعدن أكسيد الحديد.
- اللون الفاتح مثل الأبيض والرمادي وهذا نظراً لاحتوائها على نسبة معتبرة من معدن الكالسيوم أو الكوارتز [7].

## I-1-4- أنواع الرمال :

1. الرمال القارية (terrigenous sands): هي أكثر الأنواع وفرة ومشتق بصورة أساسية من خارج حوض الترسيب ومن تعرية الرواسب السابقة الموجودة، كالصخور البركانية المتبلورة والصخور الرسوبية [8].
2. الرمال الكربونية (carbonate sands): وهي الرواسب المترسبة فعلياً في المياه البحرية وتتكون بصورة أساسية من الحبيبات الهيكلية.
3. الرمال الفتاتية النارية (pyrocastic sands): هي الرمال المشتقة مباشرة من الانفجارات البركانية وقد تترسب في اليابسة أو المياه وهي أقل أنواع الرمال شيوعاً.

## I-1-5- استعمالات الرمل :

يعد الرمل من أهم الموارد الطبيعية التي يمكن الاستفادة منها في عديد من مجالات نذكر منها:

- 1- تعمل الرمال على ملء الفراغات بين الحصى والاسمنت لتعزيز القوة والاستقرار للمباني والجسور والطرق.

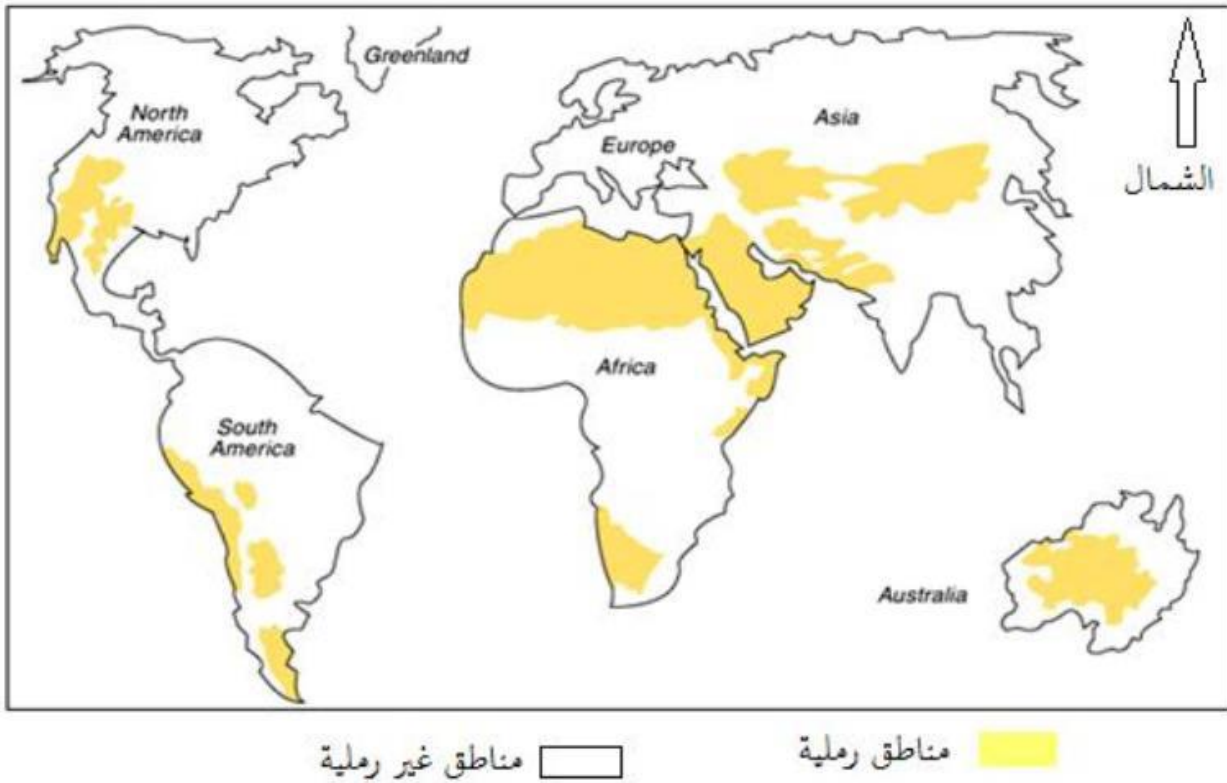
- 2- صناعة الزجاج: يعتبر الرمل المكون الأساسي للزجاج. فهو يستخدم في صنع الزجاج المسطح، والزجاج الملون، والزجاج العازل للحرارة والصوت. بالإضافة الى ذلك، يستخدم الرمل في إنتاج الزجاج المستخدم في الأجهزة الإلكترونية والشاشات التي نستخدمها يوميا.
- 3- الترشيح والتنقية: يستخدم الرمل كوسيلة ترشيح وتنقية في عمليات معالجة المياه. يتم استخدامه في محطات تحلية المياه ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي لإزالة الشوائب والرواسب والجسيمات الصلبة من المياه.
- 4- الصناعة الإلكترونية: تعتبر الرمال مكونا أساسيا في صناعة الشرائح الإلكترونية والألواح الشمسية.
- 5- يستخدم لاستخلاص السيلكون الذي يدخل خاصة في صناعات الاللكترونية الحديثة.

### 6-1-I- توزيع الرمل في العالم

تغطي التجمعات الرملية المترامية بفعل الرياح مساحات شاسعة من العالم، فهي تشغل حوالي 6% من المساحة الإجمالية للأرض، تقع اغلب المساحات الرملية (97%) في المناطق الجافة من العالم [9]، في حين تمثل هذه الكثبان ما يقارب 20% من المناطق الجافة.

يتباين توزيع المساحات الرملية من قارة إلى أخرى، حيث تتراوح نسبتها اقل من 2% في أمريكا الشمالية إلى أكثر من 30% في استراليا، وأكثر من 45% في آسيا الوسطى.

غالبا ما يطلق على المناطق الشاسعة من الكثبان المنتشرة في الصحاري الواسعة اسم بحار الرمال او العروق وتعرف المساحات الصغيرة باسم حقول الكثبان او البقع الرملية. يوضح الشكل (2-I) توزيع الكثبان الرملية في العالم.



الشكل 2-I: توزيع الكثبان الرملية في العالم [9]

تتمركز معظم التجمعات الرملية في النصف الشمالي للكرة الأرضية، في المناطق الموجودة شمال أفريقيا وفي شبه الجزيرة العربية وإيران وباكستان، وفي الأحواض الصحراوية في آسيا الوسطى، كما تظهر بعض حقول الكثبان في الجنوب الغربي والجنوب الأوسط للولايات المتحدة الأمريكية. أما في النصف الجنوبي للكرة الأرضية فتغطي التجمعات الرملية جزء من استراليا وجنوب غرب أفريقيا إضافة إلى بعض التجمعات الرملية الصغيرة الموجودة بالقرب من خط الاستواء في البيرو والأرجنتين.

## I-2- الكوارتز:

### I-2-1- تعريف الكوارتز :

هو من المعادن الأكثر انتشارا في الأرض ويعرف بتنائي أكسيد السيلكون  $\text{SiO}_2$  واحد أهم مكونات الصخور ذات الانتشار الواسع، ويعد من أكثر المعادن صلابة ويتميز كذلك ببريق زجاجي [10] ويتواجد الكوارتز في الطبيعة على هيئة قشور وألياف رقيقة وصغيرة جدا وله أشكال سداسية ومعينية [11] كما هو موضح في الشكل (I-3).



الشكل I-3: صورة طبيعية لمعدن الكوارتز [12]

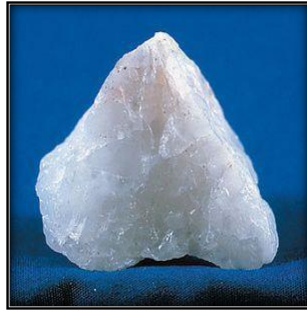
### I-2-2- أنواع الكوارتز :

لمعدن الكوارتز مجموعة واسعة من الأنواع والألوان فمنها [12].

1. الكوارتز الحليبي ويمتلك اللون الأبيض.
2. الكوارتز الدخاني وله اللون اسود.
3. الكوارتز الأرجواني وعادة ما يسمى الجمشت.
4. الكوارتز الزهري ويسمى أيضا الكوارتز الوردي.
5. الكوارتز الأصفر أو البرتقالي ويسمى بالسترين.



الكوارتز الدخاني



الكوارتز الحليبي



الكوارتز الأرجواني



الكوارتز الأصفر



الكوارتز الزهري

الشكل I-4: أصناف معدن الكوارتز [13]

### I-2-3- خصائص الفيزيائية للكوارتز :

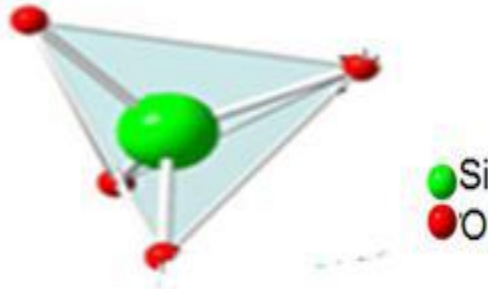
يعد الكوارتز أحد الأشكال المتبلورة للسيليكا، ويوجد في الطبيعة بأكثر من صورة معدنية تبعاً لظروف التبلور من ضغط ودرجة حرارة، فالكوارتز يتبلور وفق النظام ثلاثي الميل عند درجة حرارة الأقل من 573 م°، وهو في هذه الحالة طور مستقر، يدعى الطور  $\alpha$ ، ووزنه النوعي 2.65 غ/سم<sup>3</sup>. كما يتبلور وفق النظام سداسي الميل في المجال 573-870 م°، ويدعى بالطور  $\beta$ ، ووزنه النوعي 2.53 غ/سم<sup>3</sup> [14، 15]. كما يمكننا تلخيص أهم خصائص الكوارتز في الجدول التالي (I-2).

الجدول I-2: أهم خصائص الكوارتز [12]

الخاصية	القيمة	الوحدة
الكتلة الحجمية	2.65	g/cm <sup>3</sup>
قرينة الانكسار	1.543	-
درجة حرارة الانصهار	1710	°C
معامل المرونة	54	GPa
مقاومة الضغط	1200	MPa

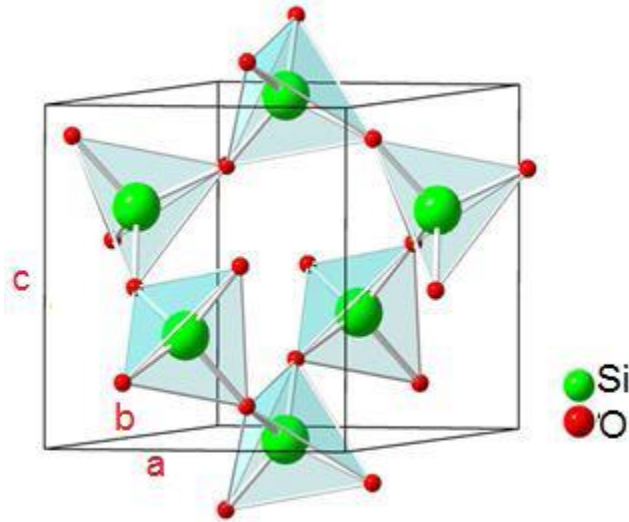
**4-2-I- البنية البلورية للكوارتز :**

يتشكل الكوارتز من رباعيات أوجه من  $\text{SiO}_2$ ، تتصل فيما بينها بواسطة تقاسم الجزء الزاوي مع رباعي أوجه آخر، كما هو موضح في الشكل (6-I).



**الشكل 5-I: البنية البلورية  $\text{SiO}_4$**

في المركب المتشكل ذو ثلاثية أبعاد، تمتلك كل ذرة سيليكون (silicon) أربع ذرات أكسجين (oxygen) وكل ذرة أكسجين مرتبطة بذرتي سيلكون. تتكون الوحدة البنوية للخلية المتبلورة من ثلاث مجموعات  $\text{SiO}_2$ ، كل منها في خلية بنوية واحدة مع ثلاث من السيليكون للخلية المجاورة، فيتشكل سداسي أضلاع غير منتظم، كما هو موضح في الشكل (7-I) [16].



**الشكل 6-I: البنية البلورية للكوارتز [16]**

الأبعاد الأولية لخلية البنية البلورية للكوارتز ثلاثية الميل هي [15]:

$$a = b = 4.9294 \text{ \AA}; \quad c = 5.4093 \text{ \AA}; \quad V = 113.832 \text{ \AA}^3$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ; \quad \gamma = 120^\circ$$

ليس لروابط الكوارتز الطول نفسه، فكل ذرة سيليسيوم محاطة بأربع ذرات أكسجين، إثنان منها تقع على مسافة  $1.63\text{\AA}$  والآخران تقعان على بعد  $1.163\text{\AA}$ .

### الجدول 3-I: الخصائص البلورية للكوارتز [14، 15]

SiO <sub>2</sub>	الصيغة الكيميائية (formula)
Trigonal	نظام التبلور (crystal system)
32	المجموعة النقطية (point group)
P3121 or P3221	المجموعة الفضائية (space group)
a=b=4.9294 c=5.4047	وحدات الخلية (unit cell parameters)
$113.00\text{\AA}^3$	حجم الخلية (unit cell volume)
3	Z (No. of formula units per Cell)

### 5-2-I- استخدام الكوارتز :

يستخدم الكوارتز في صناعة الزجاج والكريستال والبصريات، كما تدخل الأنواع عالية النقاء من الكوارتز في صناعات الالكترونية مثل صناعة السيلكون التي تدخل في صناعة الكمبيوتر ومعظم الأجهزة الالكترونية ويصنع منه الأفران وأوعية المعامل الكيميائية وأيضاً تصنع منه مقاييس وعدادات الضغط وأجهزة الرنين وأجهزة التذبذب وساعات اليد [15، 16].

### 3-I- معدن الكالسيت و الجبس:

#### 1-3-I- معدن الكالسيت:

يعد الكالسيت من أكثر المعادن الموجودة في صخور القشرة الأرضية بعد الكوارتز، ويتكون من كربونات الكالسيوم وله صيغة كيميائية (CaCO<sub>3</sub>) ويعد المادة الرئيسية في تركيب الصخور الجيرية [17]، لهو قوام حبيبي يتراوح ما بين 0.001 مم إلى حبيبات مرئية وهو غالباً ما يكون ابيض اللون، يتميز على الكوارتز كونه سهل التشقق وقليل الصلابة.

#### 2-3-I- مادة الجبس:

عبارة عن معدن تركيبية كيميائي من كبريتات الكالسيوم CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O ويتواجد بكثرة في طبيعة وبعده أشكال منها متبلورة أو كتل غير متبلورة [17، 18]، حيث يتكون الجبس نتيجة ترسب كبريتات كالسيوم ماء البحر ويكون في العادة مصاحباً لترسبات أخرى مثل halite (الملح الصخري NaCl) والـ anhydrite (CaSO<sub>4</sub>) بالإضافة إلى الحجر الكلسي، كما يتواجد أحياناً في باطن الأرض على أعماق تصل إلى 350 متراً. ينتج الجبس أيضاً في المناطق البركانية من خلال تفاعل حمض الكبريتيك مع المعادن التي تحتوي على الكالسيوم، كما يوجد في أغلب أنواع الطين كنتيجة تفاعل حمض الكبريتيك مع الحجر الكلسي.

### 5-I- أهم خصائص الفيزيو كيميائية للكالسيت والجبس:

تتميز هذه المعادن بعدة خصائص فيزيو-كيميائية كما يلخصها الجدول الموالي:

الجدول 4-I: الخصائص الفيزيو كيميائية لمعدني الكالسيت والجبس [19، 20]

الخواص الفيزيو كيميائية			
	الجبس	الكالسيت	
الصيغة الكيميائية	CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub>	
الكتلة المولية (g/mol)	172.173	100.089	
الحجم المولي (cm <sup>3</sup> )	74.440	36.9257	
قابلية الذوبان	في حمض HCl مع التسخين	في الأحماض المخففة	
صلابة (هوس)	2-1.5	3	
الكثافة (g/cm <sup>3</sup> )	2.313	2.7106	
نظام التبلور	monoclinic	Trigonal	
المجموعة الفضائية	I2/a	R3c	
قرينة الانكسار	1.519-1.530	1.486-1.660	
أبعاد الخلية البلورية	a (Å)	5.670	4.9896
	b (Å)	15.201	-
	c (Å)	6.533	17.0610
	β (°)	118.60	-

### 6.I- أهم الخصائص الفيزيو-كيميائية لمعدن الكريستوباليت:

يتميز هذا المعدن بعدة خصائص فيزيو-كيميائية كما يلخصها الجدول التالي [21]  
الجدول 5-I: الخصائص الفيزيو كيميائية لمعدن الكريستوباليت

نوع	الكريستوباليت (SiO <sub>2</sub> )
نظام التبلور	Tetragonal
مجموعة الفضائية	P4 <sub>1</sub> 2 <sub>1</sub> 2
حجم الخلية	171.183(Å <sup>3</sup> )
a	4.970933 (Å)
b	4.970933 (Å)
c	6.92783 (Å)

**خلاصة:**

تم في هذا الفصل التطرق إلى تعريف رمال الكثبان والتي تعتبر أحد مظاهر الطبيعية المهمة ومن ثم التعرف على المكون الأساسي للرمل ألا وهو الكوارتز كما تم تحديد خصائصه الفيزيائية وتعرف على بنيته البلورية واستخداماته المختلفة وأبرز تطبيقاته في مختلف المجالات لما له من قدرة عالية على امتصاص الرطوبة والحرارة وصلابته العالية. وهذا ما يجعل مسألة الحصول عليه ودراسة خصائصه والعوامل المؤثر عليه مسألة جد مهمة من متطلبات العلمية والعملية.

## قائمة المراجع

- [1] Benna Y, Bedjou S, Gueltahe B, Braray A (2006) Valorisation des sables de dune : Applications aux sables des régions de Ouargla et de Boussaada. National Center of Studies and Integrated Researchs (CNERIB)
- [2] Bigelow C A, Bowman D C, Cassel D K (2004) Physical properties of sand amended with inorganic materials or sphagnum peat moss. USGA Turfgrass Environ Res Online 3(6):1
- [3] Beddiaf S, Chihi S, Leghrieb Y (2015) The determination of some crystallographic parameters of quartz in the sand dunes of Ouargla, Algeria. J Afr Earth Sci 106:129–13
- [4] Guettala S, Mezghiche B, Mellas M (2010) Adding finely crushed dune sand to cement on the evolution of hydration of pasta rland cement. Asian Journal of Civil Engineering (building and housing) 11(2): 241-251
- [5] احمد عبد الوهاب الشرقي (2015)، علوم البحار وعلوم طبقات الارض، أمواج لنشر وتوزيع عمان-الأردن
- [6] Petre M, Gligor J, Traje S and Blao B (2004) The dependence of quartz and opal color on trace element composition – aas, ftir and micro-raman spectroscopy study. Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia 23 (2):171-18
- [7] نوية محمادي، إسماعيل شيحي (2014) تحديد التركيب الجزيئي للأصناف اللونية الموجودة في رمل كثبان منطقة ورقلة باستخدام مطيافية الإمتصاص ما تحت الأحمر (FTIR)، حوليات العلوم والتكنولوجيا جامعة ورقلة 6(2):178-185
- [8] مظفر أحمد الموصلي (2020)، علم التربة الجناي، دار الكتب العلمية، بيروت-لبنان
- [9] Pye K. and Tsoar H. (2009); Aeolian Sand and Sand Dunes; Springer- Verlag Berlin Heidelberg
- [10] لمى عبد الاله صكبان العابدي (2009)، دراسة الخصائص البصرية والضوئية لمعدن الكوارتز والكشف عن تواجدها ضمن مفصولات الرمال في بعض التربة الرسوبية، مجلة الفرات للعلوم الزراعية 1(3): 115-104
- [11] Al-abadi L (2009) Study of the optical characters of quartz minerals and the disclosure of its presence in some soils sediments. Euphr. J. Agric. Sci 1 (3):73–80
- [12] محمد إبراهيم ابداح (2016)، أنواع الأحجار الكريمة خصائصها وفوائدها، دار الجنان للنشر وتوزيع، عمان-الأردن
- [14] غويل بوجمعة (2010)، تحضير ودراسة مساند الأغشية انطلاقاً من مواد خزفية، مذكرة ماجستير في البنية المجهرية وميكانيك المواد، جامعة باتنة.

- [15] Froideval A (2004) Chemistry of uranium (VI) in solution, minerals (quartz and aluminum hydrox), Experiment and Spectroscopic Characterization. University Louis Pasteur Strasbourg I pp 63–64
- [16] Raniert V (2009) Amélioration des performances du quartz par substitution de germanium au silicium dans le réseau cristallin, Thèse docteur, Univ Nantpellier II p12-13
- [17] علاء داوود مختار وحسين مجاهد مسعود (2011)، اسسيات الجغرافيا الطبيعية، دار زهوان للنشر والتوزيع- عمان -الأردن.
- [18] محمد سعيد عبد الله (2015)، تعلم الخزف فن وعلم دليل الهواة والدارسين والفنانين، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر
- [19] Joseph R. Smyth and David L. Bish , Crystal Structures and Cation Sites of the Rock - Forming Minerals , Boston ALLEN & UNWIN, 1988.
- [20] Deer, W.A., R. A. Howie, and J. Zussman (1963) Rock-Forming Minerals Vol 4. Longmans, London, 435pp
- [21] J. J. Pluth, J. V. Smith, J. Faber, Crystal structure of low cristobalite at 10 ,293 and 473 K: Variation of framework geometry with temperature Sample: T = 473 K Locality: synthetic, Journal of Applied Physics 57,1985 Pages 1045-1049.

الفصل الثاني:  
الطرق التجريبية  
المستعملة

مقدمة

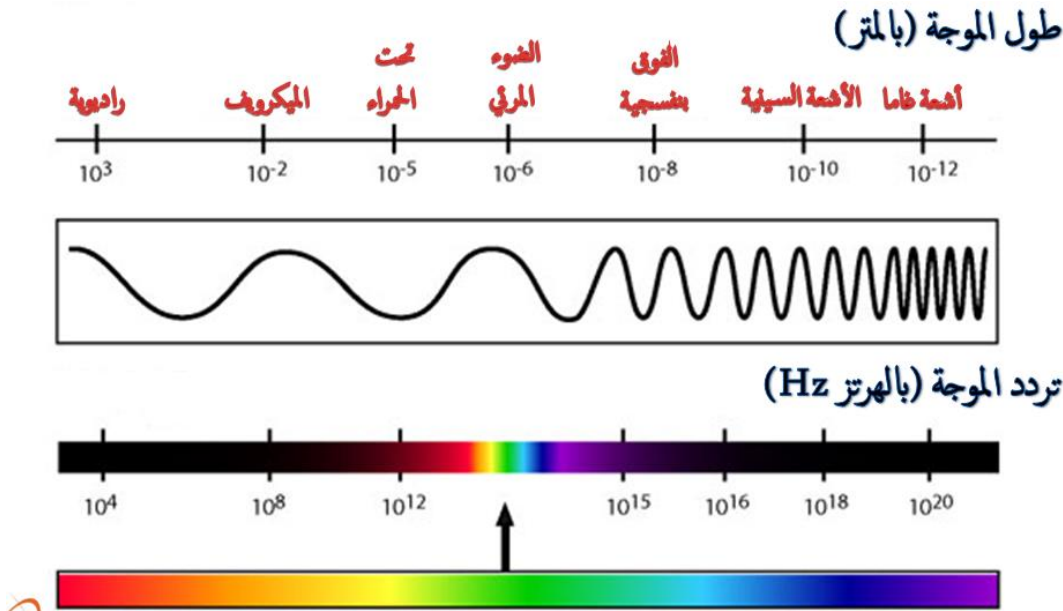
لقد ساهمت طرق التحليل الطيفي في دفع عجلة العلوم خطوات إلى الأمام، حيث منحتنا -منذ اكتشافها - فرصة جمع معلومات هامة ودقيقة حول بنية المواد وتركيبها، مما جعلها تستخدم بكثرة في تحليل المواد ودراستها. تعتمد الطرق الطيفية في تحليل المواد بعد إثارتها بواسطة منبع إثارة، قد تكون حزما من جسيمات مشحونة أو أشعة كهرومغناطيسية كالأشعة السينية والأشعة تحت الحمراء وأشعة غاما وأشعة البنفسجية ومرئية [1]. وقد استخدمنا في دراستنا بعض التقنيات، نشرحها فيما يلي:

II-1-1- مطيافية الأشعة تحت الحمراء:

II-1-1-1- الأشعة تحت الحمراء :

الأشعة تحت الحمراء هي نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي ذات تردد يقع بين الأشعة المرئية وتردد الموجات القصيرة (أشعة المايكروويف) ، في الطيف الكهرومغناطيسي، وتعتبر الأشعة تحت الحمراء غير مرئية للعين البشرية. حيث تغطي الأشعة تحت الحمراء منطقة واسعة من طيف الكهرومغناطيسي ككل وتقسّم الى ثلاثة مناطق على النحو التالي [2]:

- 1- الأشعة تحت الحمراء القريبة (Near Infrared): وهي الأقرب الى الأشعة المرئية وبالتحديد اللون الأحمر يتراوح ترددها بين 0.75 ميكرومتر و1.4 ميكرومتر.
- 2- الأشعة تحت الحمراء البعيدة (far Infrared): وهي التي تكون أقرب الى أشعة المايكروويف ويتراوح ترددها بين 1.4 ميكرومتر و3 ميكرومتر.
- 3- الأشعة تحت الحمراء الوسطى (Med in Infrared): وهي التي تقع بين المنطقتين السابقتين ويتراوح ترددها بين 3 ميكرومتر و1 ملليمتر.



الشكل II-1: طيف الإشعاع الكهرومغناطيسي

### II-1-2- مصادر الأشعة تحت الحمراء :

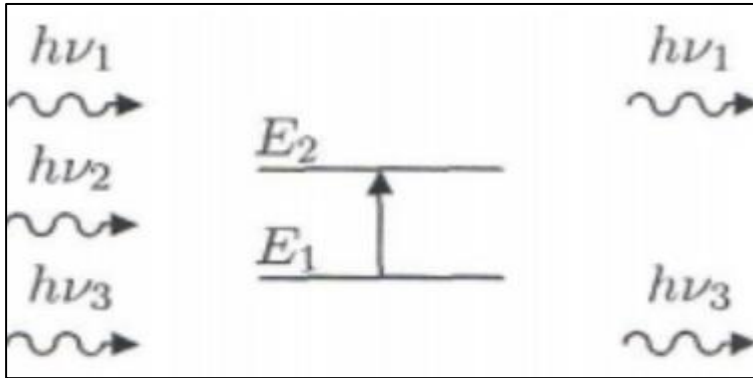
الأشعة تحت الحمراء هي أشعة حرارية تنبعث من كافة الأشياء التي حولنا مثل الفرن أو المصباح الحراري أو من الاحتكاك أو من التسخين وتنبعث كذلك من أجسامنا وهي التي تصلنا من الشمس ويشعر الجلد بالدفء عند التعرض إلى أشعة الشمس [2].

### II-1-3 - مطيافية الأشعة تحت الحمراء :

تفيد مطيافية الأشعة تحت الحمراء في التعرف على المجاميع الوظيفية الفعالة في المركبات الكيميائية، وبالتالي يمكن بواسطتها التعرف على المركبات المختلفة، ذلك أن كل مركب له بصمة خاصة به تميزه عن باقي المركبات [3].

### II-1-4- مبدأ مطيافية الأشعة تحت الحمراء :

ترتبط الذرات مع بعضها البعض بواسطة روابط كيميائية، وكل رابطة كيميائية لديها عزم ثنائي قطب كهربائي. وعند سقوط الأشعة تحت الحمراء على المادة، وإذا توافق تردد الأشعة مع تردد الاهتزاز للرابطة فإنه ينشأ تفاعل بين المجال الكهربائي للإشعاع والمجال الكهربائي المتولد عن عزم ثنائي القطب الكهربائي للرابطة الكيميائية، مما يؤدي إلى امتصاص الإشعاع واهتزاز الرابطة مما يمنحها طاقة تمكنها من انتقال مستوى اهتزازي منخفض إلى مستوى اهتزازي أعلى. ثم تعود بعدها إلى المستوى الأكثر استقرارا خلفا انبعاث إشعاع [4].



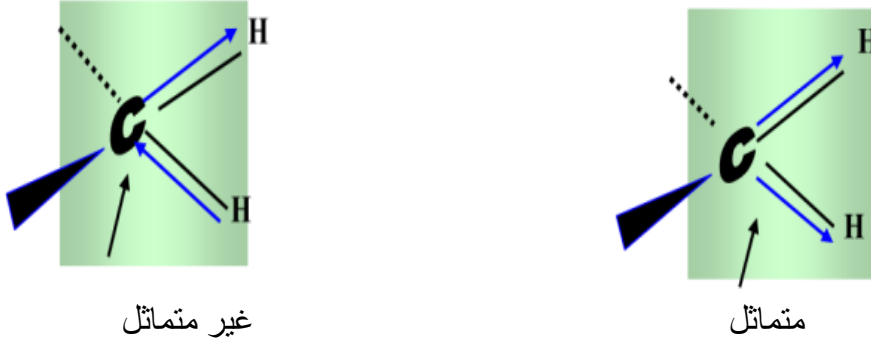
الشكل II-2: امتصاص الأشعة تحت الحمراء

### II-1-5- أنماط الإهتزاز الجزيئية :

يؤدي امتصاص الأشعة تحت الحمراء إلى حركة اهتزازية للذرات المكونة للجزيء، ينشأ عنها تغير دوري في أطوال الكيميائية بالنسبة لبعضها البعض في الجزيء، أو تغير في الزوايا بين الروابط الكيميائية، كما قد تنتج كل حركة اهتزازية من حركة ذرتين، أو قد تشمل مجموعة من الذرات. تتوقف طاقة الأشعة تحت الحمراء الممتصة على كتلة الذرة وقوة الروابط المكونة للجزيء والشكل الهندسي للذرات داخل الجزيء. يمكن تقسيم الاهتزازات إلى نوعين هما [5]:

## II-1-5-1- الإهتزاز بالتمدد :

ينشأ اهتزاز التمدد عن تغير المسافة بين الذرات في اتجاه محور الرابطة دون تغيير المحاور أو الزوايا بين الروابط الشكل يوضح أنماط اهتزاز التمدد، وهي نوعان [5,6,7]:  
**تمدد بسيط:** يشمل تمدد رابطة واحدة فقط.  
**تمدد مزدوج:** يشمل تردد رابطتين أو أكثر في آن واحد، وهنا يحدث نوعان من التمدد الإهتزازي مزدوج. الإهتزاز مزدوج المتماثل: وفيه يحدث تمدد للرابطين معا أو تقلصهما معا.  
 تمدد مزدوج غير متماثل: وفيه تمدد إحدى الروابط، بينما تنكمش الأخرى بالتزامن مع الأولى.

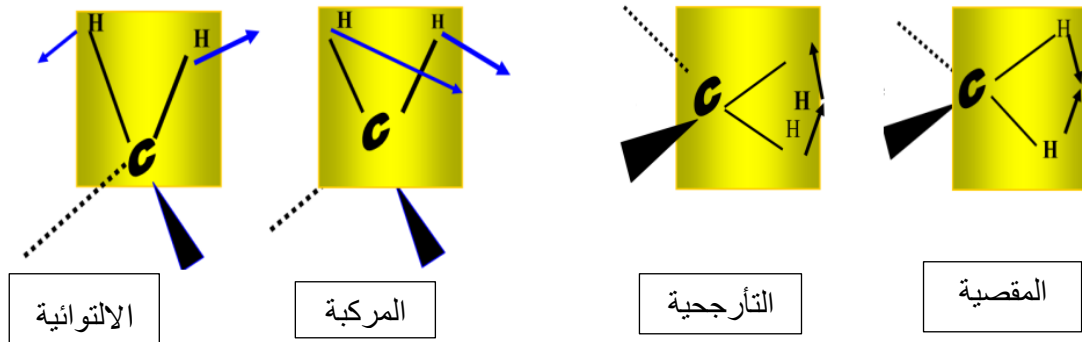


الشكل II-3: اهتزازات التمدد [5]

## II-2-5-1- اهتزاز الانحناء :

ينشأ اهتزاز الانحناء عن تغير الزاوية بين الرابطتين، مما يؤدي إلى تغير اتجاه محور الرابطة، وقد تكون حركة الذرات في مستوي الرابطتين أو خارجه. يوضح الشكل (II-2) أنماط اهتزازات الانحناء، ويمكن تقسيمها إلى أربعة أنواع:

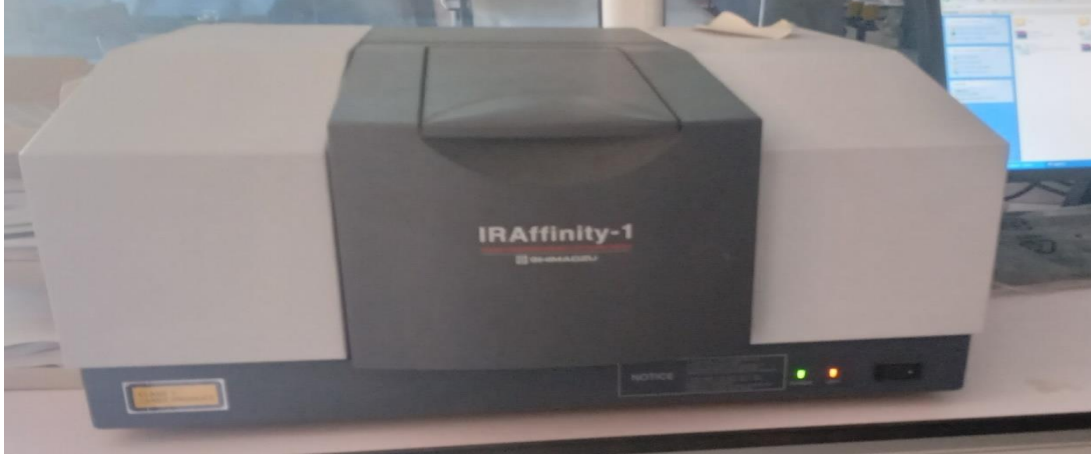
- 1- **إنحناء التآرجح (rocking):** تتأرجح الوحدة التركيبية يمينا وشمالا في مستوي اتزانها.
- 2- **إنحناء مقصي (scissoring):** تتقارب الرابطتان وتتباعدان بالنسبة لبعضهما البعض بحركة تشبه حركة المقص في مستوي الاتزان نفسه.
- 3- **إنحناء ارتجاجي (wagging):** تتأرجح الوحدة التركيبية إلى الخلف وإلى الأمام خارج مستوي اتزانها.
- 4- **إنحناء التوائي (twisting):** تلف الذرات حول الرابطة بينها وبين باقي الجزيء خارج مستوي اتزانها.



الشكل II-4: رسم تخطيطي يوضح أنماط الانحناء [5]

### II-1-6 - الجهاز المستعمل للقياس بواسطة الأشعة تحت الحمراء:

فِي إطار دراستنا استخدمنا مطياف الأشعة تحت الحمراء (IR) والمصنع من طرف الشركة اليابانية SHIMADZY، والذي يعمل في المجال الطيفي للأشعة الحمراء المتوسطة ذات المجال 400-4000 سم<sup>-1</sup> كما هو موضح بالشكل (II-5).



الشكل II -5: جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء المستعمل في الدراسة

### II-1-7 - تحضير العينات لإجراء التحليل بواسطة IR :

لتحضير العينات من أجل دراستها بمطياف الأشعة تحت الحمراء قمنا بخلط 0.002 غ من مسحوق الرمل مع 0.198 غ من بروميد اليوتاسيوم (KBr) مزجناهما مزجا جيدا داخل هاون بشكل دائري وذلك بهدف الحصول على توزيع متجانس لكلا العنصرين، نقلنا الخليط إلى أداة المكبس ثم بعد ذلك تم ضغط المزيج بواسطة المكبس تحت ضغط شديد لمدة تقارب خمس دقائق، حتى الحصول على قرص ذو قطر 1 سم وسمك 1 مم يبين الشكل (II-6)، الأدوات المستعملة في تحضير العينات بمطياف الأشعة تحت الحمراء.



حامل العينة



جهاز الضغط



العينة المتحصل عليها



جهاز الطحن



الميزان

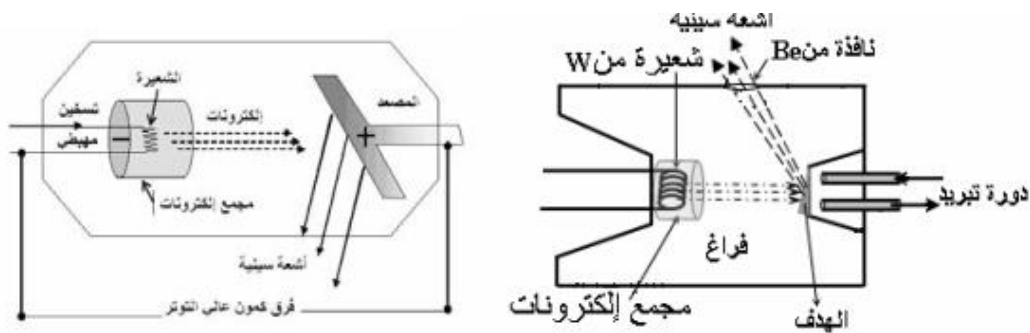
الشكل II-6: الأدوات المستخدمة في تحضير عينات التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء

## II-2- الأشعة السينية (XRD):

تعد هذه الأشعة من الأشعة الكهرومغناطيسية التي اكتشفت في عام 1895 م من طرف العالم ويلهلم رونتغن فورتسبورغ في ألمانيا، ونال عنها جائزة نوبل في الفيزياء عام 1901، حيث تنتشر الأشعة السينية في الفراغ بسرعة مقاربة لثلاثمائة ألف كيلومتر في الثانية، وطول الموجة الأكثر استخداما للأشعة السينية يتراوح ما بين 10 إلى 0.001 نانومتر وتستخدم بشكل واسع في تصوير الإشعاعي وفي مجال الطب وصناعة وغيره [8،9،10].

### II-2-1- توليد الأشعة السينية :

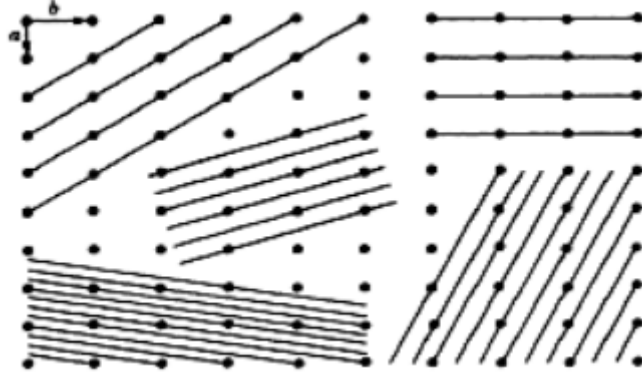
إن الشكل يمثل رسما تخطيطيا لجهاز إنتاج الأشعة السينية، فهو مركب أساسا من شعيرة مصنوعة من التنغستن W، عند توصيل هذه الأخيرة بتيار كهربائي فإنها تسخن ثم تشع إلكترونات عن طريق الإشعاع الكهرو حراري. تسرع هذه الإلكترونات تحت تأثير فرق كمون عالي التوتر باتجاه المصعد مركزة بواسطة مجمع للإلكترونات، حيث يكون كل من المهبط والمصعد داخل غرفة مفرغة من الهواء بها نافذة مصنوعة من البريليوم Be تسمح بخروج الأشعة السينية، وتستهمل فيه دورة تبريد لخفض درجة الحرارة المرتفعة بفعل التأثير الكهرو حراري [11].



الشكل II-7: تمثيل مبسط لجهاز توليد الأشعة السينية [11]

## II-2-2-2- مبدأ عمل الأشعة السينية :

إن المادة عبارة عن جسيم متعددة البلورات، تتكون البلورات من ذرات أو جزيئات أو شوارد مرتبة بشكل منتظم. وموزعة على مستويات متوازية تدعى البلورية [12]، تمر هذه المستويات بالذرات عبر شبكة بلورية ثلاثية الأبعاد، لذلك يوجد العديد من هذه المستويات في الشبكة الواحدة كما هو موضح في الشكل (II-8).



الشكل II-8: رسم تخطيطي يوضح مستويات الشبكة

عند ورود الأشعة السينية 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 بتغيير البنية البلورية وطول موجة الأشعة السينية الواردة على البلورة.

## II-2-2-3- قانون براغ :

تعتمد طريقة انعراج الأشعة السينية التي تسمح بتحديد بنية مادة ما وطرق تبلورها، على مبدأ أساسي يدعى قانون براغ [13].

حيث ينص قانون براغ على أنه عند سقوط حزمة من الأشعة السينية على سطح البلوري، فإن زاوية السقوط للأشعة على سطح البلوري تساوي زاوية التشتت وانتشار الأشعة من السطح البلوري، وعندما يكون هناك فرق في طول المسار بين الأشعة المنعكسة عن طبقات الذرات المكونة للمادة يساوي تقريبا طول الموجي للأشعة المنعكسة فإنه يحدث تداخل بناء للموجات مع بعضها البعض، ويسمى هذا التداخل بحيود براغ. ويمكن التعبير على الظاهرة بالعلاقة التالية (II-1):

$$2d_h k \sin \theta = n \lambda \quad (II-1)$$

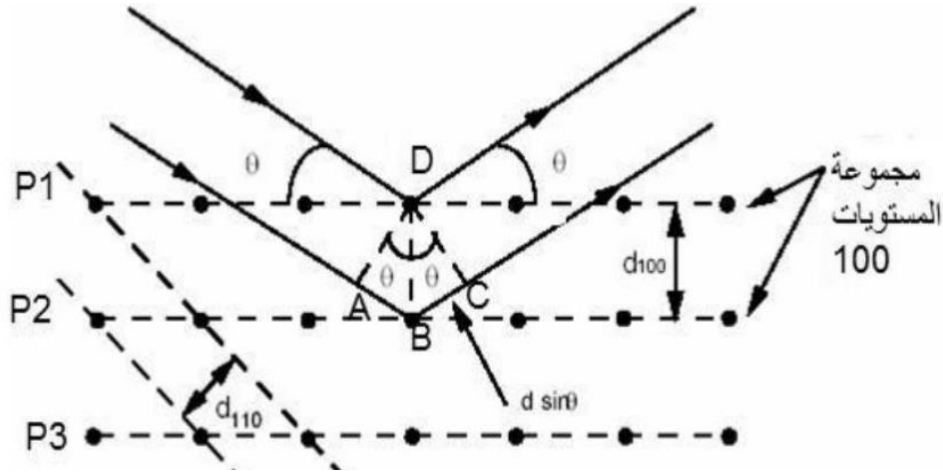
حيث:

**d**: المسافة البينية.

**n**: رتبة الحيود.

**λ**: طول الموجي للأشعة الساقطة.

**θ**: تمثل زاوية سقوط الأشعة السينية.



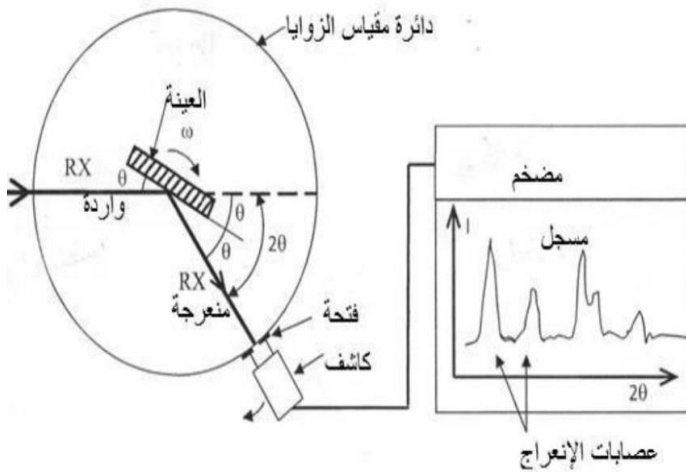
الشكل II-9: شكل توضيحي يشرح مبدأ قانون براغ

حيث تعد المتباينة  $\lambda \leq 2d$  شرطاً أساسياً لحدوث انعكاسات براغ.

### II-2-4- الجهاز المستعمل لقياس الأشعة السينية :

في هذه الدراسة تم استخدام الجهاز من النوع PROTO MANUFACTURING المتواجد على مستوى كلية العلوم الدقيقة بجامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي كما هو موضح في الشكل (II-8) وتحت الظروف التالية:

- (1) تصدر الأشعة السينية الواردة من أنبوب مهبطه من النحاس ويعمل تحت جهد قدره 30KV و 20mA.
- (2) طول موجة الإشعاع المستعمل هو  $\lambda_{CuK\alpha} = 1.5406 \text{ \AA}$ .
- (3) مجال تغير الزاوية  $(2\theta)$  هو  $[10^\circ - 62^\circ]$  بخطوة  $0.1^\circ$  لكل ثانية.



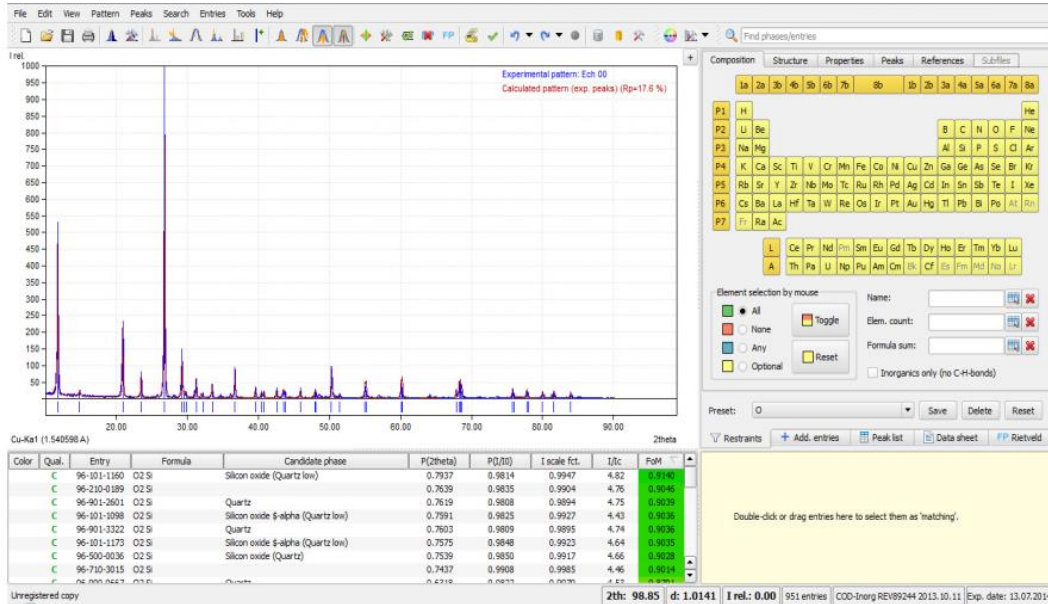
الشكل II-10: جهاز الاشعة السينية المستعمل في الدراسة

## II-2-5- تحضير العينات لإجراء التحليل بواسطة XRD :

إجراء التحليل الطيفي بواسطة انعراج الأشعة السينية (XRD) وتحديد التركيب البلوري لعينات الرمل المدروسة سحقت العينات جيدا بواسطة هاون يدوي مصنوع من الزجاج وذلك لضمان نتائج جيدة. وضع المسحوق على الحامل العينة ثم ضغط يدويا بواسطة صفيحة للحصول على قرص ذو سطح مستوي وتعتبر هذه العملية مهمة لتسجيل مخطط حيود الأشعة السينية دون حدوث انزياح في مخطط الانعراج.

## II-3- برنامج تحليل معطيات التجريبي Match!2

يعتبر برنامج الماتش Match!2 [14] لمعالجة نتائج تقنية XRD واحدا من البرامج الحاسوبية التي تعالج بيانات إنعراج الأشعة السينية، وذلك باستخدام قواعد بيانات تحوي معلومات عديدة عن مختلف التراكيب البلورية. بإمكانية برنامج الماتش المطابقة بين المعطيات المقدمة له عن مخططات الانعراج الأشعة السينية العينة المدروسة وتلك التي لديها من قواعد البيانات، معطيا التركيب البلوري الأكثر تطابقا، وكذا تركيزه. تزداد فعالية هذا البرنامج كلما زود بقائمة العناصر الكيميائية التي نعرف وجودها مسبقا في العينة المدروسة.



الشكل II-11: واجهة برنامج الماتش Match!2 المستخدم في تحليل نتائج مخططات انعراج الأشعة السينية

## II-4- التصنيف الحبيبي :

يعد التصنيف الحبيبي باستعمال الغربلة الكهربائية من أهم الطرق المستخدمة في تصنيف الرمل، حيث يتم فصل حبيباته عن بعضها البعض حسب أصنافها بواسطة هزاز كهربائي مصحوب بسلسلة غرابيل قياسية معتمدة [3].

## II-3-1- مبدأ التصنيف الحبيبي :

يعتمد التصنيف الحبيبي على الغربلة الكهربائية الجافة بتمرير عينة من الرمل عبر مجموعة غرابيل قياسية الشكل، والتي تختلف عن بعضها بمقاسات فتحاتها، حيث توضع الغرابيل فوق بعضها مرتبة تنازليا من

الأكبر إلى الأصغر. توضع العينة في أعلى غربال، ثم تجري الغرلة بواسطة هزاز ميكانيكي، أو بواسطة اليد لمدة لا تقل عن العشر دقائق، تكون كافية لفرز الحبيبات ذات الأصناف المختلفة عن بعضها البعض [3].

### II-3-2- الجهاز المستعمل لتصنيف الحبيبي :

لتصنيف الحبيبي يستخدم هزاز كهربائي والموضح في الشكل (II -11)، والمكون من مجموعة من الغرابيل القياسية وكذلك جهاز الهزاز الميكانيكي المستخدم.



الشكل II-12: بعض الغرابيل المستعملة والهاز الكهربائي

### II-3-3- تحضير العينة لتصنيف الحبيبي:

قمنا بوزن عينة من الرمل مقدارها 640.416 غ أخذنا مجموعة من الغرابيل القياسية ذات القياسات التالية: 0.036، 0.08، 0.200، 0.224، 0.315، 1.25، 2، بالـمم. رتبنا الغرابيل فوق بعضها حيث جعلنا ذا الفتحات الأصغر في الأسفل، ثم الأكبر فالأكبر. وضعنا العينة على الغربال الأعلى (الأكبر قياس) وتم تغطيتها بغطاء. بدأنا الغرلة باستعمال الهزاز الكهربائي.

**خلاصة الفصل:**

تم التطرق في هذا الفصل إلى مجموعة من طرق وتقنيات المستعملة في هذه الدراسة، والمتمثلة في: التصنيف الحبيبي بالغرلة الكهربائية، مطيافية الأشعة تحت الحمراء (IR)، الأشعة السينية (XRD)، مركزين في ذلك على مبدأ عملها والبعض من خواصها.

## قائمة المراجع

- [1] محدادى نوية (2017)، تحديد تركيب الأصناف اللونية الرئيسية لرمل كثبان منطقة ورقلة، وتحديد سبب تلونها باستخدام طرق الطيفية، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر.
- [2] ريزان منلا محمد (2019)، كتاب الطيف المغناطيسي، قسم الإلكترونيات والكهرباء.
- [3] بضياف سميحة (2015)، "تحديد التركيب الجزيئي للأصناف الحبيبية المختلفة لرمل كثبان منطقة ورقلة وحساب تركيز الكوارتز فيها باستخدام التقنيات الطيفية"، مذكرة دكتورا جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر.
- [4] Derricle M R Stulik Dand landry J.M (1999) Infrared. Spectroscopy in conservation science the J Paul Getty trust the Getty conservation Institut.
- [5] كتاب طرق التحليل الطيفي تقنية مختبرات كيميائية، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني المملكة العربية السعودية.
- [6] Polfer N. C. and Dugourd P. (2013) ; Laser Photodissociation and Spectroscopy of Mass-separated Biomolecular Ions, Lecture Notes in Chemistry 83; Springer International Publishing Switzerland
- [7] Stuart B. (2004) ; Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications; John Wiley & sons
- [8] د. اسكندر منيف (2016)، "بنية المادة الكثيفة: البلورات"، الهيئة الوطنية للأولمبياد العلمي السوري، دمشق.
- [9] ه. الخطيب، "مبادئ الإشعاع والوقاية الإشعاعية"، دار اليازوري العلمية، عمان – الأردن.
- [10] صالح محمد متولي (2012-هـ-1023م)، كتاب الأشعة السينية الفوائد والمخاطر، الرياض.
- [11] مبروك غوقالي، سلسلة دروس ومحاضرات في مادة فيزياء الصلبة، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي، الجزائر.
- [12] Iadonisi G., Cantele G. and Chiofalo M. L. (2014); Introduction to Solid State Physics and Crystalline Nanostructures; Springer-Verlag Itali.
- [13] Ooi- Li-ling. Principles of X-ray Crystallography. Oxford University Press-2010.
- [14] J. Dzik, A. Lisinxka-czekaj, A. Zarycka, D. Czekaj, study of phase and chemical composition of Bi<sub>1-x</sub>NdxFeO<sub>3</sub> powders derived by pressure less sintering archives of metallurgy and materials, Vol 58, No. 4, 2013, Page 1371-1376.

# الفصل الثالث:

## تحليل النتائج ومناقشتها

## مقدمة

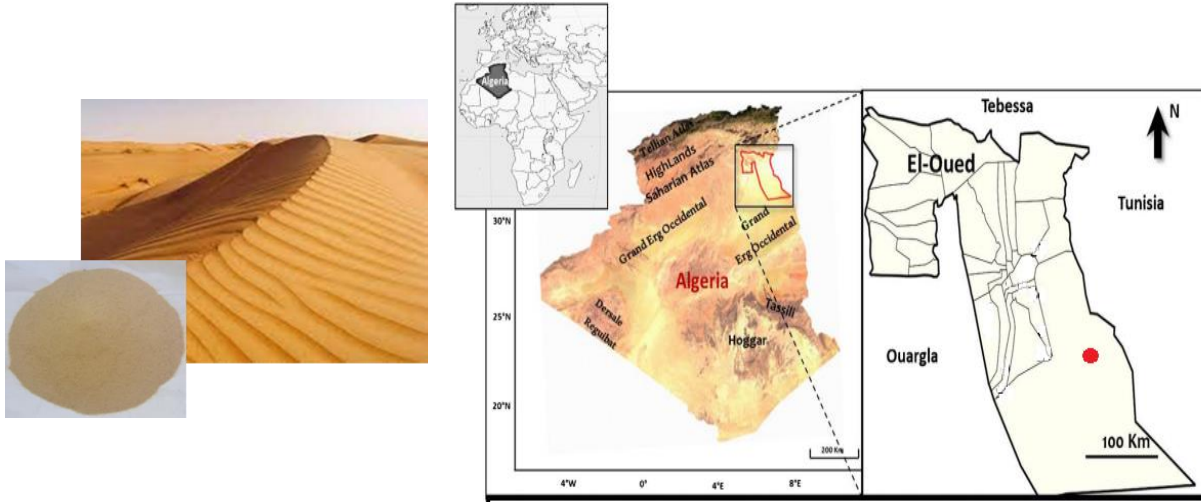
في هذا الفصل سنعرض النتائج الطيفية المنجزة على عينة الرمل في حالتها الطبيعية، بإضافة إلى نتائج التصنيف الحبيبي، ثم دراسة تأثير درجة الحرارة على خصائص مادة الكوارتز، و ثم مناقشة هذه النتائج كل منها على حدى وفق التسلسل التالي:

- مناقشة نتائج التصنيف الحبيبي
- مناقشة نتائج مطيافية الأشعة تحت الحمراء IR
- مناقشة نتائج تقنية إنعراج الأشعة السينية DRX

### III-1- جمع العينات وتحضيرها

#### III-1-1- جمع العينات

لقد تم تجميع العينات من رمل كثبان منطقة دوار الماء الواقعة جنوب شرق مدينة الوادي، التي تنتمي إلى العرق الشرق الكبير الذي يتميز بكثرة الكثبان الرملية، في هذه المرحلة قمنا بجمع حوالي ثمانون عينة من الأوجه الثلاثة للكثيب، من الأسفل إلى الأعلى على أعماق مختلفة مزجت كميات متساوية من كل العينات معا للحصول على عينة واحدة متجانسة ويمكن اعتبارها ممثلة للكثيب ككل. كما يوضحه الشكل (III-1).



الشكل III-1: شكل يوضح الكثيب التي أخذت منه العينة المدروسة.

#### III-1-2- المعالجة الحرارية لعينات الرمل:

مرت عملية تحضير العينات بثلاث مراحل متتالية هما:

##### أ- غسل العينة:

قمنا بغسل كمية معتبرة من الرمل باستعمال الماء المقطر بغرض نزع الشوائب التي ممكن ان تكون في العينات الرمل وذلك باستعمال جهاز الرج المغناطيسي كما هو موضح في الشكل (III - 2). وبعد الغسل قمنا بتخفيف جيدا لمدة يوما كاملا تحت اشعة الشمس:



الشكل III-2: صورة توضح عملية الرج المغناطيسي

### ب- المعالجة الحرارية للعينات:

بعد أن جفت العينة تماما اخذ منها ست عينات متماثلة، تزن كل منها 20g، حيث اخذت العينة الأولى الطبيعية كعينة مرجعية والتي لم تعرض للحرارة ولا للغسل، اما العينات الخمسة الباقية قد وضعت في أواني خاصة بالفرن وعولجت حراريا حيث تم تسخين العينات في درجات حرارة مختلفة 200، 400، 800، 1000، 1200م° لمدة 7ساعات متواصلة في فرن كهربائي الشكل (III-3) يوضح ذلك ومن ثم تركت لتبرد طبيعيا.



الشكل III-3: الفرن الكهربائي المستخدم للتسخين والأواني الخاصة به

لتفادي التأثيرات الجانبية الناجمة عن حفظ كل العينات في علب بلاستيكية مغلقة، الشكل (4-III)



الشكل 4-III: حفظ العينات في علب بلاستيكية مغلقة

ج- سحق العينة:

قمنا بسحق كل عينة على مدى مدة ربع ساعة بواسطة هاون حتى تحصلنا على مزيج ناعم جدا. الشكل

(5-III)



الشكل 5-III: مسحوق العينة

### III-2- قياس التصنيف الحبيبي:

#### III-2-1- التصنيف الحبيبي للينة المدروسة :

قمنا بتمرير عينة من الرمل كتلتها 640.416 غ على مجموعة من الغربايل القياسية للهاز الكهربي، ثم بعد الإهتزاز تم وزن كمية الرمل المتبقية في كل غربال، لإيجاد نسبة الرمل المتبقي في كل غربال قمنا بالعملية الحسابية الموضحة بالمعادلة (III-1).

$$(III-1) \quad 100 \times \left( \frac{m}{m_0} \right) = (\%) \text{ نسبة المتبقي}$$

حيث:

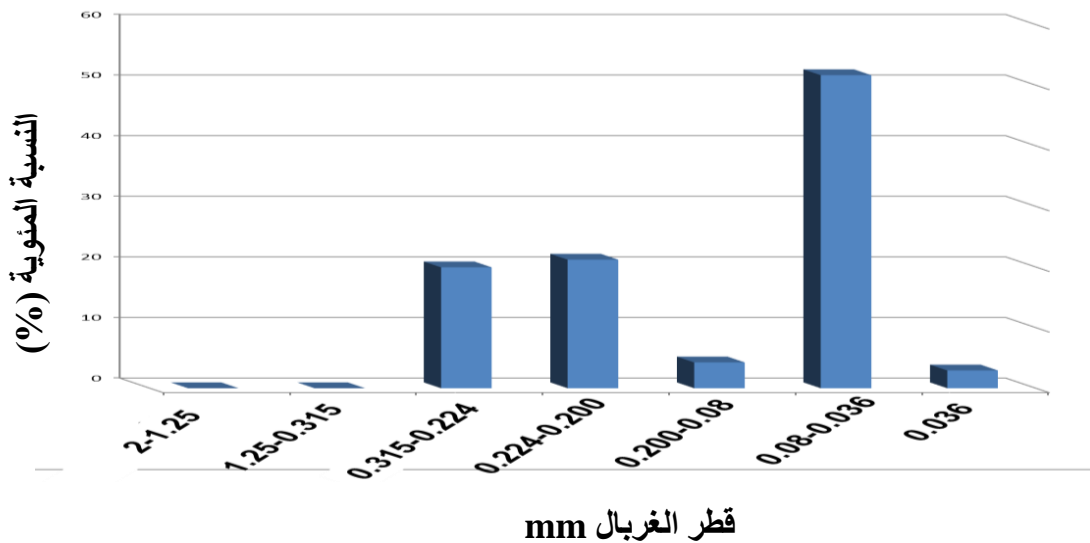
m المتبقي : كتلة الرمل المتبقي على الغربال

m<sub>0</sub> الأصلي : كتلة العينة الكلية

الجدول III-1: نتائج تصنيف عينة الرمل الطبيعية

مقياس الغربال (mm)	صنف الرمل	كمية المتبقية (g)	النسبة المتبقية (%)	المئوية
2	رمل خشن جدا	0	0	
1.25	رمل خشن	0	0	
0.315	رمل متوسط	127.744	19.947	
0.224	رمل ناعم	135.855	21.213	
0.200	رمل ناعم	27.257	4.2561	
0.08	رمل ناعم جدا	330.788	51.6520	
0.036	طمي	18.772	2.931	

والتمثيل البياني لهذه النسب المئوية المتحصل عليها متضمن في الشكل (III-6)



الشكل III-6: النسبة المئوية الوزنية لأصناف رمل كتيبان العينة المدروسة

أظهرت نتائج التصنيف الحبيبي لرمل العينة المدروسة الشكل (III-6)، إن أكبر نسبة للرمل وجدت عند كل من حجم (0.08-0.036) الممثل لصف الناعم جدا بنسبة 51.65%، ثم يليها الحجم (0.224-0.200) والحجم (0.200-0.08) الممثلان للصف الناعم التي نسبته على التوالي 21.21% و 4.25% ثم يليهما الحجم (0.315-0.224) الممثل للصف المتوسط بنسبة 19.94%، أما الحجم (0.036) الممثل للظمي كانت نسبته ضئيلة جدا حوالي 2.93%. ومن هنا نستنتج ان رمل دوار الماء يصنف على انه رمل ناعما جدا.

### III-2-2- التحليل اللوني لعينات الرمل :

الشكل (III-7) يوضح صورة للعينة الطبيعية بدون تسخين وكذلك عينات الرمل المسخنة عند درجات الحرارة المختلفة (200، 400، 800، 1000، 1200م°). نلاحظ انه هناك تدرج في لون العينة من اللون الحليبي نحو اللون محمر فاتح ثم اللون الأبيض الناصح ثم أبيض شفاف للعينة المسخنة حراريا عند 1200م°. وهذا دليل على أن عينة الرمل المسخنة عند 1200م° قد تخلص تماما من كل الشوائب كأكسيد الحديد وأكسيد الألمنيوم وغيره. حيث أثبتت الدراسة السابقة على أن اللون الأحمر الفاتح دلالة على وجود أكسيد الحديد [1] بنسبة معتبرة وان اللون الأبيض دلالة على وجود ثاني أكسيد السليكون  $SiO_2$ .



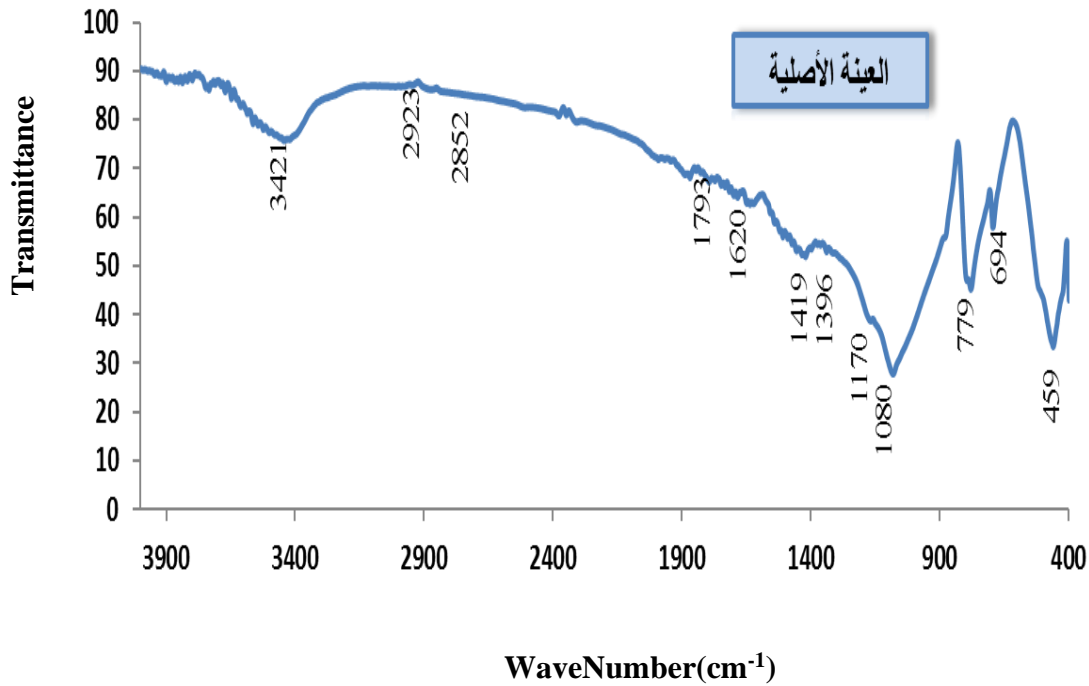
الشكل III-7: صورة توضح ألوان الرمل بعد التسخين

في العينة الأصلية ودرجة حرارة 200م°: بروز اللون الحليبي دليل على تواجد الكالسيوم في عيناتنا. في درجتي حرارة 400 م° و 800 م°: تفكك الكالسيوم أدى إلى بروز اللون الأحمر وهو يشير على أثر تواجد أكسيد الحديد لأنه صعب التفكك في درجات الحرارة المنخفضة

في درجتي حرارة 1000م° و 1200م°: ظهور اللون الأبيض الحليبي دليل على أن الكوارتز أصبح نقي.

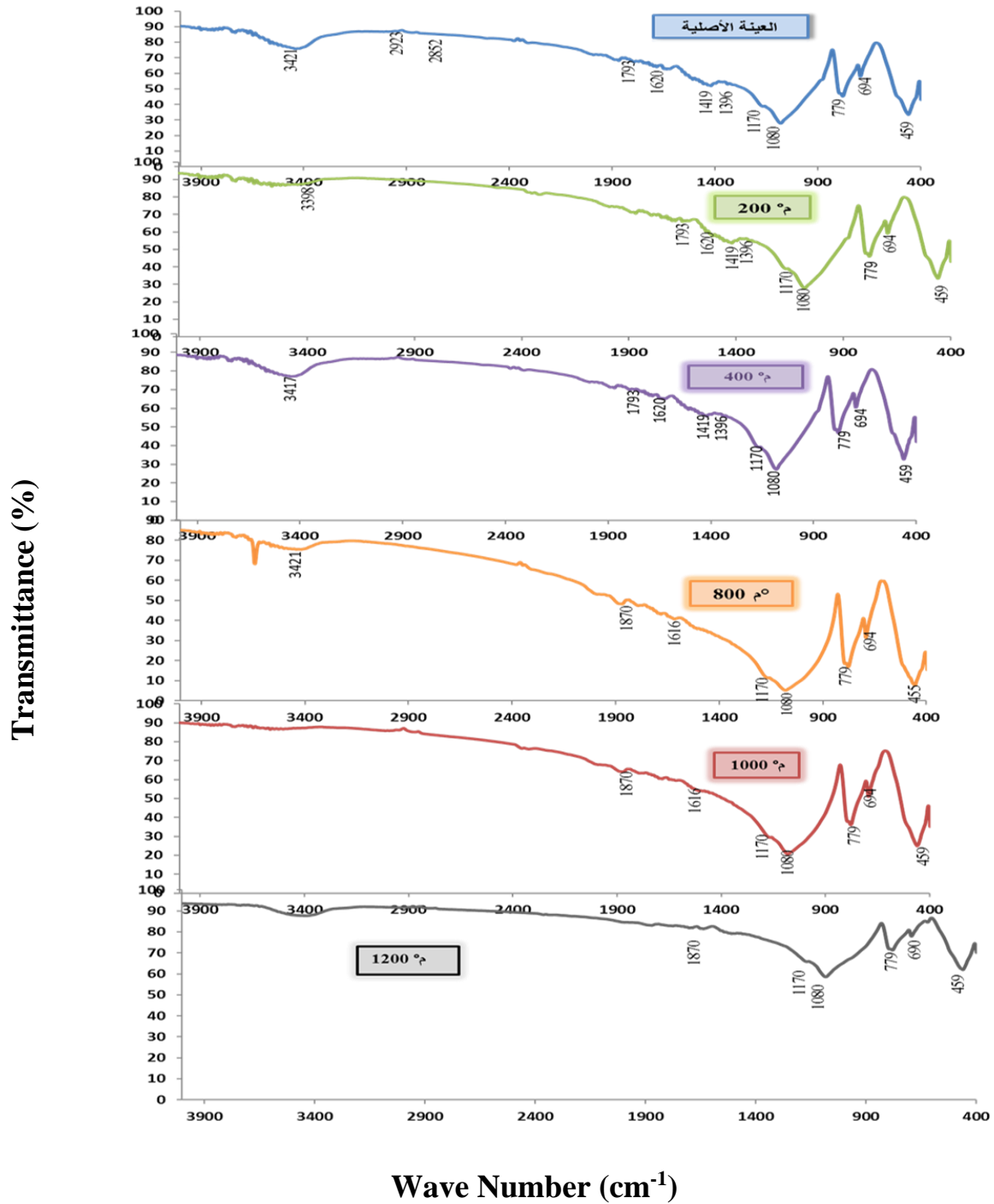
### III-3- تحليل الأشعة تحت الحمراء IR:

يعطي طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء معلومات عن نوعية وكمية الروابط الكيميائية [2] المتواجدة بالمادة، وبالتالي بمعرفة العناصر الكيميائية المكونة لهذه المادة، اي يمكن التنبؤ ببنيتها الجزيئية، خاصة إذا استعين بمراجع درست مواد مشابهة. فيما يلي عرض نتائج الأشعة تحت الحمراء المتحصل عليها من عينات الرمل الطبيعية والمعالجة الحرارية في مختلف درجات الحرارة. يظهر الشكل (III-8) طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينة الأصلية، إن مقارنة أشرطة الامتصاص في طيف عيناتنا مع ما هو منشور في المراجع المختلفة [9، 7، 6، 4، 3، 1] يشير إلى أن أغلب الروابط الموجودة في هذه العينة تعود إلى مادة الكوارتز  $SiO_2$  ومادة كالسيت  $CaCO_3$ ، كما توجد روابط أخرى تشير إلى وجود الماء وبعض الشوائب العضوية في عينة الرمل.



الشكل III-8: طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للعينة الأصلية

من جهة أخرى النتائج المتحصل عليها على عينات الرمل المعالج حراريا عند مختلف درجات الحرارة، موضح في الأطياف الظاهرة في الشكل في الشكل (III-9).



الشكل III-9: أطياف امتصاص الأشعة تحت الحمراء لمختلف العينات

بعد تحديد تردد جميع أشربة الامتصاص في جميع الأطياف، تم القيام بتحديد جميع المجاميع الوظيفية وأنماط الاهتزاز الموافقة لكل شريط امتصاص. يلخص الجدول التالي أهم أشربة الامتصاص المسجلة والمجاميع الوظيفية وأنماط الاهتزاز الموافقة للعينات المدروسة في جميع درجات الحرارة.

الجدول III-2: أهم أشرطة الامتصاص المسجلة والمجاميع الوظيفية وأنماط الاهتزاز الموافقة للعينات المدروسة في مختلف درجات الحرارة

القيمة cm <sup>-1</sup> (1)	الرابطة الجزيئية	المركب	العينة الأصلية	العينات المسخنة				
				200 °م	400 °م	800 °م	1000 °م	1200 °م
459	Si-o-si اهتزاز انحناء غير متناظر	كوارتز	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
694	Si-o of sio <sub>4</sub> اهتزاز انحناء متناظر	كوارتز	X	XX	X	XX	XX	
779	Si-o اهتزاز تمدد متناظر	كوارتز	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX
1080	Si-o-si اهتزاز تمدد متناظر	كوارتز	XXX	XX	XXX	XXX	XX	XX
1170	Si-o-si اهتزاز تمدد غير متناظر	كوارتز	XX	XXX	XXX	XXX	XXX	XX
1396	Co <sub>3</sub> <sup>-2</sup> اهتزاز تمدد متناظر	الكالسيت	X	X	X			
1419	Co <sub>3</sub> <sup>-2</sup> اهتزاز تمدد غير متناظر	الكالسيت	X	X	X			
1620		كوارتز	X	X	X	X	X	
1793	الجمع بين تمدد المتناظر والانحناء في مستوي الاتزان ل Co <sub>3</sub> -2	كالسيت	X	X	X			
1870		كوارتز				X	X	X
2853	C-H	شوائب عضوية	X		X			
2923	C-H	شوائب عضوية	X					
3255	O-H اهتزاز تمدد لرابطة	ماء ممتص				X		
3398	O-H اهتزاز تمدد لرابطة	ماء ممتص		X				
3417	O-H اهتزاز تمدد لرابطة	ماء ممتص			X			
3421	O-H اهتزاز تمدد لرابطة	ماء ممتص	XX			X		

تعود أشرطة الامتصاص التي تظهر عند حوالي 459، 694، 779، 1170، 1616، 1870 سم<sup>-1</sup> لموجودة في جميع العينات إلى مادة الكوارتز [1،3]، حيث يرجع شريط 459 سم<sup>-1</sup> إلى الانحناء غير متناظر لرابطة Si-o-si فقد كانت شديدة في كل العينات [1]، أما شريط 694 سم<sup>-1</sup> فيدل على انحناء متناظر لرابطة Si-o حيث كانت متوسطة الشدة في درجات الحرارة 200، 800، 1000°م، بينما ضعيفة بالنسبة للعينات الأصلية ومضمحلة في درجة الحرارة 1200°م [1]، ومن ناحية أخرى يدل شريط 779 سم<sup>-1</sup> على التمدد المتناظر لرابطة Si-o فقد بدت شديدة بالنسبة للعينات الأصلية و 200 و 400 و 800 و 1000°م بينما متوسطة الشدة في الدرجة 1200°م [1]، يشير أيضا شريط الامتصاص عند 1080 سم<sup>-1</sup> للتمدد المتناظر للرابطة Si-o-

si حيث كانت شديدة في العينة الأصلية و عند درجات الحرارة 400 و 800م° ومتوسطة عند درجات الحرارة 200، 1000، 1200 م° [1]، كما بنسب شريط الامتصاص عند 1170 سم<sup>-1</sup> إلى اهتزاز تمدد غير متماثل للرابطة Si-o-si [3] حيث كانت شديدة عند درجات الحرارة 200 و 400 و 800 و 1000 م° ومتوسطة في العينة الأصلية و 1200 م°.

- ينسب الامتصاص المزدوج الذي يظهر عند حوالي 779-795 سم<sup>-1</sup> إلى أن كوارتز الموجود في الرمل له طور بلوري ألفا [5،6].

- جملة أخرى من أشرطة الامتصاص ظهرت في بعض العينات فقط المتمثلة في العينة الأصلية وعند درجات الحرارة 200 و 400 م°، والموافقة لـ 1396، 1419، 1793 سم<sup>-1</sup>، التي تدل على وجود مادة الكالسيت [9]، إذ كانت جميعها ذات شدات ضعيفة في العينة الأصلية وعند 200 و 400 م°، يعود شريط الامتصاص 1396 سم<sup>-1</sup> إلى اهتزاز تمدد متناظر للمجموعة CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>، بينما شريط الامتصاص عند 1419 سم<sup>-1</sup> يوافق لتمدد غير متناظر، اما شريط 1193 سم<sup>-1</sup> يشير إلى الجمع بين الاحناء في مستوى الاتزان والتمدد المتناظر لـ CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>.

- لوحظت أيضا اشربة امتصاص ذات شدات ضعيفة عند حوالي 2855، 2925 سم<sup>-1</sup> في العينة الطبيعية والتي يمكن نسبها إلى وجود مواد عضوية [4].

- تظهر ايضا بعض أطياف امتصاص الأشعة تحت الحمراء عند حوالي 3255، 3398، 3433 سم<sup>-1</sup> إلى وجود الماء في العينة والتي تنسب إلى اهتزاز التمدد لمجموعة الهيدروكسيل -OH [7،8]. لنلخص النتائج المتحصل عليها من خلال مطيافية الاشعة تحت الحمراء:

1. ان تسخين عينات الرمل عند درجة الحرارة 200 م° أدى إلى اختفاء المواد العضوية وهذا راجع لسرعة احتراقها.
2. لاحظنا كذلك ظهور مادة الكالسيت في العينة الأصلية وعند درجة الحرارة 200، 400 م° بينما لم تظهر في باقي العينات الأخرى دليل على تفككه في درجات الحرارة الأعلى.
3. كما لاحظنا تأثير التسخين على العينات المدروسة عند 800 م° و 1200 م° وذلك بانزياح قمتي 459 إلى 455 و 694 إلى 690 وهذا راجع لنقص الشوائب في العينة.
4. زيادة على ذلك فإن التسخين عند 1200 م° أدى إلى تبخر الماء الممتص كليا.

### III-3-1. درجة تبلور الكوارتز:

تعرف التبلورية على أنها نسبة المواد المتبلورة في مزيج مكون من مواد متبلورة وأخرى غير متبلورة، وهي عادة لا يمكن إيجادها مباشرة، بل تحدد من خلال درجة التبلور (مؤشر التبلور). هذا الأخير متناسب عكسا مع التبلورية [10].

بعد أن عرفنا من خلال الأشعة تحت الحمراء (IR) أن رمل كثنان المنطقة المدروسة يحوي في حالته الطبيعية على لكوارتز ألفا، فإننا سنسعى خلال هذه الفقرة إلى معرفة تبلوريتها وعلاقتها بعملية المعالجة الحرارية لرمل، وذلك بهدف معرفة تأثير درجة حرارة التسخين على هذا المؤشر.

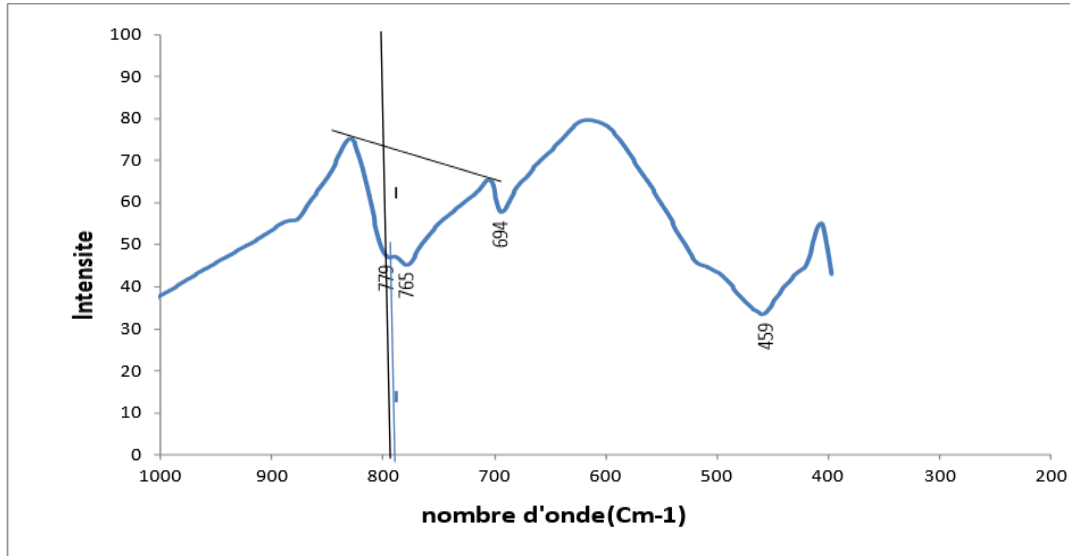
تحسب درجة تبلور الكوارتز في معظم الحالات من خلال قمتي الامتصاص عند 779 و 694 سم<sup>-1</sup>، وذلك بحساب النسبة بين شدتي الامتصاص عند هاتين القيمتين (A<sub>779</sub>/A<sub>694</sub>)، كما هو موضح في الشكل (III-10) حيث تمثل A<sub>779</sub> و A<sub>694</sub> امتصاصية الإشعاع ما تحت الأحمر عند القيمتين 694 و 779 سم<sup>-1</sup> على الترتيب، وتحدد الامتصاصية بالعلاقة (III-2):

$$A = \log_{10}(I_0/I) \quad (2 - III)$$

حيث:

**I** : شدة الإشعاع قبل الامتصاص

**I<sub>0</sub>** : شدة الإشعاع بعد الامتصاص.



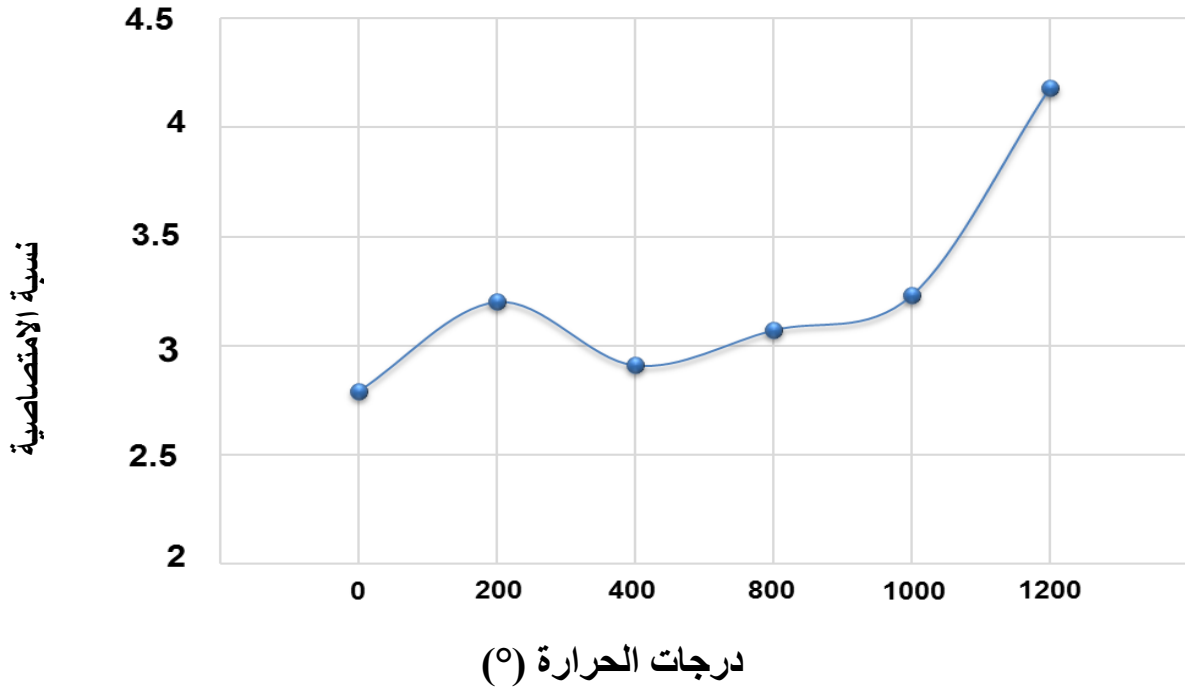
الشكل III-10: قمتا الامتصاص اللتان تحسب من خلالهما درجة تبلور الكوارتز

الجدول (3-III) يلخص نتائج حساب درجة التبلور في عينة الرمل الطبيعية والعينات المسخنة عند مختلف درجات الحرارة.

الجدول (3-III): درجة تبلور الكوارتز في العينة الرمل الطبيعية والعينات المسخنة

العينة	779Cm <sup>-1</sup>			694Cm <sup>-1</sup>			
	I	I <sub>0</sub>	A <sub>779</sub>	I	I <sub>0</sub>	A <sub>694</sub>	A <sub>779</sub> /A <sub>694</sub>
الأصلية	45	71.5	0.201	57	67.4	0.072	2.791
200	45.7	72.3	0.199	58.5	67.6	0.062	3.20
400	45.9	72	0.195	58.2	68	0.067	2.910
800	16.2	48.2	0.473	31	44.2	0.154	3.071
1000	35.9	64.2	0.252	50.3	60.2	0.078	3.230
1200	71	83	0.067	77.9	81	0.016	4.18

اما الشكل ( III-11) فيوضح كيفية تغير التبلور بدلالة درجة حرارة التسخين.



الشكل III-11: تغير درجة تبلور الكوارتز في رمل العينة المدروسة بدلالة درجة الحرارة التسخين.

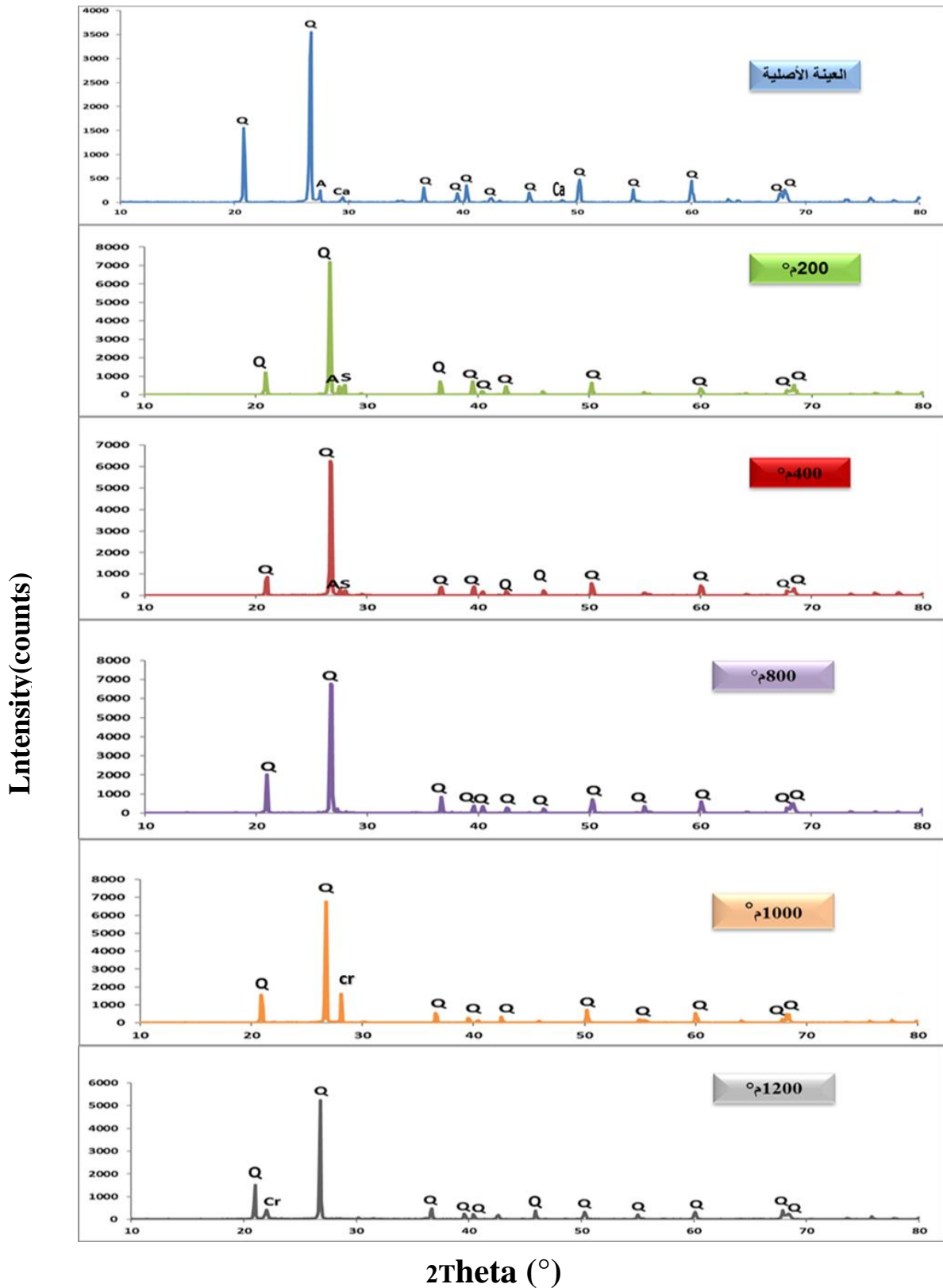
من خلال الشكل III-11: نلاحظ أن مؤشر التبلور مادة الكوارتز الموجود في الرمل يتزايد بزيادة درجة الحرارة، وهذا دليل على أن درجات الحرارة ساعدت على نزع الشوائب من العينات أي أصبحت نقية وبالتالي ارتفع مؤشر التبلور.

### III-4. تحليل الأشعة السينية (XRD)

بعد اخضاع جميع العينات لانعراج الاشعة السينية، سمح لنا جهاز إنعراج الأشعة السينية بتسجيل مختلف مخططات الحيود ومن خلال تحليل هذه المخططات باستخدام برنامج Match!2 تمكنا من تحديد المركبات الكيميائية السائدة.

الشكل (III-12) يوضح مخططات الانعراج الاشعة السينية للعينة الاصلية واللعينات المعالجة حراريا عند درجة الحرارة المختلفة. حيث استعملنا الترميز التالي للتعريف بالمركبات الموجودة في عينات الرمل:

Q كوارتز (SiO<sub>2</sub>- Quartz) Ca كالسيت (CaCO<sub>3</sub>-calcite) A البيت (Albite)-Albite  
S سانيدين (AlKSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-Sanidine) Cr كريستوبليت (SiO<sub>2</sub>-crystalite)



الشكل III-12: مخططات انعراج الأشعة السينية على العينة الأصلية والعينات المسخنة.

نلاحظ من خلال الشكل (III-12) ظهور قمم الانعراج عند الزوايا  $2\theta$ :  $20.90^\circ$ ،  $26.7^\circ$ ،  $36.9^\circ$ ،  $39.5^\circ$ ،  $40.3^\circ$ ،  $42.4^\circ$ ،  $45.9^\circ$ ،  $50.1^\circ$ ،  $54.9^\circ$ ،  $59.9^\circ$ ،  $67.8^\circ$ ،  $68.3^\circ$ ، و الظاهرة في جميع العينات،

وفقا للبطاقة JCPDS رقم (N° 46-1045) [3] تتوافق هذه القمم مع معدن الكوارتز، [11،3،12]، ذو نظام تبلور سداسي وينتمي للمجموعة الفضائية (154)  $P3_21$ .

بينما لوحظت زوايا انعراج عند:  $29.4^\circ$ ، و  $48.5^\circ$  والتي ظهرت في العينة الاصلية فقط، ووفقا لبطاقة JCPDS رقم (N° 47-1743) تشير هذه القمم إلى مادة الكالسيت [3] ذات نظام تبلور Rhombohedral والذي ينتمي للمجموعة الفضائية (167)  $R3c$ .

بينما أيضا لوحظت زاوية انعراج  $27.5^\circ$  في العينة الأصلية والعينة المسخنة عند درجة حرارة  $200^\circ\text{م}$  ووفقا لبطاقة JCPDS رقم (00-141-1480) تدل هذه القمة على وجود معدن Albite ذو الصيغة الكيميائية  $\text{AlNaSi}_3\text{O}_8$  [3] والذي ينتمي إلى لعائلة الفالدبار.

أما زاوية الانعراج عند  $27.9^\circ$  والتي ظهرت في العينة المسخنة عند درجة حرارة  $200^\circ\text{م}$  والعينة المسخنة عند درجة حرارة  $400^\circ\text{م}$  تدل على وجود معدن sanidine ( $\text{AlKSi}_3\text{O}_8$ ) وذلك ووفقا للبطاقة JCPDS رقم (N°00-025-0618) [3].

وزاوية الانعراج الملاحظة عند الزاوية  $28.1^\circ$  والموجودة في طيف العينة المعالجة حراريا عند درجة حرارة  $1000^\circ\text{م}$ ، والزاوية الملاحظة عند  $22.1^\circ$  في طيف العينة المعالجة حراريا عند درجة حرارة  $1200^\circ\text{م}$  تشير إلى وجود معدن cristoblite والذي يعتبر طور من أطوار ثاني أكسيد السليكون والذي يتشكل في درجات الحرارة العالية والذي يتبلور في نظام Tetragonal [13]. وعند مقارنة طيف انعراج الأشعة اكس للعينة الطبيعية ومختلف العينات المسخنة عند درجات الحرارة المختلفة نلاحظ ان:

- عملية تسخين العينة الأصلية عند درجة حرارة  $200^\circ\text{م}$  أدى إلى اختفاء قمم الكالسيت وهذا ما يدل على تفككه عند هذه الدرجة.
- بينما عملية التسخين عند درجة حرارة  $800^\circ\text{م}$  أدى إلى اختفاء مركب Albite وهذا راجع لتفككه أيضا عند هذه المرحلة.
- أيضا تبين لنا ان عملية التسخين عند درجة الحرارة  $1000^\circ\text{م}$  و  $1200^\circ\text{م}$  أدى لتحول الطور البلوري للكوارتز ألفا إلى طور البلوري اخر يدعي cristobalite، لا يختلف عن الكوارتز ألفا إلا في بنية البلورية.
- نلاحظ أيضا ان عينة الرمل عند درجة حرارة  $1200^\circ\text{م}$  أصبحت متكونة فقط من مادة الكوارتز وكريستوبليت وهذا دليل على ان عملية التسخين بدرجات حرارة عالية أدت إلى التخلص كليا من الشوائب.

ومن خلال برنامج Match وبطاقات (ASTM) تحصلنا على زوايا الحيود والمواد الموافقة لها مع المسافات البينية ومعاملات ميلر للعينات المدروسة والموضحة في الجدول التالي:

الجدول:III-4 زوايا الحيود والمعادن الموافقة لها مع المسافات البينية ومعاملات ميلر

زوايا الانعراج 2θ(°)	معاملات ميلر h k l	المسافة البينية d (Å)	المسافة المحسوبة d (Å)	المعدن	العينة الأصلية	العينات المسخنة عند (°C)				
						200	400	800	1000	1200
20.8997	1 0 0	4.2549	4.2453	كوارتز	O	O	O	o	o	o
22.0997	1 0 1	4.0561	4.0174	crystalite						o
26.6998	0 1 1	3.3335	3.3348	كوارتز	O	O	O	o	O	o
27.4998	0 2 1	3.2408	3.2396	Albite	O	O	O			
27.9	0 0 2	3.1852	3.1940	sanidine		O	O			
28.0998	2 0 2	3.19	3.1717	crystalite					O	
29.3998	1 0 4	3.0255	3.0344	كالسيت	O					
36.5998	0 1 2	2.4988	2.4523	كوارتز	o	O	O	o	O	o
39.4999	1 0 2	2.2793	2.2786	كوارتز	o	O	O	o	O	o
40.2998	1 1 1	2.2361	2.2352	كوارتز	o	O	O	o		o
42.3997	2 0 0	2.1277	2.1292	كوارتز	o	O	O	o	O	o
45.9	2 0 1	1.9783	1.9747	كوارتز	o	O	O	o		o
48.89	1 1 6	1.871	1.8607	كالسيت	O					
50.0998	1 1 2	1.8161	1.8185	كوارتز	O	O	O	o	O	o
54.9	2 0 2	1.6717	1.67.3	كوارتز	O	O	O	o	O	o
59.9998	1 2 1	1.5415	1.5400	كوارتز	O	O	O	o	O	o
67.7999	1 2 2	1.3810	1.3910	كوارتز	O	O	O	o	O	o
68.2999	2 0 3	1.3738	1.3716	كوارتز	O	O	O	o	O	o

بمعالجة البيانات التجريبية المتحصل عليها من مخطط حيود الأشعة السينية لرمال العينة المدروسة بواسطة برنامج الماتش تحصلنا على بعض المعلومات البنيوية للمادة المكونة لرمال. والجدول (III-5) الذي يلخص اهم النتائج البنيوية المتحصل عليها.

الجدول III-5: النتائج البنيوية للكوارتز المتواجد في العينة المدروسة

الصيغة الكيميائية	SiO <sub>2</sub>
النوع	كوارتز ألفا(α)
نظام التبلور	سداسي
المجموعة الفضائية	P3221
حجم الخلية Å <sup>3</sup>	115.934
a (Å)	4.84112
b (Å)	4.84112
c (Å)	5.71198

### III-5- حساب الحجم الحبيبي لمادة الكوارتز:

باستخدام معادلة شيرر (Scherrer equation) لحساب حجم البلورات (crystallite size) والتي تعتمد على تحديد زاوية الحيود واتساع القمة عند منتصف ارتفاعها، وتعطى بالعلاقة التالية [14]:

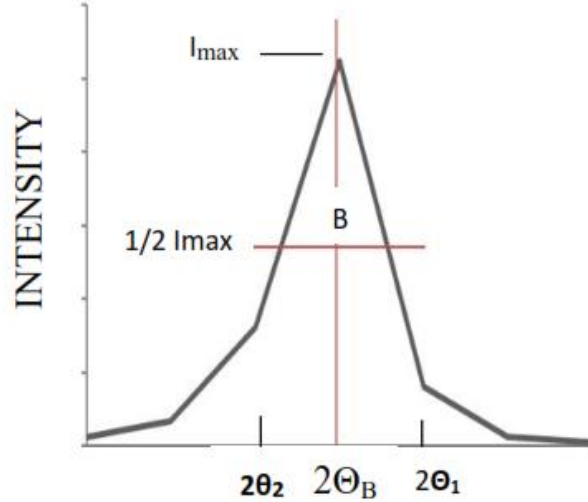
$$D = 0.96 \lambda / \beta \cos \theta \quad (3 - III)$$

حيث:

D: قطر الحبيبة (crystallite size) بالنانومتر nm

β: الاتساع عند منتصف القمة (full width at half maximum) بالراديان (rad)

$\theta$ : زاوية براغ (Bragg angle)  
 $\lambda$ : الطول الموجي للأشعة السينية (X-ray wavelength)  
 الشكل (III-13) يوضح طريقة تحديد الاتساع (العرض) عند منتصف القمة الأعظمية (FWHM)

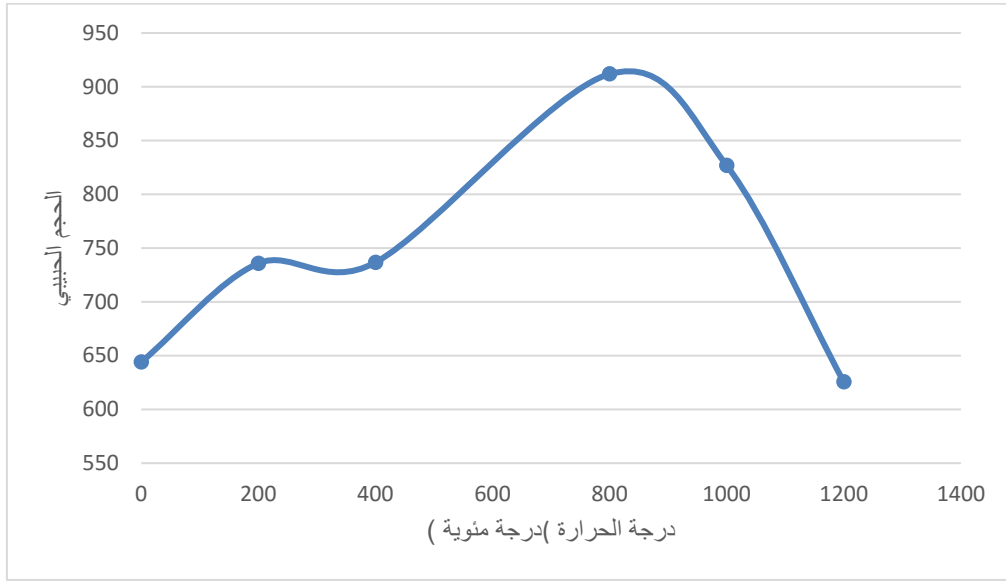


الشكل III-13: العرض عند منتصف القمة الأعظمية (FWHM)

حيث تم تحديد الاتساع (العرض) عند منتصف القمة الاعظمية التي تقع عند  $\theta = 26.69982^\circ$  وموجود في طيف الانعراج لجميع العينات. والجدول التالي يلخص النتائج المتحصل عليها من اجل كل العينات المدروسة.

الجدول III-4: الحجم الحبيبي لبلورات الكوارتز مقابل درجات الحرارة.

قطر بلورة الكوارتز (mm) Crystallite size	الاتساع عند منتصف القمة الأعظمية ( $^\circ$ ) (FWHM)	درجات الحرارة ( $^\circ$ م)
643.978	0.17794	0
735.82	1.579	200
736.65	0.16301	400
911.83	0.19155	800
826.8411	0.14292	1000
625.612	0.13451	1200



الشكل III-14: أقطار بلورات الكوارتز في العينات المدروسة

من خلال الشكل III-14 نلاحظ ان حجم بلورات الكوارتز المتواجد في عيناتنا يتزايد بزيادة درجة الحرارة الى غاية الوصول الى درجة حرارة 800م°، وهذا راجع الى تغيير طفيف في مواضع الذرات المشكلة لمادة الكوارتز تحت ارتفاع درجة الحرارة. ثم لاحظنا انخفاضه وهذا راجع الى بداية تحول كوارتز من الطور ألفا الى cristobalite.

نستنتج من خلال النتائج المتحصل عليها ان عملية المعالجة الحرارية للرمل في مختلف درجات الحرارة أدت لتخلص كليا من الشوائب والمركبات العضوية المكونة للرمل، بل عند درجة حرارة 1200م° تشكل لدينا طور الكريستوباليت والذي يعتبر طور من اطوار الكوارتز الذي يتشكل في درجات حرارة عالية. كما ساهمت عملية المعالجة الحرارية في زيادة الحجم الحبيبي لمادة الكوارتز.

## الخلاصة

خلال هذا الفصل تم اجراء دراسة للخصائص الفيزيوكيميائية لعينة من الرمل الطبيعية، حيث اظهرت هذه التحاليل ان عينة الرمل تحتوي نسبة معتبرة من مادة الكوارتز بالإضافة الي كمية من الكالسيت. ثم تم معالجة هذه العينة معالجة حرارية في درجات حرارة مختلفة. بدراسة أثر المعالجة الحرارية على خواص الرمل وخاصة معدن الكوارتز، توصلنا الى ان عملية المعالجة الحرارية لها تأثير مباشر على لون العينة، التركيب الكيميائي، مؤشر التبلور والحجم الحبيبي لمعدن الكوارتز. كما أثبتت النتائج المتحصل عليها ان عملية المعالجة الحرارية قد ساهمت في التخلص تماما من كل الشوائب الموجودة في مادة الكوارتز وأدت الى زيادة الحجم الحبيبي للكوارتز.

## المراجع

- [1] Meftah, N. Mahboub, M. S. (2020). Spectroscopic characterizations of sand dunes minerals of El-Oued (Northeast Algerian Sahara) by FTIR, XRF and XRD analyses, *Silicon*, 12(1), 147-153.
- [2] Naumann, D. Helm, D. Labischinski, H. (1991). Microbiological characterizations by FT-IR spectroscopy. *Nature*, 351(6321), 81-82.
- [3] Meftah, N., Hani, A., Merdas, A., Sadik, C. Sdiri, A. (2021). A holistic approach towards characterizing the El-Oued siliceous sand (eastern Algeria) for potential industrial applications. *Arabian Journal of Geosciences*, 14, 1-14.
- [4] Touil, Y. Taha, S. Issaadi, R. Amrane, A. (2009). Pilot plant for wastewater treatment involving septic pit and biological filtration on sand of dunes of the Algerian Sahara. *Desalination and water treatment*, 10(1-3), 148-152.
- [5] Anbalagan, G. Prabakaran, A. R. Gunasekaran, S. (2010). Spectroscopic characterization of Indian standard sand. *Journal of applied spectroscopy*, 77, 86-94.
- [6] Van der Marel HW, Beutelspacher H (1976) Atlas of infrared spectroscopy of clay minerals and their admixtures. Elsevier Publishing Amsterdam
- [7] Sdiri, A. Higashi, T. Hatta, T. Jamoussi, F. Tase, N. (2010). Mineralogical and spectroscopic characterization, and potential environmental use of limestone from the Abiod formation, Tunisia. *Environmental Earth Sciences*, 61, 1275-1287.
- [8] Ji, J. Ge, Y. Balsam, W. Damuth, J. E. Chen, J. (2009). Rapid identification of dolomite using a Fourier Transform Infrared Spectrophotometer (FTIR): A fast method for identifying Heinrich events in IODP Site U1308. *Marine Geology*, 258(1-4), 60-68.
- [9] Saikia B J, Parthasarathy G, Sarmah N C, Baruah G D (2008) Fourier -transform infrared spectroscopic characterization of naturally occurring glassy fulgurites, *Indian Academy of Sciences* 31 (2): 155-158.
- [10] Gnanasaravanan, S. Rajkumar, P. (2013). Characterization of minerals in natural and manufactured sand in Cauvery River belt, Tamilnadu, India. *Infrared Physics Technology*, 58, 21-31.
- [11] Beddiaf, S. Chihi, S. Bouguettaia, H. Mechri, M. L. Mahdadi, N. (2017). Qualitative and quantitative evaluation of quartz in different granular types of Ouargla region sand dunes–Algeria. *Silicon*, 9(4), 603-611.
- [12] Mahdadi, N. Chihi, S. Bouguettaia, H. Beddiaf, S. Mechri, M. L. (2017). Chromatic classification of Ouargla (Algeria) dunes sand: determination of main

compositions and color causes, by using XRD, FTIR and XRF. *Silicon*, 9(2), 211-221.

- [13] Mechri, M. L. Chihi, S. Mahdadi, N. Beddiaf, S. (2017). Study of heat effect on the composition of dunes sand of Ouargla (Algeria) using XRD and FTIR. *Silicon*, 9(6), 933-941.
- [14] De Aza, A. H. Turrillas, X. Rodriguez, M. A. Duran, T. Pena, P. (2014). Time-resolved powder neutron diffraction study of the phase transformation sequence of kaolinite to mullite. *Journal of the European Ceramic Society*, 34(5), 1409-1421.

الخاتمة

## الخلاصة العامة

في هذا العمل تم القيام بدراسة تأثير المعالجة الحرارية على الخواص الفيزيو-كيميائية لمعدن الكوارتز لعينة من رمل منطقة دوار الماء بالوادي. في البداية تم تشخيص العينة الطبيعية باستعمال تقنية مطيافية الأشعة تحت حمراء (IR) وتقنية انعراج الأشعة السينية (XRD)، كما تم تحديد الصنف الحبيبي لهذه الرمال باستعمال طريقة الغريلة بواسطة الهزاز الكهربائي.

أكدت النتائج التجريبية المتحصل عليها من مطيافية الامتصاص الأشعة تحت الحمراء وأيضا انعراج الأشعة السينية ان عينة الرمل الطبيعية تحتوي على نسبة عالية من مادة الكوارتز طور الفا ( $\text{SiO}_2$ )، وايضا وجود بعض الشوائب مثل اكسيد الكالسيوم ( $\text{CaCO}_3$ ) ونسبة ضئيلة من معدن الفلدسبار ( $\text{AlNaSi}_3\text{O}_8$ ). هذا ما يثبت ان هذه الرمال غنية بمادة الكوارتز. كما اظهر التصنيف الحبيبي أن رمل منطقة دوار الماء يعد رمل ناعم جدا على العموم.

بعد تحديد المركبات الكيميائية المشكلة لعينة الرمل، قمنا بمعالجة حرارية للرمل في خمسة درجات حرارة مختلفة، 200م°، 400م°، 800م°، 1000م° و 1200م° وذلك لمدة 7 ساعات متواصلة. أكدت النتائج التجريبية المتحصل عليها من خلال مطيافية الأشعة تحت الحمراء أن المعالجة الحرارية أدت إلى تحسين مؤشر التبلور لمادة الكوارتز.

كما أظهرت الدراسة بواسطة الأشعة السينية انه عند تسخين مادة الرمل عند درجة الحرارة 200م° أدى لاضمحلال كليا لمادة الكالسييت، وعند المعالجة عند درجة حرارة 1000م° لوحظ اختفاء كلي لمادة الفلدسبار وأصبحت العينة متكونة فقط من معدن الكوارتز. وهذا ما يؤكد ان المعالجة الحرارية في هذه الدرجة تساهم في التخلص من جميع الشوائب الموجودة في معدن الكوارتز. اما عند الدرجة 1200م° فلو حظ تحول جزء من الكوارتز طور الفا الى طور الكريستوباليت (Cristobalite)، وهو طور من اطوار الكوارتز المتشكل في درجات الحرارة العالية جدا ويعرف بنقاوته المرتفعة.

كما توصلنا من خلال تقنية انعراج الأشعة اكس انه هناك ازدياد للحجم الحبيبي لمادة الكوارتز مع ارتفاع درجة الحرارة.

على ضوء مما سبق من خلال إعداد هذه العمل وما سبق من عرض لمختلف النتائج يمكن تقديم بعض التوصيات، والتي يمكن أن تكون منطلقات لأعمال بحثية أخرى:

- استخلاص مادة الكوارتز من رمل منطقة دوار الماء-الوادي.
- استخلاص السليسيوم النقي للأبحاث النانو مترية.
- إمكانية استخدام الكوارتز كمادة عازلة كهربائيا.
- استغلال رمل منطقة الوادي لصناعة الزجاج

## المخلص

تم في هذا العمل دراسة تأثير المعالجة الحرارية على الخواص الفيزيوكيميائية لمعدن الكوارتز الموجود في رمل منطقة دوار الماء الواقعة بمدينة الوادي. المعالجة الحرارية لعينات الرمل أجريت عند درجات الحرارة 200، 400، 800، 1000، و1200م° لمدة 7 ساعات متواصلة. بينت مطيافية الأشعة تحت الحمراء (IR) ومطيافية انعراج الأشعة السينية (XRD) ان عينة الرمل الطبيعية تتكون من نسبة عالية من معدن الكوارتز طور الفا ( $\alpha\text{-SiO}_2$ ) ونسبة ضئيلة من معدن الكالسيت ( $\text{CaCO}_3$ ) ومعدن الفلدسبار ( $\text{AlNaSi}_3\text{O}_8$ ). كما أوضحت التقنيات الطيفية المستعملة أن المعالجة الحرارية أدت الى تفكك كلي لمعدن الكالسيت عند درجة الحرارة 200م°، وتفكك معدن الفلدسبار عند درجة الحرارة 1000م°، وظهور طور الكريستوباليت ( $\text{SiO}_2$ ) الى جانب طور الكوارتز عند 1200م°. كما نتج عن المعالجة الحرارية للرمل تحسن لمؤشر التبلور لمعدن الكوارتز. كذلك سجل ازدياد للحجم الحبيبي لمادة الكوارتز مع ارتفاع درجة الحرارة.

**الكلمات المفتاحية:** رمل، الكوارتز، تصنيف الحبيبي، مطيافية الأشعة تحت الحمراء، تقنية انعراج

الأشعة السينية

## Abstract

In this work, the effect of heat treatment on the physicochemical properties of the mineral quartz of the sand of the Douar-Elmaa, area located in El-Oued city, was studied. Heat treatment of sand samples was carried out at different temperatures 200, 400, 800, 1000, and 1200°C for 7 continuous hours. Infrared (IR) and X-ray diffraction (XRD) spectroscopy showed that the natural sand sample consists of a high percentage of alpha-quartz ( $\alpha\text{-SiO}_2$ ) and a small percentage of calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) and feldspar ( $\text{AlNaSi}_3\text{O}_8$ ) mineral. The used spectroscopic techniques also showed that the heat treatment led to the complete dissolution of calcite mineral at a temperature of 200 °C, and the dissociation of feldspar mineral at a temperature of 1000 °C, and the appearance of the Cristobalite ( $\text{SiO}_2$ ) phase, a polymorph mineral of quartz phase at 1200 °C. The heat treatment of the sand also resulted in an improvement of the crystallinity index of the quartz mineral. However, an increase in the particle size of quartz

was recorded with the increase in temperature.

**Keywords:** Sand, quartz, Granular classification, Infrared spectroscopy, X-ray