

رقم التسلسل: .....  
رقم الترتيب: .....

جامعة قاصدي مرباح ورقلة  
كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم الفيزياء



مذكرة

ماستر اكايمي

مجال: علوم المادة

فرع: فيزياء

تخصص: فيزياء المواد

من إعداد: أولاد سالم مريم – غرياني مروة

العنوان:

## مساهمة في دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات من رمل منطقة حاسي ميلود بورقلة.

نوقشت يوم: 2017/05/23

أمام اللجنة المناقشة المكونة من:

رئيسا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذة محاضرة – أ –	د. كريمة بلعكروم
مناقشا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ محاضر – أ –	د. عمر بن طويلة
مشرفا	جامعة قاصدي مرباح ورقلة	أستاذ تعليم عالي	أ. رشيد غرياني

الموسم الجامعي: 2017/2016

## إهداء

أهدي ثمرة وشهد هذا العمل إلى من سهر علي إلى أحب الناس إلى قلبي بعد رسول الله صلى الله عليه وسلم إلى . من رأني قلبها قبل عينيها إلى من كانت الجنة تحت قدميها إلى من أحبت بلا مقابل إلى أُمي الغالية إلى أبي أكثر الناس رفقا بي الذي رعاني منذ الصغر أكثر شخص وقف بجانب طيلة حياتي ولا أوفيه حقه غير أن أدعو الله له وللوالدة بأن يسكنهما الفردوس الأعلى مع نبي الأمة والأخيار من العباد وأن تنعما بالصحة والعمر . المديد بإذن الله .

إلى أصحاب القلوب الرفيعة و النفوس البريئة إلى توائم روحي ورفقاء دربي إخواني وأخواتي الأعزاء، يامن عشت معهم كل حياتي بجلوها ومرها حاضرها وماضيها وإنشاء الله تعالى مستقبلها .

إلى أخوالي وخالاتي أعمامي وعماتي إلى أقاربي إلى من لا يمكن لذاكرتي نسيانهم حتى وإن نستهم مذكرتي ، إلى الأخوات اللاتي لم تلدهن أُمي صديقاتي وزميلاتي العزيزات شاركنني لحظاتي الحلوة والمرّة في هذه المرحلة من حياتي . رفيقات مقاعد الدراسة يامن تميزتن بالعباءة و الوفاء كعهدهن دائما .

إلى مشاعل النور من الأطفال الذين سيحملون هذا الوطن بعقولهم قبل سواعدهم، إلى المخلصين ممن ضحو بأرواحهم وبالغالي والنفيس ليحيا هذا الوطن ويقف على قدميه ولا يحتاج يد العون من الغريب، إلى كل مواطن يأمل أن الغد لنا بإذن الله .  
أهدي هذه المذكرة

### أولاد سالم مريم

أهدي هذا العمل المتواضع إلى أبي الحبيب الذي لم ييخل عليا يوما بشيء

إلى أُمي الغالية التي لم تأل جهدا في تربيتي وتوجيهي

إلى الحب كل الحب ... إخواني وأخواتي وإلى الأهل والأحباب

إلى من سأفتقدهم ... وأتمنى أن يفتقدوني

إلى من جعلهم الله إخواني بالله ومن أحببتهم بالله زميلاتي

إلى كل من أضاء بعلمه عقل غيره أو هدى بالجواب الصحيح حيرة سائله

أقدم هذا الجهد المتواضع راجية من المولى عز وجل أن يجد القبول و النجاح

### غرياني مروة

## شكر و تقدير

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك، ولا يطيب النهار إلا بطاعتك ولا تطيب اللحظات إلا بذكرك ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك.

إلى من بلغ الرسالة وأدى الأمانة ونصح الأمة إلى نبي الرحمة ونور العالمين محمد صلى الله عليه وسلم. يطيب لنا أن نضع اللمسات الأخيرة لهذه المذكرة و أن نتقدم ببالغ شكرنا وامتناننا وتقديرنا لأستاذنا الموقر و الفاضل د. غرياني رشيد على اقتراحه موضوع البحث، وما بذله من جهد ومتابعة مدة الإشراف وما أبداه من تعاون في سبيل إتمام هذا العمل .

كما أتقدم بالشكر إلى الأستاذة بلعكروم كريمة على قبولها ترأس لجنة المناقشة، والأستاذ بن طويلة عمر على قبوله مناقشة هذه المذكرة.

ولا يسعنا في هذا المقام إلا أن نتقدم بجميل العرفان لجميع المسؤولين في جامعة قاصدي مرباح- ورقلة وأبدأ بالمدير الذي يسعى بجهد بليغ إلى النهوض بجامعتنا، كما أشكره على تحفيزه المستمر لنا ونتوجه بالشكر و التقدير إلى كل أساتذتنا الأفاضل بقسم الفيزياء بجامعة قاصدي مرباح ورقلة، الذين درسونا في مرحلة التعليم الجامعي.

كما أتفضل بالشكر الجزيل للأستاذ

كشيرد علي وزملائه على تعاونهم

وعلى ما بذلوه من جهد كان له الأثر البالغ في تذليل الصعوبات و تقديم التسهيلات لإنجاز هذا البحث.

كما نشكر جميع المسؤولين و الباحثين في:

مخبر الإشعاع و البلازما و فيزياء السطوح (L.R.P.P.S) جامعة ورقلة

مؤسسة الأشغال العمومية جنوب البلاد من الحارس إلى المدير

ومخبر الكيمياء الخاص بالمؤسسة .

مخبر كلية العلوم التطبيقية بجامعة ورقلة.

كما أشكر عمال المكتبة وجميع القائمين عليها لما بدر منهم من تعاون في إعارتنا ما نحتاج.

## الفهرس

01 ..... مقدمة عامة

### الفصل الأول عموميات حول الرمال

03 ..... مقدمة

03 ..... 1.I. تواجد الرمل على مستوى الجزائر

04 ..... 2.I. الكثبان الرملية

05 ..... 3.I. أصل تكون الكثبان الرملية

08 ..... 4. I. خصائص الرمال

08 ..... 1.4.I. الخصائص الفيزيائية

08 ..... 1.1.4.I. التدرج الحبيبي

08 ..... 2.1.4.I. أشكال الحبات

09 ..... 3.1.4.I. المكافئ الرملي

09 ..... 4.1.4.I. ألوان حبات الرمل

09 ..... 5.1.4.I. حجم حبات الرمل

10 ..... 2.4.I. الخصائص الكيميائية (مكونات رمل الكثبان )

10 ..... 5.I. المكونات الرئيسة لرمل الكثبان

10 ..... 1.5.I. الكوارتز

11 ..... 2.5.I. الجبس أو الجص

12 ..... 3.5.I. الحجر الكلسي أو الكالسييت

14 ..... 6.I. أهم العناصر النادرة في الصحارى ومجالات الاستخدام

### الفصل الثاني الطرق التجريبية و التحليل الطيفي

15 ..... 1.II. نبذة عن منطقة الدراسة

16 ..... 2.II. القياسات الفيزيائية و الكيميائية

16 ..... 1.2.II. القياسات الفيزيائية

16 ..... 1.1.2.II. المكافئ الرملي

19 ..... 2.1.2.II. الكتلة الحجمية الظاهرية

19 ..... 3.1.2.II. التدرج الحبيبي

21 ..... 4.1.2.II. تجرية القص المباشر للتربة

25	.....2.2.II التحاليل الكيميائية
26	.....1.2.2.II تحديد محتوى الكبريتات(السلفات)
27	.....2.2.2.II تحديد نسبة الكربونات
27	.....3.2.2.II تحديد محتوى الاملاح
27	.....3.II تقنية انعراج الأشعة السينية
27	.....1.3.II حيود الأشعة السينية(DRX)
28	.....2.3.II طبيعة الأشعة السينية
29	.....3.3.II الأشعة السينية الإنتاج و الخصائص
30	.....1.3.3.II الأشعة السينية
30	.....2.3.3.II مصادر الأشعة السينية
30	.....3.3.3.II أنابيب الأشعة السينية
32	.....4.3.II حيود الأشعة السينية في البلورات
32	.....5.3.II الحيود وقانون براغ
34	.....6.3.II طريقة مطياف الحيود
35	.....4.II التعرف على قانون شيرر
35	.....1.4.II السمك الأصلي لبنية البلور
36	.....2.4.II قانون شيرر
36	.....3.4.II ثابت شيرر(K)

### الفصل الثالث النتائج التجريبية تحليلها ومناقشتها

37	.....1.III نتائج القياسات التجريبية
37	.....1.1.III نتائج القياسات الفيزيائية
37	.....1.1.1.III المكافئ الرملي
38	.....2.1.1.III الكتلة الحجمية الظاهرية
38	.....3.1.1.III التدرج الحبيبي
39	.....4.1.1.III إجهاد القص المباشر
42	.....2.1.III التحاليل الكيميائية
42	.....1.2.1.III تحديد محتوى الكبريتات
43	.....2.2.1.III تحديد محتوى كربونات الكالسيوم
43	.....3.2.1.III تحديد محتوى الأملاح

44	..... ( X- Ray Diffraction) انعراج الأشعة السينية 3.1.III
44	..... الجهاز المستعمل في انعراج الأشعة السينية 1.3.1.III
45	..... تحضير العينة لإجراء التحليل XRD 2.3.1.III
46	..... تسجيل الطيف 3.3.1.III
46	..... تحليل رمل كتبان منطقة حاسي ميلود بواسطة انعراج الأشعة السينية 4.3.1.III
47	..... مناقشة نتائج تقنية انعراج الأشعة السينية XRD 5.3.1.III
48	..... حساب متوسط قطر بلورات الكوارتز بتطبيق معادلة شيرر 4.1.III
49	..... المقارنة بين عينات رمل مأخوذة من مناطق مختلفة 2.III
51	..... خلاصة عامة
53	..... قائمة المراجع

## فهرس الجداول

الصفحة	العنوان	رقم الجدول
10	نتائج التحليل الكيمائي.....	1-I
13	بعض الخواص الفيزيو كيميائية لمكونات الرمل الأساسية.....	2-I
26	نوع الكواشف المستعملة.....	1-II
37	نتائج المكافئ الرملي.....	1-III
37	علاقة المكافئ الرملي ونوعية وطبيعة الرمل.....	2-III
38	نتائج الكتلة الحجمية الظاهرية.....	3-III
38	نتائج التدرج الحبيبي لعينة من رمل منطقة حاسي ميلود.....	4-III
40	نتائج تجربة القص المباشر.....	5-III
42	نتائج قياسات الكبريتات.....	6-III
43	نتائج قياس كربونات الكالسيوم.....	7-III
43	نتائج قياسات الأملاح.....	8-III
47	الملحقات الخاصة بانعراج الأشعة السينية لرمل كثبان منطقة حاسي ميلود.....	9-III
49	نتائج حساب معادلة شيرر.....	10-III
49	مقارنة نتائج عينات مختلف المناطق.....	11-III

## فهرس الأشكال

الصفحة	العنوان	رقم الجدول
04	توزع الكثبان الرملية الصحراوية في الجزائر.....	1 -I
05	مراحل تكوين الكثبان الرملية .....	2-I
06	الشكل الكثبان الهلالية.....	3 -I
06	الكثبان الرملية.....	4 -I
07	الكثبان الطولية.....	5 -I
07	الكثبان النجمية.....	6 -I
08	التصنيف الأمريكي للتربة ( ASTM D422 ).....	7-I
09	مقياس استدارة الحبات.....	8 -I
10	تصنيف حبيبات الرمل وفق الأبعاد.....	9 -I
11	البنية البلورية للكوارتز مع صورة له.....	10 -I
11	التحولات الطورية للكوارتز.....	11 - I
12	البنية البلورية للجبس وصورة له.....	12 - I
12	البنية البلورية للكلس وصورة له.....	13 -I
15	يبين حدود مدينة ورقلة.المصدر: (9) مديرية التعمير والبناء (P.D.A.U).....	1 -II
17	مجموعة من الادوات الخاصة بالمكافئ الرملي.....	2 -II
18	صورة توضح تجربة المكافئ الرملي.....	3 -II
19	الادوات المستعملة في الكتلة الحجمية .....	4 -II
20	مجموعة من الادوات المستعملة في التدرج الحبيبي.....	5 -II
21	أنواع من حالات قص التربة .....	6 -II
22	تمثيل معادلة كولوم لمقاومة قص التربة.....	7 -II
23	يمثل جهاز القص المباشر .....	8 -II
24	صورة صندوق القص.....	9 -II
24	عداد القياس.....	10 -II
25	مجموعة من الدوات المستخدمة في التحاليل الكيميائية.....	11 -II
26	احتراق المواد غير المذابة.....	12 -II
27	صورة توضح الرجاج الكهربائي.....	13 -II

28	..... الأشعة السينية في سلم الأطوال الموجية.	14 -II
29	..... يوضح الطيف الكهرو مغناطيسي وموقع الأشعة السينية منه.	15 -II
30	..... رسم توضيحي مبسط لأنبوب الأشعة السينية ذات المصعد الثابت، والفتيلة الساخنة.	16 -II
31	..... رسم تخطيطي يوضح موضع مادة الهدف	17 -II
32	..... يوضح الطبقات الذرية وحيود الأشعة السينية عندما تصطدم بذرات تلك الطبقات.	18 -II
34	..... قانون براغ، بافتراض أن المستويات الذرية تعمل كمستويات عاكسة.	19 -II
35	..... مخطط وظيفي لجهاز انعراج الأشعة السينية.	20 -II
36	..... صورة توضيحية لتشكيل أبعاد البلورة المعينة.	21 -II
39	..... منحني بياني يوضح التدرج الحبيبي لعينة من رمل منطقة حاسي ميلود.	1 -III
41	..... منحني يوضح العلاقة بين الاجهاد العمودي واجهاد القص.	2 -III
41	..... منحني يوضح العلاقة بين الاجهاد والتشوه لعينة خضعت لاجهادات مختلفة.	3 -III
44	..... صورة انعراج الأشعة السينية.	4 -III
45	..... صورة لجهاز انعراج الأشعة السينية من الداخل.	5 -III
45	..... الأداة المستخدمة لتحضير العينة للقياس <b>XRD</b> .	6 -III
46	..... مخطط انعراج الأشعة السينية.	7 -III
48	..... مخطط انعراج الأشعة السينية لرمال منطقة محيريزة-ورقلة.	8 -III
48	..... مخطط انعراج الأشعة السينية ورمال كثبان منطقة ورقلة.	9 -III

# مقدمة عامة

يتميز كوكب الأرض بتنوع التضاريس الموجودة على سطحه، فنرى الأماكن الخضراء والبحار التي تشكل ما يقارب ثلاثة أرباع مساحة سطح كوكب الأرض، وهناك أيضاً الصحاري والتي تشكل ثلث مساحة اليابسة على كوكب الأرض. والصحراء هي أحد الأشكال الجغرافية لليابسة على سطح كوكب الأرض والتي تتميز بعدم قدرة النباتات على العيش فيها فلا تنمو فيها إلا بعض أنواع النباتات كنبات الصبار، ومما يميز الصحراء أيضاً هو قلة معدل سقوط الأمطار إلى أقل من 250 ملم سنوياً والتي قد تصل إلى الجفاف أحياناً كصحراء أتاكاما في أميركا الجنوبية والتي امتازت بالجفاف. وتتواجد معظم الأراضي الصحراوية في العالم حول مدار السرطان في شمال الكرة الأرضية والجنوبي في جنوبها وهناك أيضاً ما يعرف بالصحراء الباردة أو المتجمدة والتي توجد في الأقطاب، وتتميز الصحراء بشكل عام بالمناخ القاري كما يسميه العلماء إذ أنّها تتميز بارتفاع درجات الحرارة نهاراً إلى درجات كبيرة جداً وانخفاضها في المقابل ليلاً مما يشكل فرقاً كبيراً في درجات الحرارة وهو ما يشكل ضغطاً على الصخور في تلك المناطق مما يؤدي إلى تكسرها بشكل مستمر.

إن الرمل من أكثر المواد الطبيعية الموجودة في اليابسة ويعد بذلك من أقدم مواد التشييد التي عرفتها البشرية، فهو أحد المواد التي تلم بغالبية العلوم الفيزيائية والكيميائية والهندسة والبيئة... الخ لقيمتها البالغة في عصرنا ولتنامي استخداماته وتعددتها.

وبما أن منطقتنا تتميز بمادة الرمل ارتأينا أن نتناول في موضوعنا مذكرة لنيل شهادة الماستر لدراسة خواص الرمل تحت عنوان "مساهمة في دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات من رمل منطقة حاسي ميلود - ورقلة".

يتناول هذا البحث دراسة فيزيائية وكيميائية للرمل تهدف إلى معرفة بعض خصائص ومكونات الرمل من خلال تقنيات التحليل الاشعة السينية في مخبر الجامعة LRPPS ومخبر الأشغال العمومية في جنوب البلاد، والدافع لهذا البحث هو :

1 - قلة الدراسات السابقة للرمل في المنطقة من ناحية التركيبية و المكونات المعدنية .

2 - الغموض في بعض الخواص مم يؤدي إلى محدودية استعماله لتحصير في البناء .

لهذا فإننا نسعى من خلال هذه الدراسة للمساهمة في تشخيص رمل منطقة حاسي ميلود - ورقلة بمعرفة مكوناته، وأهم الخصائص المميزة له واستخدامه ومقارنة النتائج المتحصل عليها مع نتائج الدراسات السابقة بعد تطبيق بعض التقنيات عملياً حيث تتكون هذه المذكرة من ثلاثة فصول :

**الفصل الأول :** عموميات حول رمل الكثبان حيث تعرفنا على الرمل والكثبان الرملية وتعرفنا على المكون الأساسي للرمل وهو الكوارتز وأهم خصائصه وأهم استعمالاته .

**الفصل الثاني :** الطرق التجريبية الفيزيائية والكيميائية بالإضافة الى التحليل بانعراج الأشعة السينية حيث تعرفنا على المكافئ الرملي ، الكتلة الحجمية ، التدرج الحبيبي و إجهاد القص والتحليل الكيميائية هذه الطرق استخدمت على عينتنا .

**الفصل الثالث :** النتائج التجريبية وتحليلها ومناقشتها ومقارنتها مع عينات رمل أُخذت من مناطق متعددة حيث خضعت لنفس التجارب السابقة .

## الفصل الأول

### عموميات حول الرمال

## الفصل الأول: عموميات حول الرمال

### مقدمة

تعتبر الجزائر أرضا مليئة بالمفارقات و يتضح ذلك من خلال جغرافية البلاد. يسكن معظم الجزائريين على ساحل البحر الأبيض المتوسط أو غير بعيد منه. توجد جنوب هذه المنطقة، عبر المنحدرات الجافة وجبال الأطلس الصحراوية، صحراء الجزائر الواسعة.

بها واحات منعزلة هي كل ما تبقى من نظام بيئي مزدهر قديما. كما تكشف صور التقطت من الفضاء مسالك الأنهار التي جرت في القدم حيث اليوم صحراء جافة. بالرغم من ذلك، لازال ما يقارب 2 مليون من الناس ، يعيشون في الصحراء وقد طوروا أسلوب حياة يسمح لهم بالعيش والتأقلم مع إحدى البيئات الأشد قسوة في الأرض.

### 1.1. تواجد الرمل على مستوى الجزائر:

تغطي الكثبان الرملية حوالي 18% من صحراء إفريقيا [1]، والتي تعتبر الجزائر أكبر دولها مساحة. تقدر مساحة الجزائر 2.4 مليون كيلومتر مربعاً، وتحتل الصحراء أكثر من أربعة أخماس مساحتها الإجمالية. تشكل الكثبان الرملية وحدها من الصحراء ما يقارب ثلث مساحتها أي ما يعادل ربع المساحة الإجمالية للجزائر [2]، تتوفر الصحراء الجزائرية على مخزون هائل من رمال الكثبان التي تغطي أكثر من 40% من مساحتها والتي تعد مصدرا طبيعيا ، محليا ومجانيا لمادة الكوارتز التي تمثل أكثر من 70% من تركيب الرمل بالصحراء الجزائرية [3] .

تحوي الجزائر سلاسل ضخمة وطويلة من الكثبان الرملية ، وتدعى بالعروق. تتوزع هذه العروق على الصحراء من شرقها إلى غربها.



الشكل (1-1): توزيع الكثبان الرملية الصحراوية في الجزائر [4].

## I. 2. الكثبان الرملية:

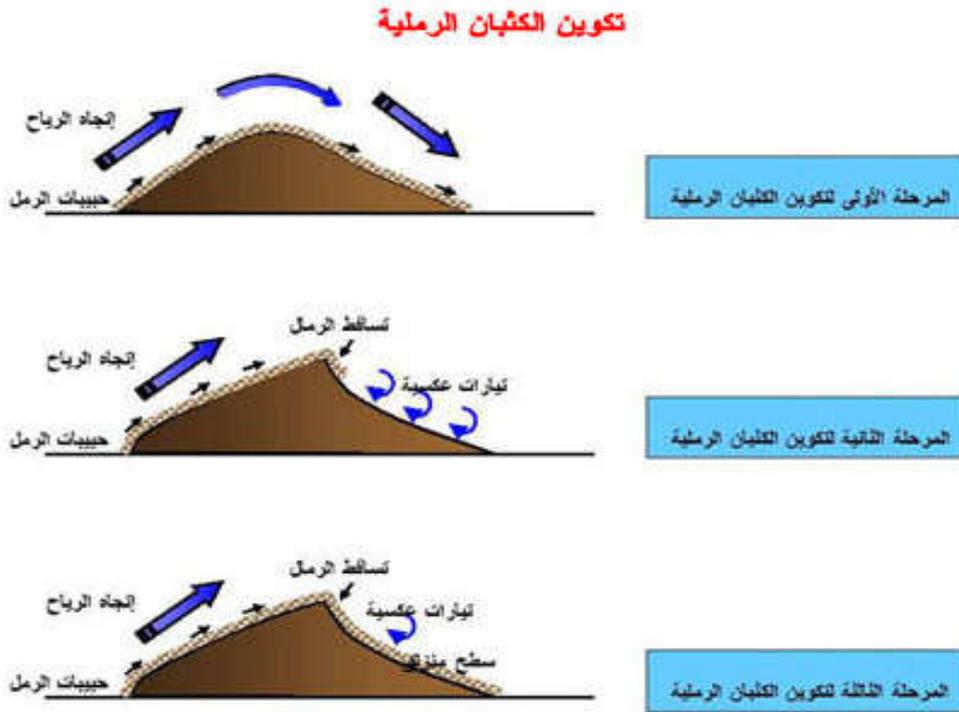
يطلق لفظ كثيب على التلال الرملية التي يختلف ارتفاعها من بضعة أقدام إلى عشرات الأمتار. وقد يكون العامل المساعد في بداية تكوين الكثيب تعرض الرياح لحاجز أو مانع في طريق اتجاهها، مثل تل، أو شجرة أو بناء ما، تعمل على عرقلة الرياح وإرغامها على إرساب حمولتها من الرمال أو إلى إضعاف سرعة الرياح وعدم قدرتها على نقل ما تحمله من رواسب، أما إذا تميزت الرياح بشدة سرعتها من ناحية وقدرتها على نقل كميات هائلة من الرمال ثم تتوقف فجأة، فقد تتكون كثبان رملية كبيرة الحجم يتراوح ارتفاعها من 50 إلى 150 مترا كما هو الحال في بعض أجزاء من الصحراء الكبرى في إفريقيا وصحراء كولورادو في أمريكا الشمالية [5].

والرمل عبارة عن مادة حبيبية موجودة في الطبيعة، حيث يتكون من حبيبات معدنية ناعمة تتراوح أبعادها عموماً بين 0.062 و 2mm. من وجهة نظر الجيولوجية يطلق على الجسيمات الفردية حبة رمل ومعظم الرمل والحجر الرملي يتكون من الكوارتز/أو الفلدسبار لأنهما الأكثر وفرة في القشرة الأرضية، تتكون الكثبان الرملية بشكل رئيسي من الكوارتز بنسبة 60 – 65%، ويحتوي على كميات قليلة من الشوائب ونسبة معتبرة من أكسيد الحديد الثلاثي  $Fe_2O_3$  وكربونات الكالسيوم  $CaCO_3$  ونسبة أكبر من أكسيد الألمنيوم  $Al_2O_3$  وهي مكونة كيميائياً من نفس مكونات الصخور التي نشأت منها [6].

### 3.I. أصل تكون الكثبان الرملية:

تتكون الكثبان الرملية نتيجة عوامل التعرية وهي تفاعل الصخور الصحراوية مع درجات الحرارة القصوى وهبوب الرياح المتواصلة مما يؤدي إلى تفكيك الصخور وتفتيتها إلى حبيبات رملية مختلفة الحجم والشكل، ويمر تكوّن الكثيب الرملي بالمراحل التالية :

1. عندما تضعف قوة الرياح، تتساقط حمولتها من الرمال متجمعة فوق بعضها وتتراكم عادة على الجانب المواجه لاتجاه الرياح، وقد يبقى بعضها في أعالي الكثيب، ويتدحرج بعضها الآخر على الجانب المظاهر للرياح.
2. تنحدر الرمال من أعالي الكثيب بفعل الجاذبية الأرضية تحت أقدام الجانب المظاهر لاتجاه الرياح، وتكوّن انحداراً شديداً بفعل التيارات العكسية، إذا ما قورن بدرجة انحدار السطح المواجه لاتجاه الرياح.
3. يظهر الاختلاف واضحاً بين كل من الانحدار البسيط المواجه للرياح والانحدار الشديد المظاهر لها، إذ تتجمع الرمال، وتنحدر تدريجياً بفعل الجاذبية على الجانب الآخر، الذي يتميز بتأثره بفعل الدوامات الهوائية، (التيارات العكسية، التي تُسهّم بدورها في ارتكاز بعض حبيبات الرمال فوق قمة الكثيب، وتحول دون هبوطها تحت أقدام الانحدار المظاهر لاتجاه الرياح[7].



الشكل (I-2); مراحل تكوين الكثبان الرملية[7].

أنواع الكثبان :

✓ الكثبان الهلالية:

وهو عبارة عن كثيب قوسي الشكل يتميز بوجود طرفين يمتدان إلى الجهة التي تندفع نحوها الرياح[7].



الشكل (I - 3): الكثبان الهلالية [7].

### ✓ الكثبان المستعرضة:

وهي عبارة عن كثافة متجمعة من الكثبان الرملية المترابطة كل منها خلف ظهر الأخرى وهذه الموجات الرملية تتكون من جانبيين في اتجاهين متضادين وسميت بالكثبان العرضية لأنها تعترض حركة الرياح السائدة وكثيرا ما تنشأ نتيجة لتلاحم الكثبان الهلالية. [7].



الشكل (I - 4): الكثبان المستعرضة [7].

### ✓ كثبان طولية:

تنشأ الكثبان الطولية بصورة موازية لاتجاه الرياح السائدة، وتبدأ هذه الكثبان دورة حياتها بكثبان هلالية في بادئ الأمر، ثم تتحول إلى طولية، حينما تتعرض إلى رياح جانبية تتقاطع مع الاتجاه العام للرياح الدائمة [7].



الشكل (I-5): الكثبان الطولية [7].

✓ كثبان نجمية:

تشكل الكثبان النجمية حينما تأتي الرياح من عدة اتجاهات ، ويتناسب عدد أذرع النجوم الرملية ، وطول كل ذراع منها مع اتجاهات الرياح السائدة [7].



الشكل (I-6): الكثبان النجمية [7].

## I. 4. خصائص الرمال :

بيئة الترسيب بالغة الأهمية لتحديد خواص الرمل الناتج عنها ، وتحدد هذه الخواص بالفحوصات المخبرية الفيزيائية والميكانيكية والكيميائية اللازمة ، التي تشتمل على فحوصات مثل انتقائية حبيباتها ، كذلك أبعاد الصخر ، التدرج الحبيبي ، شكل الحبات ، المكافئ الرملي ، ألوان الحبات ، حجم الحبيبات ومكوناتها ...إلخ.

### I. 4. 1. الخصائص الفيزيائية:

#### I. 4. 1. 1. التدرج الحبيبي:

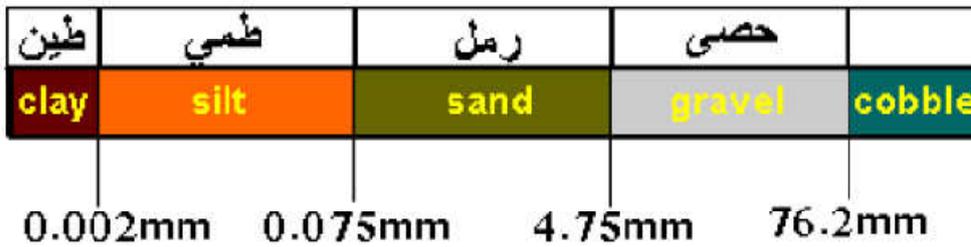
وينقسم الرمل من حيث التدرج إلى الأنواع التالية :

\*الرمل جيد التدرج: هو الرمل الذي يحتوي على النسب المناسبة من الأحجام المختلفة .

\*الرمل المتدرج: هو الرمل الذي يحتوي على معظم الأحجام بغض النظر عن نسبتها .

\*الرمل ناقص التدرج : هو الركام الذي لا يوجد فيه مقياس معين أو أكثر من الأحجام المختلفة .

ومن خلال معرفة التدرج لعينات الرمل يتم تصنيفه حسب التصنيف الأمريكي للتربة ( ASTM) D 422 ) كما يلي :



شكل (I-7): التصنيف الأمريكي للتربة ( ASTM D422 ) [8].

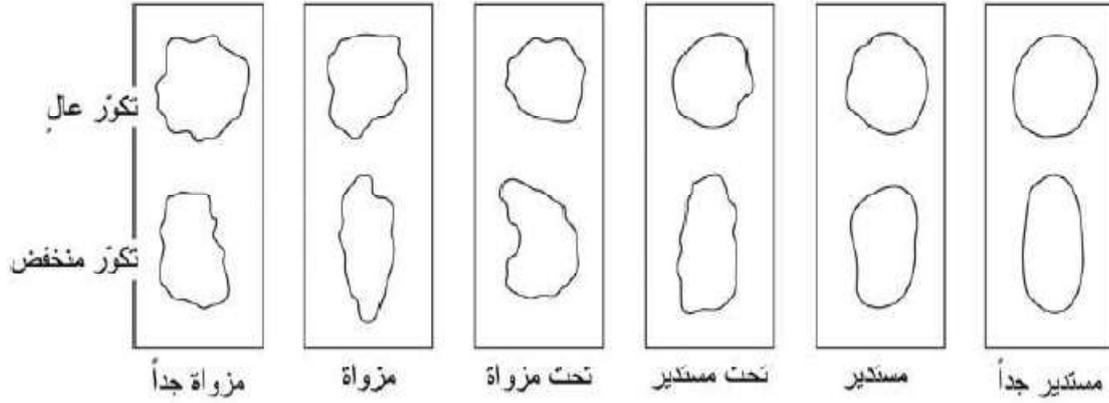
### I. 4. 1. 2. أشكال الحبات :

تأخذ حبات الكوارتز أشكالاً مختلفة ، تتحدد بمعرفة درجة تكور الحبات sphericity وتدورها roundness ، حيث يعبر التكور عن درجة اقتراب الحبة من الشكل الكروي تبعاً للنسبة بين المحاور الثلاثة للحبة

الرئيسية . فهناك الحبات الكروية و القرصية و الورقية و النصلية و القضيبية ، أما التدور فيعبر عن درجة انحناء أركان الحبة .

و بإعتبار مقياس التدور المعتمد عالمياً تقسم الحبات إلى :حبات مزواة جدا ، مزواة ، تحت مزواة ، تحت مستديرة ، مستدير ،

مستدير جدا ، حسب الشكل التالي :



الشكل (I-8): مقياس استدارة الحبات [9]

### 3.1.4.I. المكافئ الرملي:

هو وسيلة لمعرفة كميات المواد الناعمة في الرمل أو الحصى بطريقة سريعة في المخبر.

$$SE = \frac{\text{قراءة الرمل}}{\text{قراءة الطين}} \times 100 \quad (1 - I) \quad \text{حيث :}$$

### 4.1.4.I. ألوان حبات الرمل:

يعتمد لون الرمل على كمية ولون المواد الرابطة واللون العام لحبيبات المعادن المكونة له . وألوان الرمل الأكثر شيوعاً هي البني و الأحمر و الوردي وتنتج عن وجود الحجر الجيري و أكسيد الحديد وتنتج الألوان الفاتحة مثل الأبيض والرمادي عن غياب المواد الرابطة أو إنها مترابطة بمادة الكالسيوم أو الكوارتز . واللون الأصفر ، الأصفر الرملي إلى الذهبي الفاقع ، والأسمر المصفر الناتج عن خليط من الكوارتز الصافي مع الفلدسبار الحاوي على العنبر الداكن الموجود في الرمل . وإضافة المنغنيز يسبب اللون البنفسجي . والرمل [10] الأخضر ينتج عن جود الغلوكونايت .

### 5.1.4.I. حجم حبات الرمل:

تتراوح أقطارها من 0.065 مم إلى 2 مم ، أما الحبيبات التي تتراوح أقطارها ما بين 2 مم و64 مم فتدعى حصى التي تكون حبيباتها أقل من الرمل فتدعى طمي و تتراوح أقطارها بين 0.064 مم و 0.004 مم تنقسم الرمال عادة إلى خمسة فئات على أساس الأبعاد كالتالي :

- ❖ الرمل الناعم جداً ويتراوح نصف قطر حباته ما بين (1/8 – 1/16 mm) .
- ❖ الرمل الناعم ويتراوح نصف قطر حباته ما بين (1/4 – 1/8 mm) .
- ❖ الرمل المتوسط ويتراوح نصف قطر حباته ما بين (1/2 – 1/4 mm) .
- ❖ الرمل الخشن و يتراوح نصف قطر حباته ما بين (1 – 1/2 mm) .
- ❖ الرمل الخشن جداً ويتراوح نصف قطره حباته ما بين (2 – 1 mm) .

وتستند توزيع هذه الأبعاد على مقياس (Krumbein) [6].



الشكل (I-9): تصنيف حبيبات الرمل وفق الأبعاد.

#### 2.4.I. الخصائص الكيميائية (مكونات رمل الكثبان):

استخدام تقنية الفلورة بالأشعة السينية تسمح لنا بمعرفة المكونات الكيميائية وكذلك النسب الوزنية لمختلف العناصر الداخلة في تركيب رمل الكثبان ، وبين لنا الجدول (I-1) نتائج التحليل الكيميائي .

مواد أخرى	CaCO <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	الأكسيد
حوالي 5.00	0.86	0.08	1.35	6.63	86.04	النسبة الوزنية

#### الجدول (I-1): نتائج التحليل الكيميائي [11].

:

#### 5.I. المكونات الرئيسية لرمل الكثبان :

تتكون رمال الكثبان في أغلب الحالات من ثلاثة معادن رئيسية هي : الكوارتز و الجبس و الكالسييت . تعد هذه المكونات عادة أحد معايير تصنيف الرمال ، إذ غالبا ما يطغى واحد منها على الآخرين . تكون هذه المعادن في الرمال متبلورة مما يجعلها - في الأغلب الأعم - ذات طبيعة بلورية . فيما يلي بيان كل منها .

#### 1.5.I. الكوارتز: تتكون رمال الكوارتز بشكل رئيسي من معدن الكوارتز ، ومعادن أخرى ناتجة عن عملية التجوية تكون

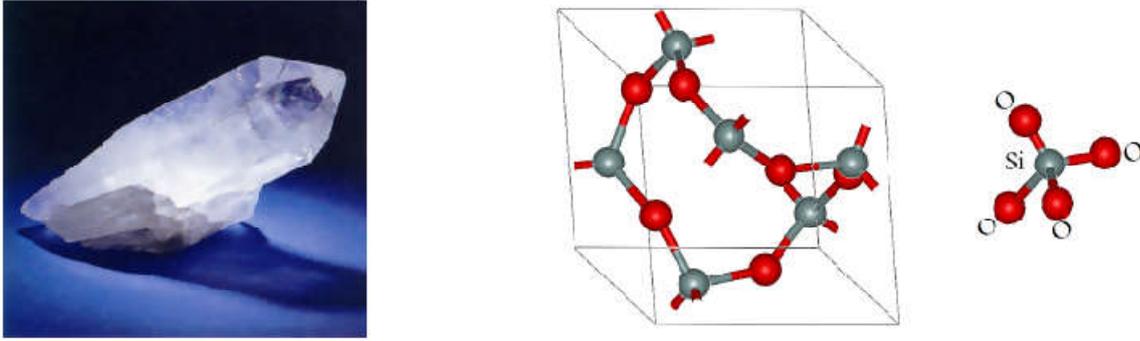
بنسبة قليلة.

يعد الكوارتز من أكثر المواد وفرة على سطح الأرض بعد الفلدسبار [12]، [13]،

(CaAlSi<sub>2</sub>O<sub>8</sub>، NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>، KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) . يتكون في الحالة العادية من بلورات سداسية الشكل

(hexagonal) ،تتكون بدورها من السيليكات (SiO<sub>2</sub>) متبلورة وفق نظام ثلاثي الميل (trigonal) [13] ،. ويعرف بالطور

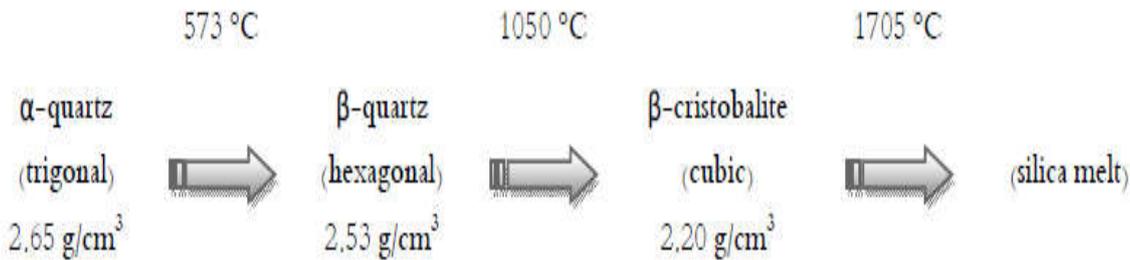
ألفا ( $\alpha$ )، وهو ناتج عن الاتصال المستمر لرباعي الوجوه  $\text{SiO}_4$ ؛ حيث تتركز ذرة سيليسيوم بين أربع ذرات أكسجين، الشكل (10-I) يوضح ذلك.



الشكل (10-I): البنية البلورية للكوارتز [12] مع صورة له [13].

الكوارتز منتشر في جميع أرجاء العالم كأحد أهم مكونات الصخور، وهو يشكل حوالي 70 من تركيب الرمل [14]

، كما يوجد كترسبات نقية . عندما يتعرض لدرجات حرارة مرتفعة في الشروط العادية دون إضافة أية مادة له ، تحدث له عدة تحولات طورية ، موضحة كما بالشكل (11- I) .

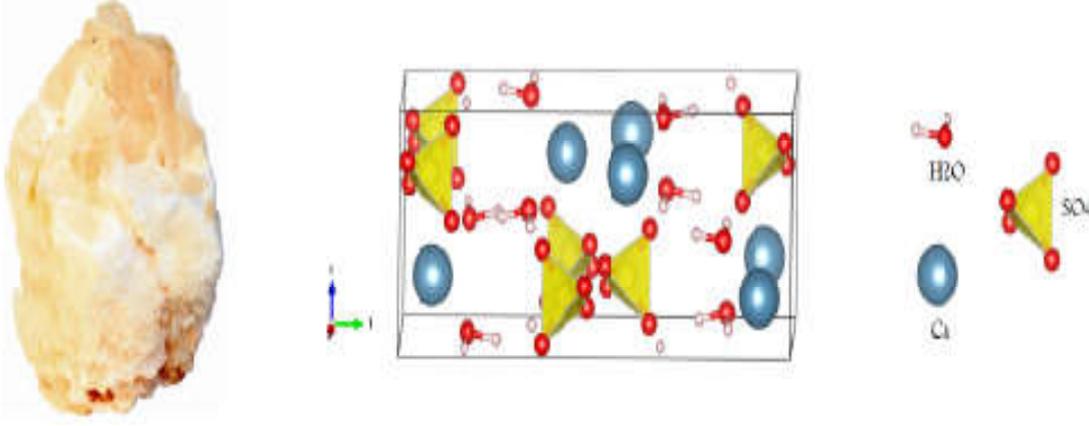


الشكل (11- I): التحولات الطورية للكوارتز [13].

يتميز الكوارتز بريق زجاجي ، ويكون بألوان متعددة ، كالوردي والأسود والشفاف و...، وذلك نتيجة اختلاف التركيب الشبكي واختلاف نوعية الشوائب ونسبتها [13]، وتُظهر بلورات الكوارتز خاصية تعرف باسم الكهربائية الضغطية [13]؛ حيث أنها تنتج كهرباء عند ضغطها ، مما جعلها تُستخدم في الساعات الدقيقة وأجهزة البث الحديثة . تُستخدم بلورات الكوارتز أيضا في صناعة المجاهر المستقطبة [13].

2.5.I. الجبس أو الجص: هو أحد أهم المعادن الكبريتية المنتشرة بكثرة في الطبيعة ، فهو كبريتات الكالسيوم المائية ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ، ويتواجد في الصخور الرسوبية ، حيث يتكون نتيجة ترسب كبريتات كالسيوم ماء البحر، ويكون في

العادة مصاحبا لترسبات أخرى مثل الـ halite (الملح الصخري NaCl) و الـ  $(CaSO_4)$  ، بالإضافة إلى الحجر الكلسي [13] .، كما يتواجد أحيانا في باطن الأرض على أعماق تصل إلى 350مترا [16]، يتبلور الجبس وفق نظام بلوري أحادي الميل (monoclinic) [25] ، الشكل (12-I) [17] .

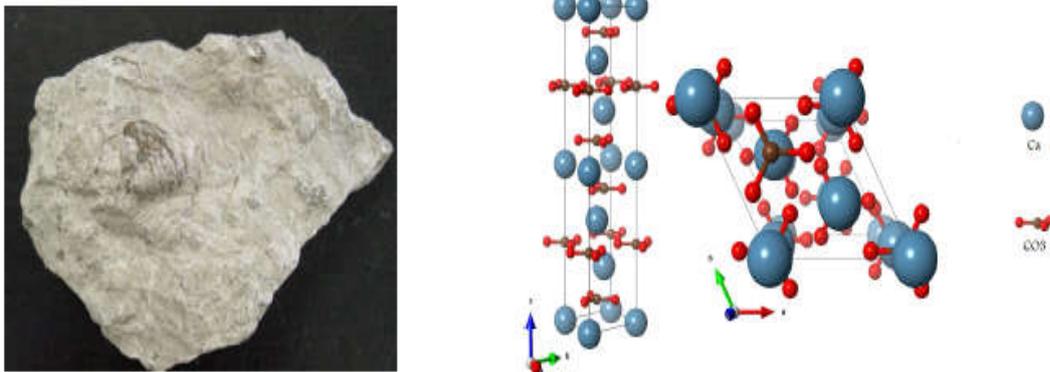


الشكل ( 12- I ): البنية البلورية للجبس [18] وصورة له [13]

### 3.5.I. الحجر الكلسي أو الكالسيت [13]

هو صخر رسوبي يتكون بشكل رئيسي من كربونات الكالسيوم ( $CaCO_3$ )، يكون عادة على شكل كالسيت أو أراجونيت (aragonite).

يستقر الكالسيت عند درجات حرارة أقل من  $850^{\circ}C$  تحت نظام بلوري ثلاثي الميل (trigonal)، الشكل (13 -I)



الشكل (13-I): البنية البلورية للكلس [18] وصورة له [13].

الجدول (2-I) يوضح أهم الخصائص الفيزيوكيميائية لمكونات الرمل الأساسية:

الجدول (2-I) بعض الخواص الفيزيوكيميائية لمكونات الرمل الأساسية [19-20-21]:

الخواص الفيزيوكيميائية		الكوارتز	الجبس	الكالسيت
الصيغة الكيميائية		SiO <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub>
الكتلة المولية (g/mol)		60.085	172.173	100.089
الحجم المولي (cm <sup>3</sup> )		22.688	74.440	36.9257
قابلية الذوبان		غير قابل	في حمض HCl مع التسخين	في الأحماض المخففة
صلابة (هوس)		7	2-1.5	3
الكثافة (g/cm <sup>3</sup> )		2.648	2.313	2.7106
التبلور		Trigonal hexagonal	monoclinic	Trigonal
أبعاد الخلية البلورية	a (A°)	4.9134	5.670	4.9896
	b(A°)	-	118.60	-
	c(A°)	5.4052	6.533	17.0610
	β (°)	-	118.60	-
المجموعة الفضائية		P3 <sub>2</sub> 21 or P3 <sub>1</sub> 21	I2/a	R3c
اللون		شفاف، وردي، أسود..	أبيض، شفاف، أسود، أصفر، أخضر، ...	أبيض
البريق		زجاجي - شمعي	زجاجي إلى حريري، لؤلؤي، أو شمعي	زجاجي إلى لؤلؤي على سطح الإنقسام
الشفافية		شفاف إلى معتم تقريبا	شفاف إلى نصف شفافة	شفاف إلى نصف شفاف
قريبة الانكسار		1.543-1.554	1.519-1.530	1.486-1.660
المقاومية الكهربائية (Ωm)		10 <sup>12</sup> ×4- 10 <sup>16</sup> ×2	1.21× 10 <sup>14</sup>	2 في 10 <sup>12</sup>
درجة الإنصهار (°C)		1705-1713	-	-

## 6.I. أهم العناصر النادرة في الصحارى ومجالات الاستخدام:

- أكسيد التيتانيو ( $TiO_2$ ) ويمكن استخدامه في صناعة الطيران و المركبات الفضائية كما يستعمل كسبيكة مع عدد كبير من المعادن لإعطائها المتانة و الصلابة ومقاومة الصدأ.
- أكسيد الزركونيوم ( $ZrO_2$ ) يستعمل في الصناعات الميتالورجية (التعدينية) لأنه يعطي لسبائك الحديد الصلب القدرة على مقاومة الصدمات والصدأ وهذا ما يفسر استعماله الواسع في صناعة السيارات، كما يستعمل الزركون في المفاعلات الذرية وصناعة السيراميك والزجاج.
- أكسيد الثوريوم ( $ThO_2$ ) هو أحد الفلزات الثقيلة التي تستعمل في فتائل الإضاءة وفي مصابيح الكيروسين كما يستعمل في المفاعلات النووية.
- أكسيد النيوبيوم ( $Nb_2O_5$ ) يستعمل في الصناعات التعدينية ، الصناعات الإلكترونية والنووية ويتضاعف الاستهلاك العالم له بصورة سريعة بسبب ازدياد الطلب عليه واتساع مجالات استخدامه.
- العناصر الأرضية النادرة (EER) وهي تضم مجموعة عناصر تتشابه في صفاتها الفيزيائية و خواصها الكيميائية ولها أهمية بالغة في الصناعات الحديثة خاصة في المجالات العسكرية والإلكترونية الدقيقة وفي مجالات البرمجة والفضاء والطاقة النووية بالإضافة إلى صناعة الزجاج والسيراميك و الصناعات التعدينية [7].

## الفصل الثاني

# الطرق التجريبية و التحليل الطيفي

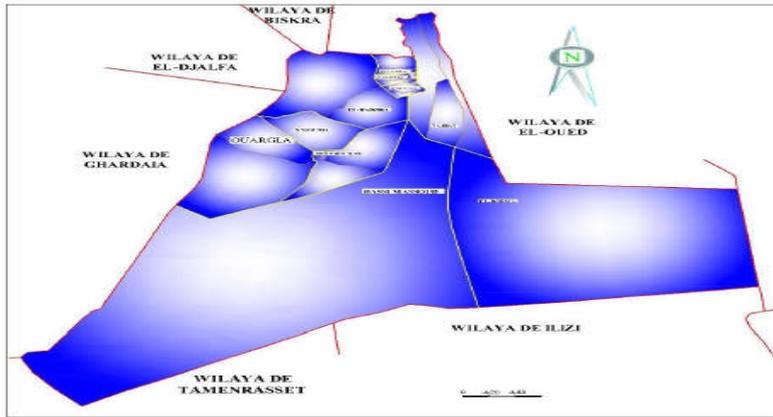
## الفصل الثاني : الطرق التجريبية و التحليل الطيفي

هناك العديد من طرق التحليل الفيزيائية والكيميائية للمواد ، وتعتبر طرق التحليل الطيفي من أكثر التقنيات انتشارا المستخدمة من قبل الباحثين من أجل التحليل البنيوي و الكمي لسهولتها ودقتها العالية وتعدد تطبيقاتها ، لاعتمادها في التحليل على دراسة وقياس التأثير المتبادل بين المادة والإشعاع الكهرومغناطيسي ، حيث يمكننا الحصول على معلومات نوعية (تحديد عناصر خاصة ) ، وكذا نتائج التجارب على عينة الرمل .وقد استخدمنا خلال دراستنا احدى الطرق الطيفية وعلى قياسات فيزيائية وكيميائية سنحاول شرح هذه الطرق والقياسات كما يلي :

### 1.II. نبذة عن منطقة الدراسة :

تتسم منطقة ورقلة عن غيرها من مناطق الجزائر بالخيرات الطبيعية لاحتوائها على الحقول البترولية النشطة المغطاة بالكثبان الرملية المتصلة ببعضها البعض كسلاسل رملية تربط بين ثلاث دول هي : الجزائر، تونس وليبيا تسمى بالعرق الشرقي الكبير فهي القلب النابض للجزائر و تنصدر قائمة أغنى مناطق إفريقيا وتقع ورقلة شمال شرق الصحراء الجزائرية.

وتتربع الولاية على مساحة 283943 كلم<sup>2</sup> (11.78% من مساحة الوطن )، تتوسط إقليما مميذا يقع على خط عرض 28° و 32° شمالا و 4° و 8° شرقا بالنسبة لخط الطول وعلى ارتفاع 128 متر من مستوى سطح البحر، كما تتكون الولاية من 8 دوائر و تحوي 21 بلدية أما مدينة ورقلة لها مساحة تقدر ب : 2887 كلم<sup>2</sup> وهي مقر الولاية [22].



الشكل (1-II): يبين حدود مدينة ورقلة.المصدر: (9) مديرية التعمير والبناء (P.D.A.U) [22]

قمنا بأخذ عينة الرمل من منطقة حاسي ميلود الواقعة في الشمال الشرقي لمدينة ورقلة بخط طول 5.8586 و عرض 32.6202 على بعد 10 كلم من دائرة أنقوسه الواقعة في الشمال الشرقي، وهي منطقة رملية بامتياز.

و لأجل دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينة من رمل منطقة حاسي ميلود قمنا بالتجارب التالية: المكافئ الرملي، التدرج الحبيبي، الكتلة الحجمية و اجهاد القص الخاصة بالشق الفيزيائي أما في الشق الكيميائي قمنا بتحليل كيميائية كما سنعرج على الأشعة السينية:

## 2.II. القياسات الفيزيائية و الكيميائية :

### 1.2.II. القياسات الفيزيائية :

#### 1.1.2.II. المكافئ الرملي (Equivalent de sable):

وضعت تجربة القياس المكافئ الرملي موضع التنفيذ في الولايات المتحدة الامريكية عام 1950 من قبل العالم هفيم لدراسة خواص التربة وهي تجربة مستعملة بكثرة في مختبرات الطرق وتهدف إلى تعيين نسبة الشوائب للمواد الغضارية والطينية والعناصر الناعمة جدا الموجودة مع الرمل والحصى المستعملين في البيتون .

تنفصل العناصر الغضارية والناعمة جدا عن حبات الرمل وتطفو عن حبات الرمل وتطفو على سطح السائل المستعمل في غسل الرمل وحساب قيمة المكافئ الرملي نقيس نسبة على المجموع الكلي للمواد بما فيها الشوائب لنحصل على نسبة مئوية فعلية لكمية الرمل النظيف [23].

$$SE = \frac{\text{قراءة الرمل}}{\text{قراءة الطين}} \times 100 \quad (1-II)$$

✓ الأدوات المستعملة :



مجموعة سيفون



قضيب معدني



إسطوانات بلاستيكية



ميكاتية



قمع



حاوية معدنية



هزاز ميكانيكي

الشكل (II-2): مجموعة من الأدوات الخاصة بالمكافئ الرملي

### ✓ طريقة تحضير محلول كلوريد الكالسيوم:

يتركب المحلول المستخدم في هذه التجربة من 557 غ كلوريد الكالسيوم و 2510 غ جليسرين و 57.5 غ فورمالدهيد توضع في حوجلة سعتها 5 ل ويضاف إليها 2 ل ماء مقطر وترج الحوجلة بقوة ثم تترك فترة حتى تبرد ويضاف إليها الماء المقطر حتى يصل المجموع إلى 5ل. وعند إجراء التجربة يضاف 25 سم<sup>3</sup> من هذا المحلول إلى كل 1 لتر ماء يستخدم في التجربة. ويتم الاحتفاظ بالمحلول لمدة 28 يوم فقط.

### ✓ خطوات العمل

نمرر عينة من الرمل على المنخل رقم 5mm ونقسمها إلى ثلاث كميات ، في كل كمية 120g في علب معدنية بعد تجفيفها في فرن التجفيف بدرجة حرارة 110° حتى الوصول إلى الوزن الثابت .  
نملئ الاسطوانة الثلاثة والتي تكون شفافة مدرجة وقطرها الداخلي 3.2cm وارتفاعها 43cm بمحلول كلوريد الكالسيوم حتى الارتفاع 10cm ، نسكب عينة الرمل المجهزة من علبة القياس باستخدام القمع ثم يدق أسفل الاسطوانة على الطاولة برفق عدة مرات لإخراج الفقاعات الهوائية .  
تترك الاسطوانة لمدة 10 دقائق (ينقع الرمل ) ثم يغلق الأنبوب بسدادة ، بعد انتهاء المدة يوضع على هزاز ميكانيكي ونرجها 90 دورة خلال 30 ثانية، بعد الانتهاء ندخل أنبوبة نحاسية يمر عبرها المحلول السابق ونغسل جوانب الأنبوب وصولاً إلى القاع مع إمالة الأنبوب وتدويره وترفع عندما يصل ارتفاع المحتوى إلى 38cm ثم يترك الخليط 20 دقيقة (يترسب) كما هو موضح في الشكل (3-II) .



### الشكل (3-II): صورة توضح تجربة المكافئ الرملي

بعد مرور مدة الترسيب نقرأ ونسجل المنسوب الأعلى للمزيج الغضاري وتعتبر قراءة الغضار أو الطين أما قراءة الرمل فندخل القضيب المعدني والذي في نهايته السفلى مخروط ارتكاز للاستناد على طبقة الرمل وفي نهايته العليا اسطوانة ذات وزن معياري و بينهما حلقة قياس ونسجل النتائج بأخذ القيمة المتوسطة حيث يكون الرمل الجيد يتجاوز النسبة .60

## II.2.1.2. الكتللة الحجمية الظاهرية (Masse volumique apparente) :

هو وزن كتلة الحجم من المادة وتشمل فراغات الحبيبات وبينها وهو قسمة وزن الركام على الحجم الذي يشغله هذا الركام والهدف من هذه التجربة تعيين الكتللة الحجمية الظاهرية للرمل.

### ✓ الأدوات المستعملة



ميزان الرمل



ميزان الكتروني

### الشكل (II-4): الأدوات المستعملة في الكتللة الحجمية

### ✓ طريقة العمل

بالميزان الالكتروني وزن حاوية معدنية صغيرة 53.37g وحجمها  $161.24\text{cm}^3$  وبجهاز خاص نملاً جزءه العلوي والذي يشبه القمع و مغلق من الأسفل بالرمل والحاوية الصغيرة تثبت في الأسفل ثم نفتح القمع فينزل الرمل حتى تمتلئ الحاوية وبواسطة مسطرة ننزع الرمل الفائض على الحاوية نعيد التجربة أربع مرات ثم نزن في كل مرة الكل (رمل+الكأس) ونسجل النتائج .

## II.3.1.2. التدرج الحبيبي (Granulometrique des granulats) :

يقصد باختبار التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض، أي التوزيع الحجمي لحبيبات الركام . ويكون ذلك باستخدام التحليل بالمناخل Sieve Analysis بواسطة مجموعة من المناخل مرتبة حسب مقاس فتحتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرها مقاسا من الأعلى [24] .

والغرض منه تعيين تدرج حبيبات التربة حتى مقياس الرمل الناعم والطريقة التي تتبعها كالتالي:

✓ الأدوات المستعملة :



ميزان الكتروني



مناخل



فرن التجفيف

الشكل (II-5): مجموعة من الادوات المستعملة في التدرج الحبيبي

✓ طريقة العمل

نحضر عينة من الرمل تزن حوالي 600g، نغسل هذه العينة بالماء على المنخل رقم 80  $\mu$  (ميكرون) لتنظيفها من الغبار. ثم نجففها في الفرن لمدة 24 ساعة في درجة حرارة حوالي  $70^{\circ}\text{C}$ . بعدها يتم تمرير هذه العينة بواسطة مجموعة من الغراييل (المناخل) المتتالية من الخشن إلى الدقيق بعد هزها يدويا نقوم بتحديد وزن التربة المتبقية على كل منخل ونحسب النسبة المئوية لكل جزء متبق وذلك بقسمة هذا الوزن على الوزن الإجمالي للعينة. ثم يتم حساب النسبة التراكمية للتربة المتبقية على المناخل ، ونسجل النتائج المتحصل عليها .

## II.4.1.2. تجربة القص المباشر للتربة:

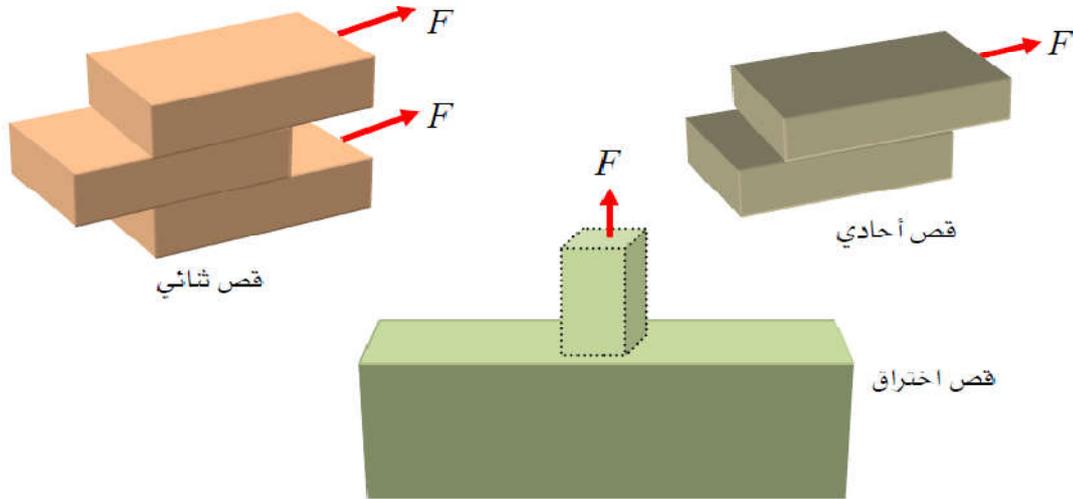
### 1. مقاومة التربة للقص:

إن تحمل التربة للقص هي المقاومة الداخلية لحبيباتها نتيجة اجهادات خارجية مقسوما على مساحة حبيبات أو كتلة التربة على طول خط الانهيار. وتقوم مقاومة التربة للقص على ركيزتين أساسيتين هما :

1- الاحتكاك الداخلي بين أسطح حبيبات التربة .

2- التماسك (التلاصق) الطبيعي بين حبيبات التربة .

وهاتين الركيزتين قد تكون مجتمعمة أو منفردة لتشكيل نوع التربة. فعندما تنعدم الركيزة الثانية . أي أن التربة عديمة التماسك: فإنها عندئذ تكون تربة رملية. وعندما تكون الركيزة الثانية هي الأهم: فإن التربة طينية. وقد يكون قص التربة على سطح واحد ويسمى في هذه الحالة بالقص الأحادي، وقد يكون قص ثنائي عندما يكون تأثيره على سطحين، أما في حالة حدوث القص على مجموعة من الأسطح فيطلق عليه قص اختراق ، كما في الشكل(II-6)[25].



الشكل(II-6):أنواع من حالات قص التربة

### 2.معادلة كولوم لقص التربة:

أوجد العالم كولوم معادلة توضح كيفية استنتاج مقاومة قص التربة من خلال علاقة خطية بين إجهاد القص و الإجهاد العمودي المناظر له على مستوى القص . فإجهاد القص ( $\tau$ ) هو نتيجة قوة القص ( $F$ ) مقسوما على مساحة سطح القص ( $A$ ) ، أي أن :

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2 - II)$$

بينما الإجهاد العمودي لقص التربة ( $\sigma$ ) هو نتيجة القوة العمودية ( $N$ ) مقسوما على مساحة سطح القص .

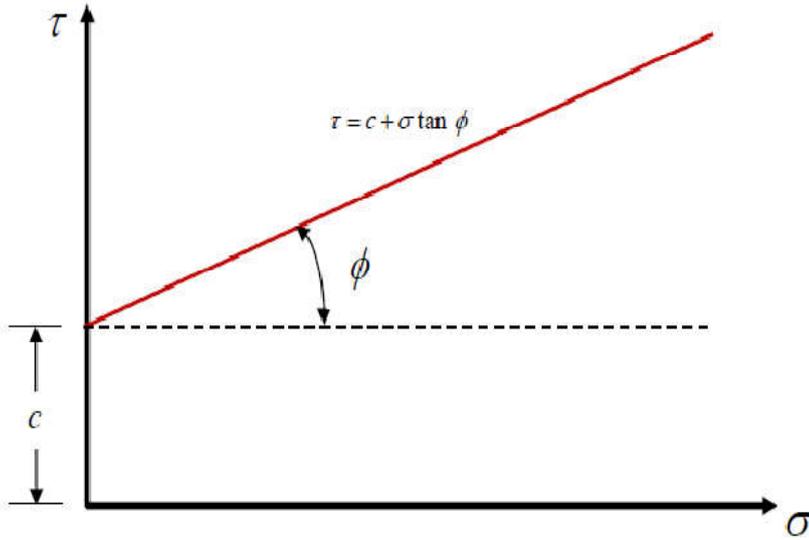
$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (3 - II)$$

وبتالي فإن معادلة كولوم لمقاومة قص التربة تأخذ العلاقة الخطية التالية :

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (4 - II)$$

حيث  $c$  يرمز لمقدار تماسك التربة ، والزاوية  $\phi$  تمثل زاوية الاحتكاك الداخلي لمقاومة قص التربة [25].

ويمكن أن تمثل معادلة كولوم كما في الشكل (7-II).



الشكل (7-II): تمثيل معادلة كولوم لمقاومة قص التربة

ويعرف الخط المرسوم في الشكل (7-II). بمغلف الانهيار Failure Envelope والذي يمكن الحصول عليه من مجموعة اختبارات لمقاومة قص التربة ل [25].

## 3. الأجهزة المستخدمة Apparatus :

## ✓ جهاز القص المباشر:

ويتألف من وعاء صندوق (صندوق القص) ذي نصفين السفلي ثابت والعلوي متحرك ومتصل بجهاز التحميل الأفقي وملحق به عدد من العدادات لقياس مقدار الحمل الأفقي المطبق على العينة والإزاحة الأفقية والهبوط الرأسي الموضحة في الشكل (II-8).



الشكل (II-8): يمثل جهاز القص المباشر

## ✓ صندوق القص:

يتألف صندوق القص بدوره من جزأين أحدهما يبقى ثابتاً أثناء تطبيق قوة القص، بينما يتحرك الجزء الآخر. تحدد المسافة الفاصلة بين جزئي صندوق القص، عن طريق تدوير براغي التثبيت التي تصل بين الصندوقين والتي تسمح بفصل الجزء العلوي عن السفلي بمقدار بسيط 0.1 مم. يمنع هذا الفاصل (الشق) احتكاك جزئي الصندوق على بعضهما البعض. تزود الأجهزة الحديثة بسكة يتحرك عليها الصندوق العلوي. حيث تهدف هذه السكة إلى منع دوران الجزء العلوي أثناء زلق الصندوق السفلي على العلوي لتجنب تسجيل نتائج قياس خاطئة [26].



الشكل (II-9): صورة صندوق القص

✓ خطوات العمل:

- 1- تؤخذ عينة من الرمل الجاف تكفي لثلاث أو أربع تجارب.
- 2- يثبت الجزء السفلي والعلوي للصندوق بواسطة مسمار تثبيت يمكن نزعها قبل إجراء الاختبار. ومن ثم توضع العينة في الصندوق.
- 3- يراعى قبل رص العينة في القالب شد برغي التباعد (يخترق برغي التباعد النصف العلوي من علبة القص، ويرتكز على النصف السفلي عند رأس البرغي، وذلك لتصغير سطح الاحتكاك بين جزئي الصندوق).
- 4- ترص التربة على طبقات، إلى أن تصل إلى الكثافة المطلوبة، ثم يسوى سطحها العلوي.
- 5- يوضع الحمل الرأسي على سطح العينة وينزع مسمار التثبيت ليبدأ الاختبار بعد ضبط مقياس حلقة المعايرة على الصفر وضبط مقياس الحركة الرأسية وتؤخذ قراءات مقياس المعايرة والحلقة الرأسية كل 0.25 والموضحة في الشكل (II-10).



الشكل (II-10): عداد القياس

- 6- تزال العينة من الصندوق وتوضع عينة أخرى وتعاد نفس الخطوات السابقة مع استعمال قيم مختلفة، وتكرر التجربة أيضا على عينة ثالثة مع استعمال قيم مختلفة للحمل الرأسي، ويستمر ذلك حتى نحصل على قوة قص ثابتة.

## II.2.2. التحاليل الكيميائية (Analyse chimique):

الكيمياء في التربة هي العلم الذي يختص بدراسة الخواص الكيميائية لعناصر التربة المختلفة مع محاولة تعديلها إذا لزم الأمر لتفي بمتطلبات النبات على تقليل كمية التلوث الناجمة عن العناصر السامة الموجهة للتربة والمياه [27].

وتهدف من خلال التجارب التي سنقوم بها إلى تحديد بعض المركبات الكيميائية في عينة الرمل المتمثلة في الكبريتات ، الكربونات والأملاح كالتالي :

## ✓ الأدوات المستعملة :



أوراق الترشيح



قمع



ميزان حساس



بوتقة



حوجلة



بيشر

الشكل (II-11): مجموعة من الأدوات المستخدمة في التحاليل الكيميائية

✓ الكواشف المستعملة:

نوع الكاشف	المركبات التي تم الكشف عنها
كلوريد الباريوم ( $BaCl_2$ )	الكبريتات (السلفات)
الفينول فتالين	كربونات الكالسيوم
كرومات البوتاسيوم ( $K_2CO_4$ )	الأملاح

الجدول (1-II): نوع الكواشف المستعملة

✓ تحضير العينة : نغريل عينة الرمل في المنخل 0.2mm .

### 1.2.2.II. تحديد محتوى الكبريتات (السلفات):

نأخذ 1g من العينة نضعها في بيشر سعته 250ml ثم نضيف 100ml من حمض كلور الماء (HCl) مخفف 10% بعدها نضعه يسخن من 4 إلى 5 دقائق. بعد التسخين نتركه يبرد لمدة 15د ثم نرشحه في ورقة ترشيح رقم 541.

بعدها، المواد الغير مذابة (المتبقية في ورق الترشيح ) نضعها في بوتقة، نجففها ثم ندخلها في الفرن (تحترق) في درجة حرارة  $900^{\circ}C$  مدة 15د الشكل (12-II).



الشكل (12-II): احتراق المواد غير المذابة

والمواد المذابة (المرشحة) نضيف لها الماء المقطر حتى 250ml ونمزج الكل للحصول على محلول متجانس. نأخذ 100ml من هذا المزيج نضعه في بيشر ونضيف له 10ml من كلورالباريوم  $BaCl_2$  مخفف 5% نسخته من 4 إلى 5 دقائق ونضعه يبرد لمدة 15 دقيقة ثم نقوم بترشيحه كما فعلنا سابقا والمواد المتبقية في ورق الترشيح نضعها في بوتقة ، نجففها ثم ندخلها الفرن لكي تحترق في درجة حرارة 900 مئوية لمدة 15د .المركبات التي سيتم حسابها:

- $SO_3^{2-} = 34.3 \times (P_2 - P_1) / P_0 \times 100$
- $CaSO_4 = 184.23 \times (P_2 - P_1) / P_0 \times 100$

### 2.2.2.II. تحديد نسبة الكربونات:

نأخذ 0.5g من العينة نضعها في بيشر نضيف لها 10ml من حمض كلور الماء HCl وثلاثة قطرات من الفينول فتالين تركيزه 10% ونسخنه قليلا وبواسطة جهاز بالاضافة الى الباروماغنيتيك يساعد على المزج. ثم نقوم بمعايرة حمض أساس ( هيدروكسيد الصوديوم NaOH ) ونراقب المحلول حتى يصبح لونه بنفسجي بعدها نتوقف ونقرأ الحجم  $V_{NaOH}$  ونقوم بتسجيل النتائج .

### 3.2.2.II. تحديد محتوى الاملاح:

نأخذ 50g من العينة السابقة نضيف لها 100ml من الماء المقطر ثم نضعها على رجاج كهربائي مدة 24 ساعة 150 دورة كما هو موضح في الشكل (II-13) ثم نرشحها و نأخذ 10ml من المذاب نضيف له قطرتين من  $K_2CO_4$  مخفف 10% ونخضعه للمعايرة كالسابق ب  $AgNO_3$  وبواسطة جهاز يتم مزج المحلول حتى يصبح لونه أصفر ونتوقف. بعدها نحسب المركبات  $Cl^-$  و  $NaCl$  ونسجل النتائج .



الشكل (II-13): صورة توضح الرجاج الكهربائي

### 3.II. تقنية انعراج الأشعة السينية :

#### 1.3.II. حيود الأشعة السينية (DRX)

لقد اكتشف الأشعة السينية ( X ) رونتجن (welhelem Roentgen) سنة 1895 ولقد أعطاها هذا الإسم المجهول لعدم معرفة طبيعة هذه الأشعة في هذا الوقت .

تعرف الآن الأشعة السينية (X) بأنها تتكون من موجات كهرومغناطيسية (أو فتونات) بطول موجة حوالي واحد أنجستروم ( $10^{-10}$  m).

ولقد برهن عمليا أن موجات الأشعة السينية لها جميع خصائص الظاهرة الموجية كالتداخل (interference)، الحيود (diffraction)، الاستقطاب (polarization) وكلنا يعرف أن للأشعة السينية (X) تطبيقات طبية وعلمية عديدة [28].

### 2.3.II. طبيعة الأشعة السينية :

نسمي الأشعة X تلك الاشعاعات المحصورة بين  $50\text{A}^\circ - 0.02$  تقريبا. هذه الحدود ليست دقيقة، لأن طريقة انتاجها هي التي تحدد هذه الأشعة، تتولد هذه الأخيرة من قذف سطح صلب بإشعاعات مهبطية أو حزمة الكترونات مسرعة بواسطة فرق كمون متغير بين  $10^3 - 10^6$  Volt .



### الشكل (II-14): الأشعة السينية في سلم الأطوال الموجية [29].

مجموعة الاشعاعات الكهرومغناطيسية تملك أساسا طبيعة مشتركة تميزها في تفاعلاتها مع المادة، الوسيط الذي يخص كلا منهما : طول الموجة أو الطاقة للفوتون ، الذي هو جسيم ذو كتلة معدومة، غير مشحون، وينتقل بسرعة الضوء وينقل كمية طاقة E محدودة .

تمتلك الأشعة السينية ككل أشكال الطاقة المنبعثة خاصية مزدوجة موجية و جسيمية ، يمكن تشبيهها في الحالة الثانية بمجموعة جسيمات تنتشر بسرعة الضوء C وتعطى طاقتها ب :

$$E = hv = \frac{hc}{\lambda} \quad (5 - II)$$

حيث  $h=6.626.10^{-34}$  J.s ثابت بلانك

$C=3.10^8$  m/s سرعة الضوء في الفراغ

$\lambda$ (m) طول الموجة

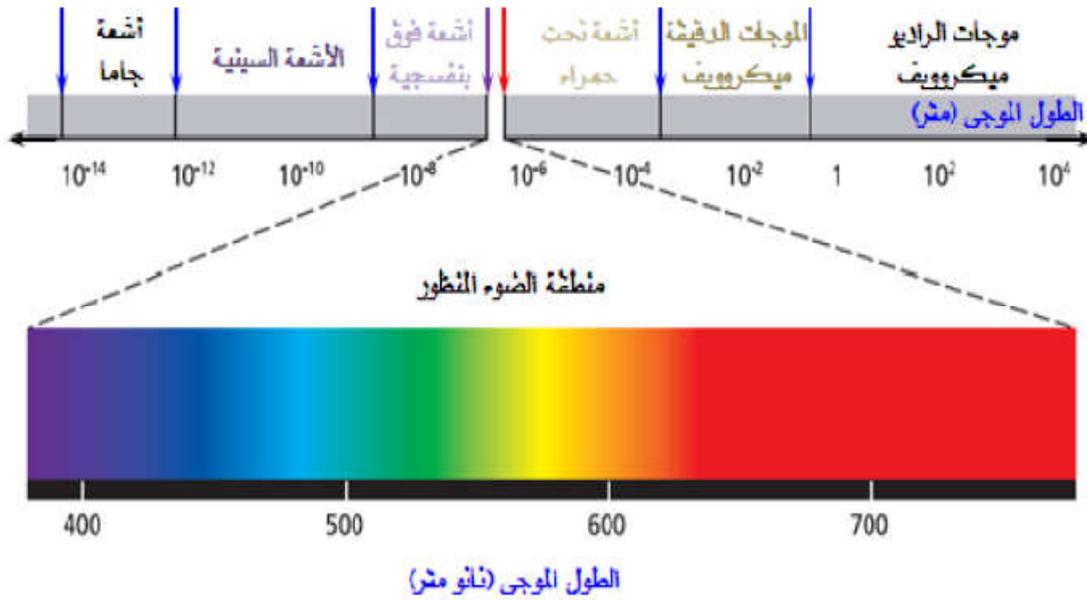
وبادخال القيم العددية نحصل على علاقة بسيطة بين الطاقة والطول الموجي :

$$E(\text{eV}) = \frac{12398}{\lambda} (\text{\AA}) \quad (6 - \text{II})$$

### 3.3.II. الأشعة السينية الإنتاج و الخصائص :

#### 1.3.3.II. الأشعة السينية [30] :

الأشعة السينية جزءا من الأشعة الكهرومغناطيسية ، وتنطلق الأشعة السينية في الفراغ بسرعة تقترب كثيرا من ثلاثمائة ألف كيلو متر في الثانية بصرف النظر عن طاقتها  $2.9972458 \cdot 10^8 \text{m/s}$  والموضح في الشكل التالي:



الشكل (II-15): يوضح الطيف الكهرو مغناطيسي وموقع الأشعة الأشعة السينية منه.

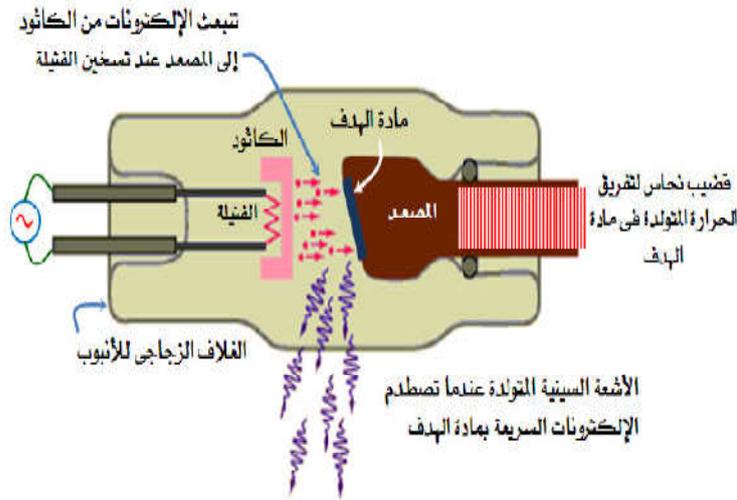
والأشعة السينية لا يمكن استشعارها بواسطة حواس الانسان ( لا يمكن رؤيتها، أو لمسها، أو شمها، أو تذوقها، أو سماعها ) كما لا يمكن تغيير مسارها المستقيم في الفراغ بواسطة المجالات الكهربائية ، أو المغناطيسية المعتادة ، ولكن يمكن أن تحيد عن مسارها عند السطح الفاصل بين مادتين مختلفتين ، أو عند التصادم مع جسيمات أولية ، مثل الالكترونات ، لذلك يمكن أن تحيد الأشعة عن مسارها اذا سقطت بزوايا على البلورات.

### II.3.3.2. مصادر الأشعة السينية :

تنحصر مصادر الأشعة السينية منذ اكتشافها الى يومنا هذا ، في مجموعتين : مصادر طبيعية ومصادر صناعية ، فأما المصادر الطبيعية فتتمثل في النجوم الملتهبة الموجودة في أنحاء متفرقة من الكون ، ولكن المصادر الصناعية للأشعة السينية بمثابة أجهزة خاصة صنعها الانسان ، لتتوافق مع الأغراض الحياتية المختلفة . و حري بالذكر أنه مهما اختلف تصميم الأجهزة فان مقومات الحصول على الأشعة السينية ثلاثة : مصدر للإلكترونات ، ووسيلة لزيادة طاقة حركة تلك الإلكترونات ، بالإضافة الى جسم مادي صلب تصطدم به الإلكترونات بعد تعجيلها ، ويسمى " الهدف " وهذه المكونات الثلاث توجد في أبسط صورها داخل أنابيب مفرغة من الهواء الى أقصى حد ممكن ، ولذلك فان هذه الأنابيب تمثل الجزء الرئيس في أجهزة إنتاج الأشعة السينية العادية . وتختلف الأنابيب التي تنتج الأشعة في الشكل ، وربما في التفاصيل الداخلية طبقا لنوع التطبيق ، ولكنها تتفق في أساس العمل [30] .

### II.3.3.3. أنابيب الأشعة السينية:

أنابيب الأشعة السينية اما أن تكون محكمة الغلق ، أو متصلة بمضخة تفريغ لحفظ الضغط الداخلي عند قيمة معينة منخفضة جدا مقارنة بالضغط الجوي. ويوضح الشكل رقم (II-16) المكونات الأساسية لأنابيب الأشعة السينية.



الشكل (II-16):رسم توضيحي مبسط لأنبوب الأشعة السينية ذات المصعد الثابت، والفتيلة الساخنة

- 1- دائرة الكاثود تتضمن فتيلة مغلقة بقناع الكاثود ( الفتيلة عبارة عن سلك رفيع جدا من مادة تتمتع بدرجة انصهار عالية حتى لا تتلف بسرعة مع ارتفاع درجة حرارتها ) .
- 2- المصعد يتضمن مادة الهدف في مواجهة الكاثود وتكون مائلة بزاوية على مسار الإلكترونات المعجلة القادمة من الكاثود .

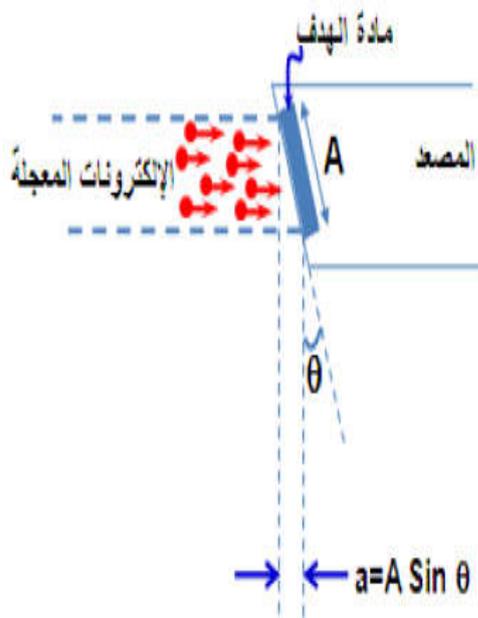
3- مصدر مستمر للطاقة الكهربائية بسبب فرق جهد كهربي كبير بين طرفي الأنبوب أثناء التشغيل ، بشرط أن يكون المصدر موجبا بالنسبة للكاثود . فرق الجهد الكهربي يصل إلى عشرات الآلاف من الفولت. كل ألف فولط يسمى "كيلو فولط".

عند تسخين الفتيلة ينطلق منها فيض من الإلكترونات ذات طاقة حركة صغيرة .وتكتسب هذه الإلكترونات طاقة كبيرة جدا بسبب تعرضها لفرق جهد كهربي أثناء انطلاقها تجاه الهدف ويسمى سيل الإلكترونات المعجلة ب "تيار الأنبوب" .وعند اصطدام الإلكترونات المعجلة بمادة "الهدف" تنتج الأشعة السينية ، حيث تنطلق من مادة الهدف إلى جميع الإتجاهات تقريبا ؛ لذلك تستعمل الخزمات Collimators ؛ لتقييد إتجاهات الأشعة السينية الناتجة نحو إتجاه محدد ، ومن ثم تشكيل حزمة من أشعة متوازية يمكن استخدامها في تطبيقات مفيدة مختلفة .

ضغط الهواء داخل الغلاف الزجاجي منخفض جدا لمنع الإلكترونات المعجلة من التصادم والتفاعل مع ذرات الهواء بالأنبوب ، ومن ثم تفقد جزءا من طاقتها التي تستخدم للحصول على الأشعة بالكثافة المطلوبة كما أن تفرغ الهواء من الأنبوب يحفظ الفتيلة الساخنة من تغير كفاءة سطحها بسبب الأكسدة ، ومن ثم تنقص كثافة فيض الإلكترونات المنبعثة من سطح الفتيلة [30] .

• مادة الهدف [30]:

الهدف شريحة معدنية توضع ضمن المصدر في مسار الإلكترونات المعجلة القادمة من الكاثود . وتستخدم مادة التنجستين كهدف في أنابيب الأشعة السينية لأنه يتحمل درجات الحرارة العالية نظرا لارتفاع درجة انصهاره. أنظر الشكل (II-17).

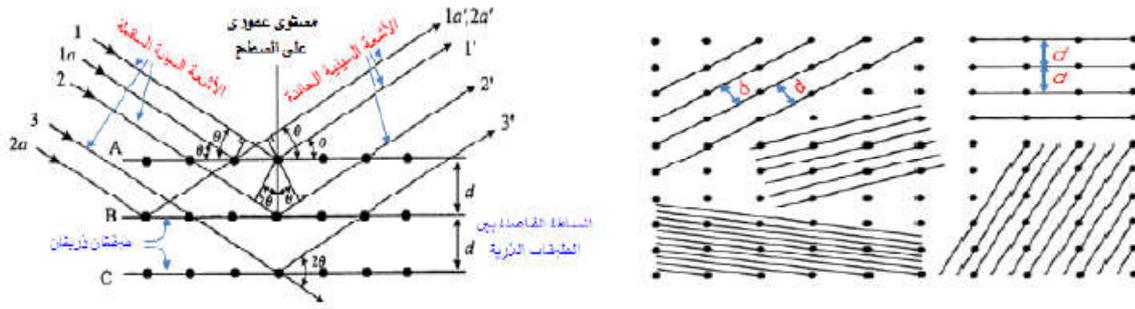


الشكل (II-17): رسم تخطيطي يوضح موضع مادة الهدف ، وتغير مساحة البقعة البؤرية الفعلية A تنكمش إلى البقعة

البؤرية الظاهرة a ، على الرغم من أن مساحة البقعة البؤرية تبقى بدون تغيير

### 4.3.II. حيود الأشعة السينية في البلورات :

تتكون البلورات من طبقات ذرية. الطبقة الذرية أو مستوى الشبكية Lattice plane هو : مستوى افتراضي يمر بالذرات في خلية الوحدة عبر شبيكة بلورية ثلاثية الأبعاد، لذلك يوجد العديد من هذه المستويات للشبيكة الواحدة تختلف في عدد الذرات التي تمر بها. والمسافة بين الذرات المتتالية، وكذلك المسافة العمودية بين كل مستويين متوازيين، أو ما يسمى : "المسافة الفاصلة بين الطبقات الذرية"، كما يتضح من الشكل (II-18).



الشكل (II-18): يوضح الطبقات الذرية وحيود الأشعة السينية عندما تصطدم بذرات تلك الطبقات.

وغير بالذکر أن العلاقة الرياضية التي تفسر حيود الأشعة السينية تعرف باسم "قانون براغ" وهي معادلة بسيطة تربط بين الطول الموجي للأشعة السينية  $\lambda$  وبين الفواصل التي تكون بين الطبقات الذرية المكونة للمادة  $d$ ، بالإضافة إلى زاوية سقوط الأشعة السينية على الطبقات الذرية في عينة  $\theta$ . وهي :

$$n \lambda = 2d \sin\theta \quad (7 - II)$$

حيث  $n$  عدد صحيح موجب يحدد درجة الحيود. وعلى الرغم من استخدامنا المصدر نفسه من الأشعة السينية مع تثبيت الطول الموجي، فإننا لا نحصل على نمط حيود واحد للبلورة الواحدة لأنه عند سقوط شعاع الأشعة السينية على البلورة من زوايا مختلفة نحصل على تشكيلة جديدة من أنماط الحيود [30].

### 5.3.II. الحيود وقانون براغ ( DIFFRACTION AND BRAGG S LAW ) :

يتعين التركيب البنائي للمادة المتبلورة عادة بواسطة إحدى التقنيات المختلفة لحيود الأشعة السينية. كما يمكن الحصول على معلومات إضافية عن التركيب أيضا، بواسطة حيود أنواع أخرى من الأشعات مثل الأشعة الإلكترونية والأشعة النيوترونية. في جميع الحالات يجب أن تكون الأطوال الموجية للإشعاع المستخدم في المدى من 0.1 إلى 10 أنجستروم لأنه يجب أن تكون أقل مسافة بين الذرات والتي يمكن للإشعاع أن يعطي معلومات عنها تكون مساوية للطول الموجي للإشعاع، وفي الحالة الصلبة يكون متوسط المسافة بين ذرتين متجاورتين في الصلب في حدود  $10^{-10} \text{m}$  (1 أنجستروم). ونظرا لعدم وجود طريقة ملائمة لتركيز الأشعة السينية

بواسطة العدسات ولا يمكننا تكبير الصور، لذلك فإننا نحاول النظر مباشرة للذرات ومشاهدتها . هذا بالإضافة إلى تأثيرات تداخل الأشعة السينية عندما تشتت بواسطة الذرات التي تشكل البلورة والتي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار . يمكن تشبيه ذلك بدراسة تركيب محزوز الحيود الضوئي عن طريق فحص نماذج التداخل الناتج عن سقوط ضوء مرئي على المحزوز .(تتراوح المسافة بين خطوط المحزوز من 0.5 إلى 1 ميكرومتر ويكون الطول الموجي للضوء المرئي في حدود 0.4 - 0.8 ميكرومتر) في المحزوز الضوئي تعمل الخطوط كمراكز تشتت ، في حين تقوم الذرات (أو بالأحرى الإلكترونات في البلورة) بتشتيت الإشعاع .

كان العالم براغ (Bragg) أول من وضع شروط هندسية يجب أن تتحقق لكي يحدث الحيود في البلورة. لقد اعتبر براغ شعاع أحادي اللون ( ذو طول موجي وحيد ) من الأشعة السينية المتوائمة ( لها صدر مشترك ) يسقط على البلورة ، كما هو موضح بالشكل (19-II) علاوة على ذلك، لقد افترض أنه يمكن تمثيل الذرات التي تكون مراكز التشتت الفعلية بمجموعة من المستويات المتوازية يعمل كل من منها كمرآة (تعكس الأشعة السينية). ترتبط المسافة الفاصلة بين هذه المستويات في النظام المكعب،  $d_{hkl}$ ، مع ثابت الشبكة،  $a$ ، بالعلاقة المعروفة الآتية:

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2+k^2+l^2}} \quad (8-II)$$

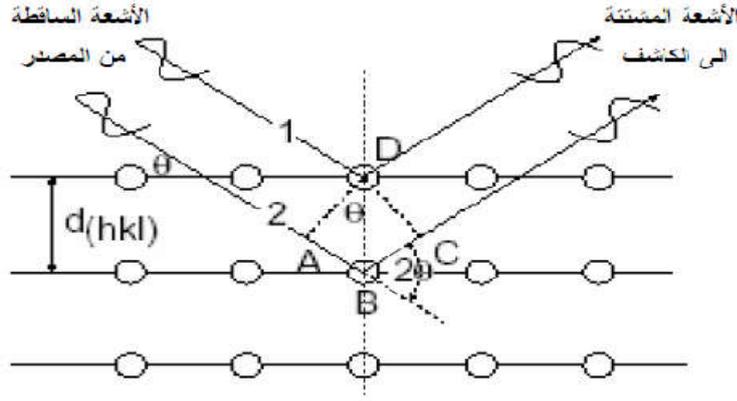
تداخل الأشعة المشتتة مكونة نماذج يمكن منها استخلاص المعلومات بالنسبة للتداخل البناء للأشعة السينية المشتتة ( والتي تظهر على شكل قمة للتشتت ) يجب أن تكون الأشعة مشتتة بواسطة مستويات متعاقبة وفي طور واحد (مرة أخرى ، يجب أن تشارك في صدر الموجة ) بعد تركها سطح البلورة ، بمعنى يجب أن تكون الأشعة الساقطة والمشتتة في الطور نفسه. كما يتضح في الشكل (19-II) يوجد فرق المسار بين الشعاعين 1 و 2،  $\overline{AB} + \overline{BC}$ ، عبارة عن مضاعف صحيح للطول الموجي للأشعة الساقطة. يمكن التعبير عن هذا الشرط بالعلاقة الآتية:

$$\overline{AB} + \overline{BC} = n \lambda \quad (9-II)$$

$$\sin \theta = \frac{\overline{AB}}{d_{hkl}} \text{ ، و } \overline{AB} = \overline{BC} \quad (10-II) \quad \text{وحيث أن}$$

بالتعويض في المعادلة السابقة نحصل على:

$$n \lambda = 2d_{hkl} \sin \theta \quad (11-II)$$



الشكل (19-II): قانون براغ، بافتراض أن المستويات الذرية تعمل كمستويات عاكسة .

تعرف العلاقة السابقة بقانون براغ وتصف الوضع الزاوي للشعاع بدلالة  $\lambda$  و  $d_{hkl}$  .

في معظم الحالات نتم بالرتبة الأولى للتشتت ( $n=1$ )، وبالتالي يمكن كتابة قانون براغ على الصورة الآتية :

$$\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta \quad (12-II)$$

(نستطيع وضع  $n = 1$  لأنه يمكن إعزاء قمة التشتت المقابلة للرتب 2 و 3 و.... إلى التشتت الناتج عن مضاعفات أدلة ميلر، أي من المستويات  $\langle nh nk nl \rangle$ ، بمعنى، (من إحدى المستويات المتوازية ذات المسافة الفاصلة  $d_{hkl}$ ).

بفرض أن الشكل (20-II) يمثل مخطط لمطياف الحيود ( كما سوف نرى فيما بعد )، فإنه عندما يسقط شعاع مسدد (مجمع ومتوازي، collimated) من الأشعة السينية على مجموعة المستويات  $\langle 100 \rangle$  ويصنع زاوية  $2\theta$  مع اتجاه الكاشف الذي يسجل شدة الأشعة المشتتة. بالنسبة للشعاع الساقط غير المباشر (العرضي) والذي له زاوية  $\theta$  صغيرة فإن الكاشف لا يحس به وسوف يسجل إشعاع الخلفية فقط ( ذو شدة ضعيفة). عند الزاوية  $\theta$  إلى قيمة يتحقق عندها قانون براغ ( أي التي عندها  $2d \sin \theta = n\lambda$ ) فإن الكاشف سوف يسجل شدة إشعاع عالية (قمة التشتت) . يجب ملاحظة أن زاوية التشتت  $\theta$  تزداد مع تناقص المسافة الفاصلة بين المستويات المتوازية  $d_{hkl}$  [31].

### 6.3.II. طريقة مطياف الحيود DIFFRACTION METHOD METER [31]:

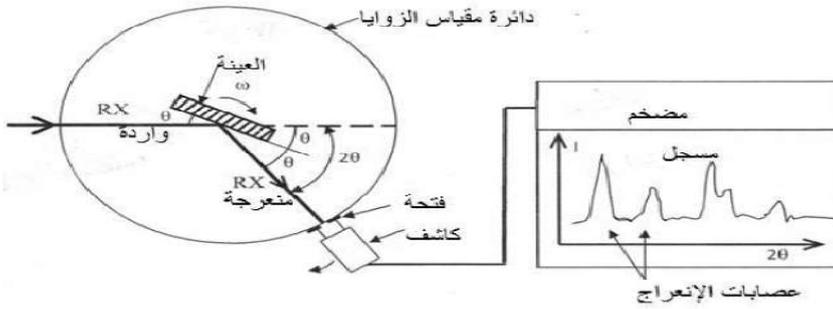
تعتبر طريقة مطياف الحيود طريقة حديثة ومتطورة حيث يتم تسجيل طيف الحيود بواسطة عدادات إلكترونية وجهاز راسم بدلا من ألواح التصوير . تبنى فكرة عمل هذه الطريقة على مبدأ استخدام طول موجي  $\lambda$  ثابت وتغيير في زاوية سقوط الأشعة  $\theta$ ، وعلى ذلك يكون المتطلب الأساسي في هذه الطريقة هو إمكانية توفر أشعة سينية أحادية اللون ذات طول موجي معلوم . يمكن الحصول على أشعة أحادية اللون بطريقة ملائمة باستخدام بلورة تعمل كمرشح . مرة أخرى، يتم الحصول على فعل الترشيح بوضع البلورة في مسار الأشعة السينية البيضاء (التي تحتوي على العديد من الأطوال الموجية) المنبعثة من أنبوبة التوليد بزاوية سقوط

معينة تسمح بتحقيق قانون براغ عند أكبر شدة إشعاع ( $K\alpha$ ) منبعثة من البلورة . يستخدم شرط طول موجي ثابت وزاوية متغيرة في أكثر من تقنية منها دوران العينة باستخدام مطياف الحيود وطريقة المسحوق .

يبين الشكل (أ) الترتيب المعلمي لطريقة مطياف الحيود . توضع العينة (على شكل بلورة أو مسحوق معبأ) في مركز منضدة دوران ويجب مراعاة أن تكون المسافة بين الموحد والعينة وبين الكاشف والعينة متساويان .

يتم تعريض العينة لشعاع أحادي اللون من الأشعة السينية المنعكسة من الموحد . يتم تدوير العينة بسرعة ثابتة حول محورها بينما يدور الكاشف حول مركز العينة بسرعة مضاعفة وذلك للمحافظة على نفس شروط الضبط وتركيز الأشعة الساقطة على الكاشف.

يقوم جهاز الراسم برسم طيف التشتت (شدة الأشعة - زاوية براغ) . تمثل كل قمة شدة التشتت المتكاملة .



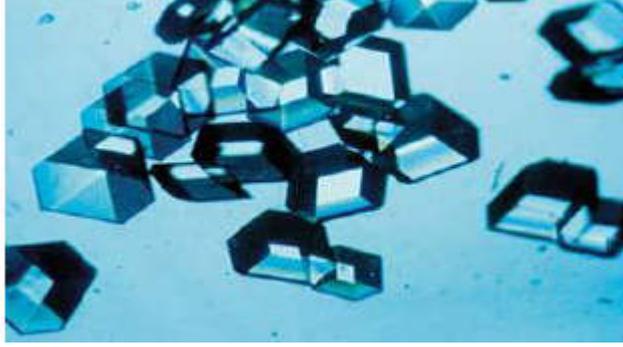
الشكل (II-20): مخطط وظيفي لجهاز انعراج الأشعة السينية [35].

عند استخدام عينة على شكل كبسولة من مسحوق المادة ، فإن شدة التشتت المتكاملة تعتمد على العديد من العوامل مثل التشتت الذري ودرجة الحرارة ونوع البناء وحدث الاستقطاب وغيرها [31].

## II.4. التعرف على قانون شيرر:

### II.4.1. السمك الأصلي لبنية البلور:

في علم المعادن وعلم البلورات يطلق مصطلح البنية البلورية على الترتيب الفريد للذرات في البلورة. تتكون البنية البلورية من مجموعة من الذرات مرتبة بطريقة معينة في الشبكة البلورية. من الممكن تخيل وحدات البنية البلورية على أنها مجموعات من الذرات على شكل صناديق صغيرة تدعى الخلايا الشكل (II-21). وتكرر هذه الخلايا في الفضاء الثلاثي الأبعاد لتشكيل البلورة المعينة [34].



المشكل (II-21): صورة توضيحية لتشكيل أبعاد البلورة المعينية.

## II.4.2. قانون شيرر [32]:

قام العالم بول شيرر سنة 1918 بوضع معادلة لحساب أبعاد الحبيبات النانوية عند معرفة زاوية براغ وعرض أشد خط انعراج له، حيث يتناسب فيها سمك البلورة عكسيا مع عرض الخط كلما قل سمك البلورة والعكس، ويعطى بالعلاقة التالية:

$$L = \frac{\lambda k}{\beta \cos \theta_B} \quad (II - 13)$$

حيث:

$\beta$ : يمثل أقصى عرض عند منتصف الشدة.

$L$ : يمثل قطر الحبيبة حسب معادلة ديبياي شيرر.

$\lambda$ : الطول الموجي للأشعة السينية.

$\theta$ : زاوية سقوط الأشعة السينية.

$K$ : عامل المشكل، ويمثل مقدارا ثابتا، يعتمد على شكل الحبيبات النانوية.

## II.4.3. ثابت شيرر (K):

يعرف بمعامل المشكل، ويؤخذ عادة حسب شكل الخط ويتغير مقداره ما بين 0.62 إلى 2.08، فهو للنظام التكعيبي 0.94، والنظام غير التكعيبي 0.89، وغالبا ما يؤخذ بالقيمة 1 [33].

## الفصل الثالث

النتائج التجريبية تحليلها  
ومناقشتها

### الفصل الثالث: النتائج التجريبية تحليلها ومناقشتها

سنسلط الضوء في هذا الفصل على التعرف على جهاز انعراج الأشعة السينية مع شرح مبدأ عمله بالإضافة إلى تقييم النتائج المتحصل عليها والمسجلة في التجارب التي أجريناها على عينة رمل منطقة حاسي ميلود وتحليلها وكذا مناقشتها ومقارنتها مع مختلف نتائج الدراسات السابقة التي قام بها الباحثين على عينات من مختلف مناطق ولاية ورقلة كما يلي :

#### 1.III. نتائج القياسات التجريبية:

##### 1.1.III. نتائج القياسات الفيزيائية:

**1.1.1.III. المكافئ الرملي:** تعتمد التجربة على حبيبات الرمل صنف 0.5 مم وتحضير العينة يتم بالطريقة الرطبة حتى نحتفظ بالمواد الناعمة ، نقوم بعملية غسل الرمل في أنبوب باستعمال محلول خاص ثم نقوم بقراءة الارتفاعين حيث  $H_1$ : قراءة الطين و  $H_2$ : قراءة الرمل، ثم نقوم بحساب المكافئ الرملي حسب العلاقة التالية :

$$ES = \frac{H_2}{H_1} \times 100 \quad (1-III)$$

النتائج المتحصل عليها مدونة في الجدول التالي :

المحاولات	العينة 1	العينة 2	العينة 3
$H_1$	11	11.1	10.4
$H_2$	6.7	7.6	6.8
ES	60	68.46	65.38
القيمة المتوسطة ل ES	64.91%		

الجدول (1-III): نتائج المكافئ الرملي

ES	نوعية وطبيعة الرمل
>60	رمل غضاري خطر الاستهلاك . كمية الماء أكبر من اللازم
60<ES<70	رمل ذو نسبة من الغضار ذو نظافة مقبولة للخرسانة ذات النوعية المتوسطة لا يؤدي رغم ذلك إلى التقلص
70<ES<80	رمل نظيف ذو نسبة ضعيفة من الغضار وهو رمل مثالي للخرسانة ذات النوعية العالية
>80	رمل جيد نظيف في غياب تام للحزيمات الغضارية مما يؤدي إلى ضعف تماسك الخرسانة يعوض بزيادة الماء

الجدول ( 2-III ): علاقة المكافئ الرملي ونوعية وطبيعة الرمل

من خلال نتائج الجدول (III-1) حيث لدينا ثلاث عينات ولكل منها قيم مختلفة للارتفاعين  $H_1$  و  $H_2$  فاختلقت قيم المكافئ الرملي وكانت القيمة المتوسطة للمكافئ الرملي للعينه هي: 64.91% وبالمقارنة بين هذه القيمة وقيم الجدول (III-2) الذي يوضح علاقة المكافئ الرملي ونوعية وطبيعة الرمل، نستنتج أن عينة الرمل توافق الحانة الثانية وهي من رمل ذو نسبة من الغضار ذو نظافة مقبولة للخرسانة ذات النوعية المتوسطة لا يؤدي رغم ذلك إلى التقلص.

### III.1.1.2. الكتلة الحجمية الظاهرية:

$V$  هو حجم الحاوية =  $161.24 \text{ cm}^3$   $P$  هو وزن الحاوية =  $53.37 \text{ g}$

183.55= $P_1$	236.92	$P_1+P$
183.29= $P_2$	236.66	$P_2+P$
183.03= $P_3$	236.40	$P_3+P$
183.62= $P_4$	235.99	$P_4+P$
183.12		متوسط الوزن (g) $M=(P_1+P_2+P_3+P_4)/4$
1.13		الكتلة الحجمية الظاهرية $\frac{M}{V}$ (g/cm <sup>3</sup> )

الجدول (III-3): نتائج الكتلة الحجمية الظاهرية

من الجدول (III-3) حيث قمنا بالوزن للعينه أربع مرات وكانت قيم  $P$  متقاربة و متوسط الوزن هو  $183.12 \text{ g}$ ، أما الكتلة الحجمية الظاهرية  $1.13 \text{ g/cm}^3$ .

### III.1.1.3. التدرج الحبيبي:

ملأنا الجدول التالي بحساب نسبة المتبقية التراكمية ونسبة المار على كل منخل بحيث:

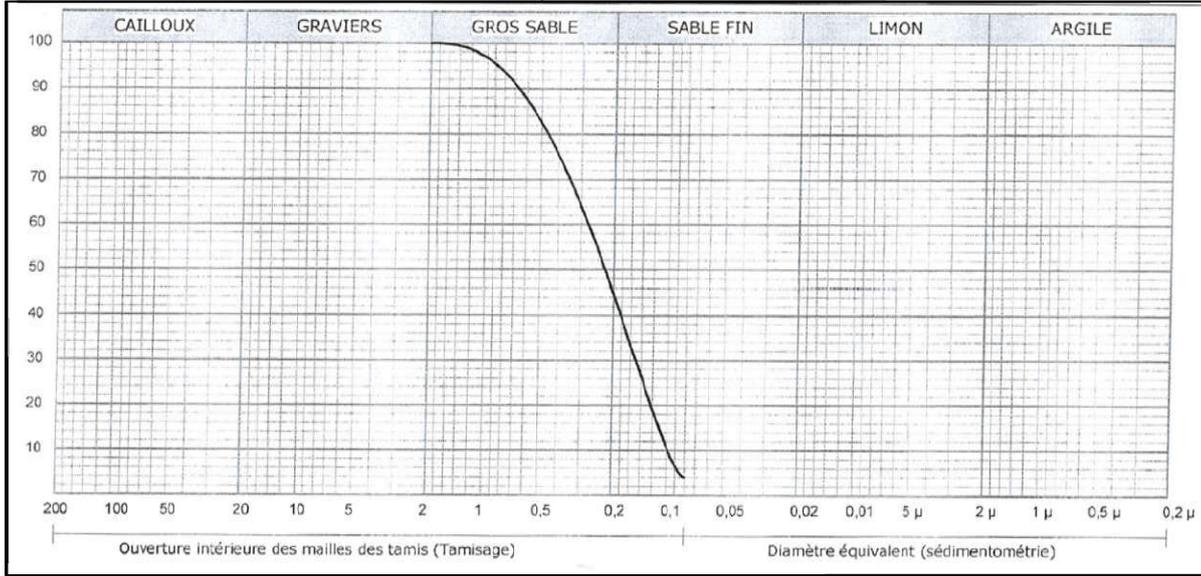
$$\text{نسبة المتبقي على كل منخل} = \frac{\text{وزن التربة المتبقية التراكمية}}{\text{الوزن الكلي الجاف}} \times 100 \quad \text{(III-2)}$$

وزن العينة (g)	المناخل (mm)	الأوزان الجزئية (g)	الأوزان التراكمية (g)	الأوزان التراكمية (%)	موازنة إلى 100	(%) المناخل
600	1	0.12	0.12	0.02	99.98	100
	0.4	10.24	10.36	1.72	98.27	98
	0.2	332.09	342.33	57.05	42.94	43
	0.1	243.2	575.29	95.88	4.12	4
	0.008	332.61	575.81	95.96	4.03	4

الجدول (III-4): نتائج التدرج الحبيبي لعينة من رمل منطقة حاسي ميلود

من الجدول (4-III) حيث مررنا 600g من العينة على مناخل متتالية، في الأوزان الجزئية نقيس الوزن المتبقي في كل منخل على حدى أما التراكمية نجمع الأوزان كلها ثم نجد نسبتها ، ثم قمنا بحساب نسبة المار على كل منخل .

مثلنا نتائج الجدول (4-III) في المنحنى الموالي والذي تحصلنا عليه بتطبيق برنامج soltests2007:



**الشكل (1-III):** منحنى بياني يوضح التدرج الحبيبي لعينة من رمل منطقة حاسي ميلود.

نلاحظ من الشكل (1-III) حيث قيم أقطار حبيبات الرمل تتراوح بين 0.1 - 0.2 mm رمل ناعم وبين 0.2 - 2 mm رمل خشن.

### 4.1.1.III. إجهاد القص المباشر:

المراد منه تعيين معاملات القص وهما زاوية الاحتكاك الداخلي ( $\phi$ )، التماسك ( $c$ ) ، والتي تلزم في الحسابات الجيوتقنائية. ✓ الحسابات:

نحسب زاوية الاحتكاك الداخلي  $\phi$  لعينة الرمل من المعادلة التالية:

$$\phi = \arctan \frac{\tau}{\sigma} \quad (3-III)$$

حيث:

$\tau$ : أقصى إجهاد قص يمكن حسابه من قسمة قوة القص على مساحة مقطع صندوق القص  $\text{KN/m}^2$ .

$\sigma$ : الإجهاد العمودي الناتج عن قسمة الحمل العمودي على مساحة مقطع صندوق القص  $\text{KN/m}^2$ .

$\phi$ : زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة المختبرة .

ونحسب قوة التماسك  $c$  من المعادلة التالية :

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \phi \quad (4-III)$$

حيث:

$c$ : قوة التماسك للتربة الغضارية  $\text{KN/m}^2$ .

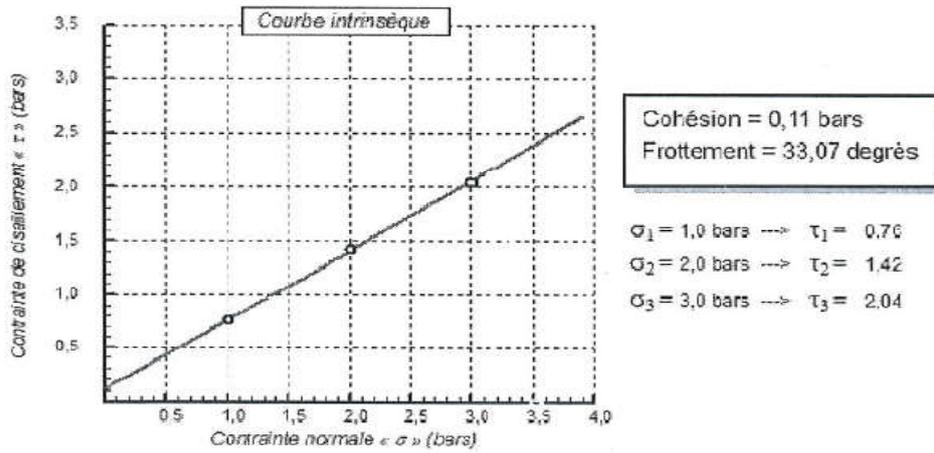
✓ تسجيل النتائج:

نسجل النتائج الموضحة في الجدول (III-5) بعد إجراء ثلاثة تجارب قص على ثلاثة عينات من نفس الرمل وعند نفس الكثافة تحت ثلاثة أحمال شاقولية مختلفة كالتالي : 21.400 kg، 2 kg مع ذراع و 4.800 kg مع ذراع ونبدأ بالقراءة كل 15 ثا. ثم نرسم العلاقة بين الإجهاد العمودي على المحور الأفقي و إجهاد القص الأكبر  $\tau$  المقابل، على المحور الشاقولي ، عند الانهيار على القص يكون ميل الخط الواصل بين النقاط على المحور الأفقي هو زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة . الشكل (III-2) ونرسم كذلك العلاقة بين الإزاحة الأفقية وإجهاد القص للعينة ثلاث مرات مع أحمال مختلفة كما في الشكل (III-3) المتحصل عليه باستخدام برنامج soltests2007 .

	$\sigma=1.000$	$\sigma=2.000$	$\sigma=3.000$
	21.400	2	4.800
0.250	21	35	43
0.500	26	44	58
0.750	30	50	69
1.000	32	53	76
1.250	34	55	82
1.500	34	56	86
1.750	35	56	88
2.000	35	56	89
2.250	35	56	90
2.500	-	-	90

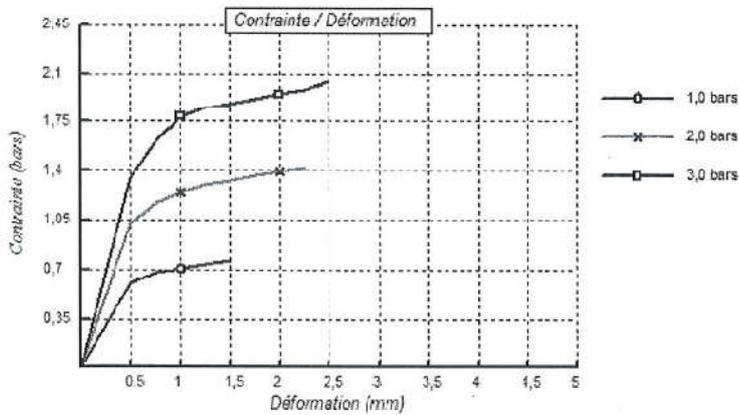
الجدول (III-5): نتائج تجربة القص المباشر

يمثل الجدول (III-5) نتائج عينة الرمل التي خضعت لإجهاد قص لثلاثة كتل مختلفة فنلاحظ ازدياد قوة القص بعد مرور كل 15 ثا ابتداء من القراءة 21 حتى الوصول إلى 35 في الكتلة الأولى أما في الكتلة الثانية بدأت من 35 وصولاً إلى 56 وفي الكتلة الثالثة قوة القص هنا بدأت من 43 حتى الوصول إلى 90.



الشكل (III-2): منحنى يوضح العلاقة بين الإجهاد العمودي وإجهاد القص

الشكل (III-2) هو تمثيل معادلة كولوم لمقاومة قص التربة حيث أن إجهاد القص يمثل محور الفواصل والإجهاد العمودي يمثل محور الترتيب فنلاحظ أن المنحنى لم يبدأ من الصفر بل بدأ بقيمة 0.11bar لقوة القص  $\tau$  والتي تعبر عن قوة التماسك (c) لهذا الرمل، المنحنى عبارة عن خط مستقيم حيث توجد علاقة طردية بين قيم إجهاد القص و قيم الإجهاد العمودي ومن خلاله أيضا تم استنتاج زاوية الاحتكاك الداخلية  $\phi$  والتي تساوي  $33.07^\circ$ .



الشكل (III-3): منحنى يوضح العلاقة بين الإجهاد والتشوه لعينة خضعت لإجهادات مختلفة.

يمثل الشكل (III-3) العلاقة بين الإجهاد والتشوه بتطبيق ثلاثة إجهادات مختلفة (1,2,3 bar) على العينة فنتجت ثلاثة تشوهات، نلاحظ من المنحنى أن أقل إجهاد مطبق أنتج أقل تشوه عند 1.5mm ل 1bar وأكبر إجهاد مطبق نتج عنه أعلى تشوه عند 2.5mm ل 3bar وعند تطبيق إجهاد قص قيمته 2 bar نتج عنه تشوه عند التدرج 2.2mm تقريبا .

### 2.1.III. التحاليل الكيميائية:

#### 1.2.1.III. تحديد محتوى الكبريتات: حيث

$P_1$ : وزن البوتقة وهي فارغة،  $P_2$ : وزن البوتقة بعد التكليل في كلتا العمليتين (المواد المذابة والمواد غير المذابة) و  $P_0$ : وزن العينة.

طريقة الحساب كالتالي:

$$\bullet \text{SO}_3^{2-} = 34.3 \times (P_2 - P_1) / P_0 \times 100 \quad (5\text{-III})$$

$$\bullet \text{CaSO}_4 = 184.23 \times (P_2 - P_1) / P_0 \times 100 \quad (6\text{-III})$$

المركبات	$P_0(g)$	$P_1(g)$	$P_2(g)$	نسبة المركبات في العينة (%)
$\text{SO}_3^{2-}$	1	34.776	35.744	0.236
$\text{CaSO}_4$	1	32.8648	32.8717	1.271

الجدول (6-III): نتائج قياسات الكبريتات

كانت نتائج الكبريتات %0.236 ونتائج الجبس %1.271 وتعتبر هذه النسب ضعيفة فقلة الكبريتات في الرمل ملائمة للبناء لأنها لا تؤدي إلى تشقق الخرسانة أما قيمة الجبس مواتية للزراعة لأنه يعمل على قساوة التربة في حالة كون قيمته كبيرة .

و تأتي أهمية ايون الكبريتات من كونه يهاجم الخرسانة ويتفاعل مع مركبات الإسمنت الالومينات ( $\text{SO}_3$ ) وتكون نواتج هذا التفاعل هي الجبس وسلفوالومينات الكالسيوم وهذه التفاعلات تكون مصحوبة بزيادة في الحجم مؤدية الى تمدد وتفتت الخرسانة. ولغرض مقاومة تأثير أملاح الكبريتات الموجودة في التربة ينصح باستخدام الاسمنت المقاوم للكبريتات وطلاء الأسس بطبقة من القير او أي مادة أخرى مناسبة لمنع تآكل الخرسانة. كما أن وجود الجبس يقلل من الكثافة الجافة العظمى ويزيد نسبة محتوى الرطوبة ، ويقلل مقاومة التربة وإمكانية انتفاخ الترب الجبسية ومن ثم يعمل على تغيير في تركيب التربة أو دفع المنشآت والأسس في حالة تشبع هذه الترب ، وبما أن الجبس قابل للدوبان في الماء مما يؤدي إلى تأثير الترب الجبسية عند تعرضها لتغيرات في نسب المحتوى المائي بسبب تذبذب مستوى المياه الجوفية أو تسرب المياه إليها مما يؤدي إلى إذابة جزء من المحتوى الجبسي فيها وتكبير الفجوات الموجودة أصلا في كتلة التربة وهذا يؤدي إلى هبوط التربة تحت الأحمال المسلطة [36].

وتعد نسبة الجبس خطرة على الأسس إذا كانت أكبر من (5%) [36].

### 2.2.1.III. تحديد محتوى كربونات الكالسيوم:

قمنا بتسجيل النتائج في الجدول التالي:

0.5	عينة الاختبار: $m_0(g)$
10	حجم HCl: $V_a(cm^3)$
9.9	حجم NaOH: $V_b(cm^3)$
0.1	$V_b - V_a = X (cm^3)$
1	كربونات الكالسيوم $(CaCO_3)$ $5. X/m_0$

الجدول ( III-7): نتائج قياس كربونات الكالسيوم

قيمة كربونات الكالسيوم في العينة هي  $1cm^3/g$  وهي قليلة، الكميات الزائدة للكالسيوم يمكن أن تسبب أضرار مباشرة للنبات لكن غالبا ما تكون الأضرار متعلقة بالملوحة أو الصفات القلوية التي تسببها هذه العناصر للتربة.

### 3.2.1.III. تحديد محتوى الأملاح:

9.16	PH
0.2	حجم الاملاح المعدنية في الماء المقطر $V_0(ml)$
4.6	حجم المعايرة في الاختبار الاول $V_1 (ml)$
4.6	حجم المعايرة في الاختبار الثاني $V_2 (ml)$
4.4	متوسط حجم المعايرة $V_m=(V_1+V_2)/2$
0.024	$0.02 \times 35.45 / 1000 \times 200 / 25 \times V = Cl^- \%$
0.040	$1.64 \times Cl^- = NaCl\%$

الجدول ( III-8): نتائج قياسات الأملاح

نلاحظ أن قيمة ال PH في رمل العينة 9.16 مما يدل على أن الرمل قاعدي، ونسبة الكلور  $(Cl^-)$  0.024% كما أن نسبة الأملاح  $(NaCl^-)$  0.040% حيث يتوقف PH على نوعية الأملاح وتركيزها في محلول التربة فانخفاض تركيز الأملاح يساعد على رفع قيم الحموضة في التربة وذلك نتيجة لحدوث تحلل مائي للأملاح الذاتية في التربة والنتائج السابقة تؤكد ذلك.

تعرف (T.S.S) بأنها جميع أملاح التربة القابلة للذوبان في الماء حيث تختلف درجة ذوبان الأملاح باختلاف طبيعتها فأملح الكلوريدات بصورة عامة تكون أسهل ذوباناً من الكربونات والكبريتات وتتأثر درجة الذوبان بدرجة الحرارة و قيمة الأس الهيدروجيني (PH) و كمية غاز  $(CO_2)$  المذاب فضلا عن عملية التبخر والرطوبة.

وتأتي أهمية هذا الفحص لتقدير نسب الأملاح و التي تسبب تآكل الخرسانة و الأنايب إضافة إلى حديد التسليح . و عندما تكون قابلية ذوبانها بشكل حر في الماء فأثما تؤثر تأثيراً شديداً على درجة تلف الخرسانة .وتعد النسبة عالية إذا بلغت أكثر من (0.5%) لأنها تعمل على زيادة الانفعال في طبقات التربة الطينية ، حيث أن الأملاح تعمل على تغيير المسافات البينية بين الحبيبات و من ثم تعمل الأملاح كأحد المركبات الرئيسة للانفعال[36].

### 3.1.III. انعراج الأشعة السينية (X- Ray Diffraction):

تعتبر إحدى الطرق العلمية الهامة التي استخدمت على نطاق واسع في مجال الآثار خاصة الأحجار وطبقات الشيد والمواد الملونة حيث تعطي هذه الطريقة وبشكل مباشر اسم المركبات أو المعادن و يعتمد الأساس العلمي لهذه الطريقة على الترتيب البلوري المنتظم للعينة فلا بد أن تكون العينة من مادة متبلورة ، فعند تعرض العينة المتبلورة لحزمة أحادية الموجه من الأشعة السينية فإن المسطحات الذرية لهذه المادة تتسبب في حيود هذه الأشعة الساقطة عن مسارها الأصلي طبقاً لقانون براغ Bragg's law ،ومعرفة شدة الانعكاسات وزوايا الانعكاس من نمط حيود الأشعة السينية يمكن تحديد المسافات البينية للمسطحات الذرية (d) والذي يكون مميز للمادة التي يتم فحصها، وبالرجوع إلى الجداول القياسية وخطوط الأشعة السينية يمكن التعرف على المركبات المكونة للعينة.

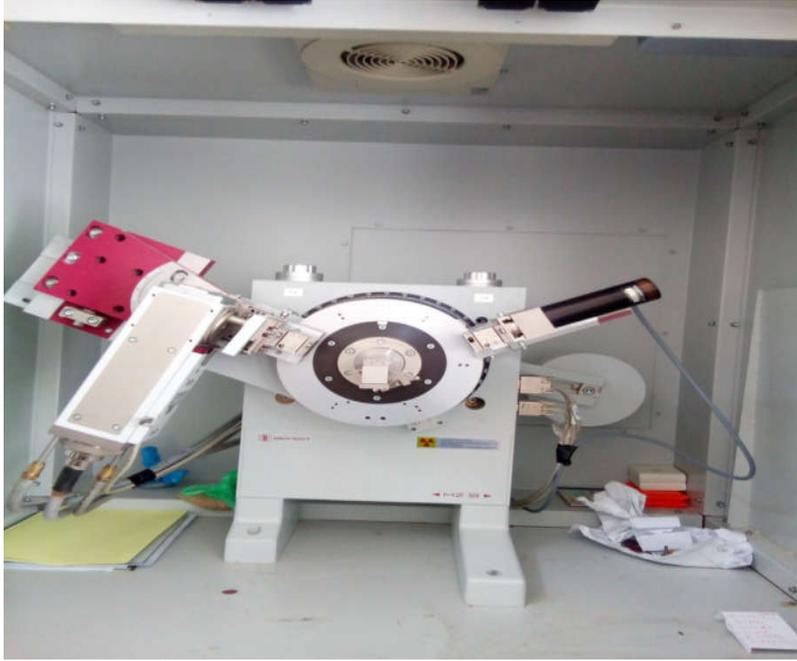
#### 1.3.1.III. الجهاز المستعمل في انعراج الأشعة السينية:

وفيما يلي صور فوتوغرافية للجهاز الذي تم استعماله في هذه التجربة SEIFERT والموضح في الشكل (III-4):



الشكل (III-4): صورة جهاز انعراج الأشعة السينية

تصدر الأشعة الواردة من أنبوب الأشعة X بزوايا  $6^\circ$  . تنعرج وتحلل عن طريق عداد حساس بشكل أساسي لفوتونات الأشعة السينية وأشعة غاما ،قادر على قياس إشعاعات ذات طول موجات بين 0.05 و 0.03 nm .فتتحرك المنبع والعداد في آن واحد حيث يدور العداد بزوايا  $2\theta$  .



الشكل (III-5): صورة لجهاز انعراج الأشعة السينية من الداخل

الهدف المستعمل هو النحاس، يتم تغذيته بواسطة مولد مستقر تحت فرق جهد 40 KV وشدة تيار 30 mA. موحد الطول الموجي (monochromateur) مصنوع من الجرمانيوم للتخلص من الخطوط  $K\beta$ .

### III.2.3.1. تحضير العينة لإجراء التحليل XRD :

نأخذ عينة من الرمل المراد دراسته ونضعه على حامل ثم نضغطه يدويا بواسطة صفيحة زجاجية للحصول على سطح مستوي، حيث أن هذا الزجاج لا يؤثر على الانعراج لأنه ذو بنية غير بلورية. إذا كانت العينة مضغوطة جدا فقد يؤدي إلى إحداث توجه اختياري للحبيبات، مما يؤثر سلبا في استغلال شدة الخطوط.

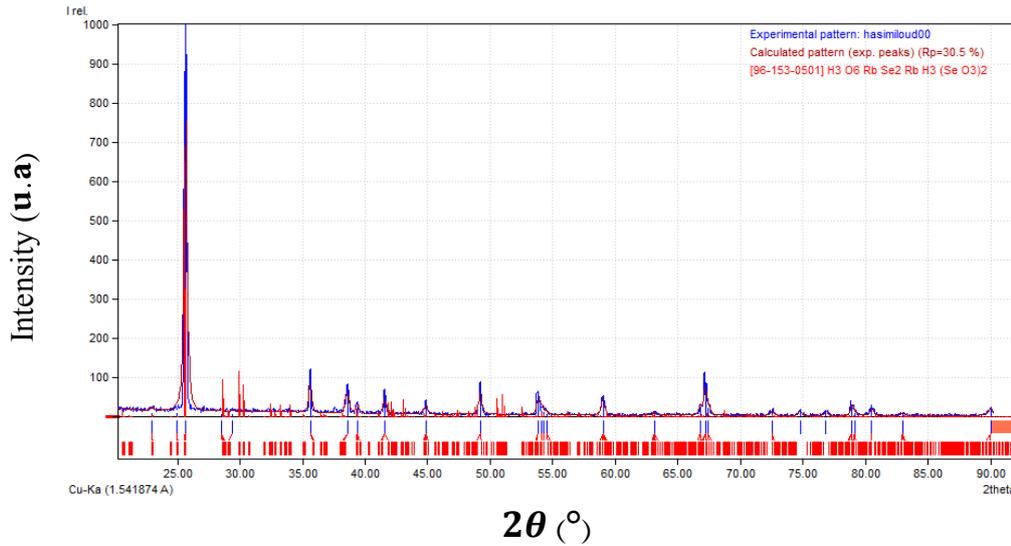


الشكل (III-6): الأداة المستخدمة لتحضير العينة للقياس XRD

### 3.3.1.III. تسجيل الطيف:

سمح لنا جهاز انعراج الأشعة السينية بتسجيل مخطط الانعراج على العينة المدروسة من رمل الكثبان الشكل (III-7). يعتمد نمط التسجيل على قياس شدة الخطوط المنعرجة عن طريق انتقال خطوات المنبع والكاشف. المعطيات النقية للخطوط المجمعة من الجهاز يتم استغلالها حسب التطبيق المراد .

القيم الأساسية :زاوية الانعراج ، الشدة ، العرض عند نصف ارتفاع الخط المنعرج الأعظمي، وباستخدام برنامج ( Match!2 ) تحصلنا على المخطط التالي:



الشكل (III-7): مخطط انعراج الأشعة السينية

### 4.3.1.III. تحليل رمل كثبان منطقة حاسي ميلود بواسطة انعراج الأشعة السينية:

في التحليل الطيفي لانعراج الأشعة السينية لعينة من رمل الكثبان ، تم استخدام الطول الموجي  $\lambda_{CuK\alpha} = 1.54 \text{ \AA}$  ، في زاوية مسح  $2\theta$  من  $20^\circ$  إلى  $90^\circ$  وسرعة المسح  $0.05^\circ$  .

حيث تسمح هذه التقنية بتحديد خطوط الانعراج ومعرفة المسافة الفاصلة  $d_{hkl}$  والتي يتم حسابها بقانون براغ :

$$2d\sin\theta = n \lambda \quad (7-III)$$

هذه المعادلة هي شرط من شروط حدوث الحيود في البلورة .

نحتم بالرتبة الأولى للتشتت حيث  $n = 1$  فتصبح :

$$2d\sin\theta = \lambda \quad (8-III)$$

بما أن الطول الموجي للأشعة السينية معلوم ( $\lambda_{CuK\alpha} = 1.54 \text{ \AA}$ ) سوف نحسب المسافات البينية  $d_{hkl}$  للبلورات لكل زاوية والممثلة في الجدول التالي :

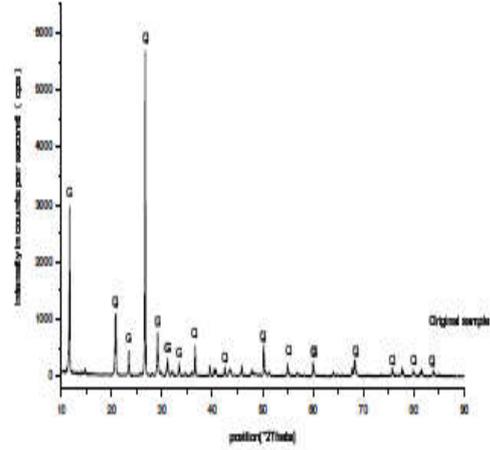
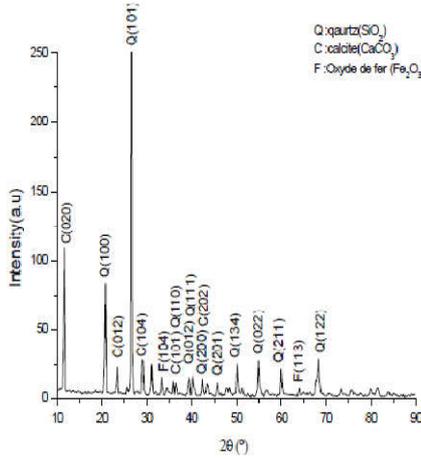
Raie	$2\theta$ (°)	$\sin\theta$	I (u a)	$d_{hkl}$ (Å°)	FWHM	h	k	l	
1	25.4636	0.2203	2448.45	3.4952	0.2448	1	0	1	كوارتز
2	35.4294	0.3042	261.88	2.5316	0.2482	1	1	0	كربونات الكالسيوم
3	38.3946	0.3288	185.55	2.3426	0.3793				-
4	39.1651	0.3351	95.31	2.2983	0.3207	1	1	1	كوارتز
5	41.3607	0.3531	154.52	2.1812	0.2318	2	0	2	كوارتز
6	44.6642	0.3799	101.35	2.0272	0.3706				كوارتز
7	49.0106	0.4147	188.40	1.8571	0.3067	1	3	4	كوارتز
8	53.6042	0.4509	144.02	1.7083	0.3121	0	0	2	كوارتز
9	58.8117	0.4909	127.24	1.5689	0.3805				كوارتز
10	66.9444	0.5515	240.67	1.3967	0.1702	1	2	2	كوارتز
11	78.6600	0.5994	88.68	1.2154	0.3746				كوارتز
12	80.2925	0.6447	63.85	1.1947	0.5215				كوارتز

الجدول (III-9): الملحقات الخاصة بانعراج الأشعة السينية لرمل كثبان منطقة حاسي ميلود

من الجدول (III-9) المسافات البينية مقدرة بالأنجستروم ( $\text{Å}$ ): 3.4952، 2.1812، 2.2983، 2.3426، 2.0272، 1.7083، 1.8571، 1.5689، 1.3967، 1.2154، 1.1947 الخاصة بالكوارتز أما المسافة البينية : 2.5316، الخاصة بانعكاسات بـكربونات الكالسيوم.

### III.5.3.1 مناقشة نتائج تقنية انعراج الأشعة السينية XRD:

سمح لنا جهاز انعراج الأشعة السينية وهو من نوع SEIFERT ، موجود في مخبر الإشعاع والبلازما وفيزياء السطوح (L.R.P.P.S) بجامعة ورقلة بتسجيل مخطط الانعراج على العينة المدروسة من رمل الكثبان الشكل (III-7)، سنحاول بالمقارنة مع المخططين الناتجين و المسجلين من أعمال سابقة: الأول عولجت ببرنامج (Match!2) والتي أعطت معلومات عن التراكيب البلورية الموجودة بالعينات المدروسة الشكل (III-8) [2]. والثاني المخطط الناتج عن دراسة سابقة أيضا الذي تم تسجيله من جهاز آخر يعمل وفق هندسة Bragg-Brentano، الشكل (III-9) [35].



الشكل (III-9): مخطط انعراج الأشعة السينية لرمال كثبان منطقة ورقلة [35]

الشكل (III-8): مخطط انعراج الأشعة السينية لرمال منطقة محيريزة-ورقلة [2]

نلاحظ أن القمة عند البعد البيني  $d = 3.4952 \text{ \AA}$  الموافقة للزاوية  $2\theta = 25.4636^\circ$  تتطابق إلى حد بعيد القمة ذات الزاوية  $2\theta = 26.69^\circ$  في الشكل (III-8) و تتطابق أيضا مع القمة ذات البعد البيني  $d = 3.3249 \text{ \AA}$  والزاوية  $2\theta = 26.70^\circ$  في الشكل (III-9) ونستنتج من هذه المقارنة أن هذه القمة تمثل الكوارتز بالإضافة إلى وجود قمم أخرى تعود للكوارتز أيضا، في الشكل (III-7) ذات الزوايا  $2\theta$ :  $39.16^\circ$ ,  $41.36^\circ$ ,  $49.01^\circ$ ,  $53.60^\circ$ ,  $66.94^\circ$  تتشابه مع قمم الشكل (III-9) عند الزوايا  $2\theta$ :  $39.50^\circ$ ,  $42.59^\circ$ ,  $50.19^\circ$ ,  $54.93^\circ$ ,  $67.88^\circ$ ، كما هناك تشابه بين مخطط الشكل (III-7) في الزوايا  $2\theta$ :  $41.36^\circ$ ,  $49.01^\circ$ ,  $53.60^\circ$ ,  $78.66^\circ$  مع قمم مخطط الشكل (III-8) ذات الزوايا:  $42.51^\circ$ ,  $50.21^\circ$ ,  $54.93^\circ$ ,  $79.75^\circ$  وبنفس الطريقة نقارن باقي القمم في الشكل (III-7) عند الزاوية  $2\theta = 35.43^\circ$  مع القمم في الشكلين الآخرين فلا نجدهم يتشاركون إلا في قمة ذات الزاوية  $2\theta = 36.0187^\circ$  في الشكل (III-9) والتي تعود لكريونات الكالسيوم.

ومنه يمكننا القول أن مخطط طيف انعراج الأشعة السينية يعطي مكونين لرمال الكثبان هما:

- الكوارتز ( $\text{SiO}_2$ ) (Quartz)
- كربونات الكالسيوم ( $\text{CaCO}_3$ ) (Calcite)

### III.4.1. حساب متوسط قطر بلورات الكوارتز بتطبيق معادلة شيرر:

بما أن أشد خط انعراج هو الكوارتز ( $\text{SiO}_2$ ) وكونه هو المكون الأساسي للرمال سنقوم بحساب أبعاد حبيباته النانوية.

المعطيات:

- نأخذ الطول الموجي  $\lambda = 0.154 \text{ nm}$  لمعدن النحاس.
- نأخذ قيمة الثابت  $K = 0.89$  لأن نظام الكوارتز ليس تكعيبيًا.
- نحسب عرض البلورة عند منتصف ارتفاع الذروة لزاوية الأكبر انعكاس للكوارتز في مخططات الانعراج للأشعة السينية
- نستخدم المعادلة التالية لشرر:

$$L = \frac{\lambda k}{\beta \cos \theta_B} \quad (9 - III)$$

نتائج الحساب:

$2\theta(^{\circ})$	$\theta_B(^{\circ})$	I (u a)	FWHM ( $^{\circ}$ )	قطر بلورات الكوارتز L(nm)
25.4636	12.7318	2448.45	0.2448	0.5676635

الجدول (III-10): نتائج حساب معادلة شيرر

2.III. المقارنة بين عينات رمل مأخوذة من مناطق مختلفة:

عين البيضاء (4) [37]	البور (3) [37]	الطبيات (2)	حاسي ميلود (1)	عينات من المنطقة	نتائج التجارب
-	-	87	64.91	المكافئ الرملي (%)	
1.51	-	1.51	1.13	الكتلة الحجمية الظاهرية ( $g/cm^3$ )	
-	-	0.02	0.11	قوة التماسك (c) (bars)	إجهاد
		33.26	33.07	زاوية الاحتكاك الداخلية ( $\phi$ ) ( $^{\circ}$ )	القص
0.058	8.74	1	0.236	SO <sub>3</sub>	التحاليل الكيميائية
0.31	46.97	7.31	0.271	CaSO <sub>4</sub>	محتوى السلفات (%)
0.5	0	10	1	CaCO <sub>3</sub>	كربونات الكالسيوم (%)
0.0039	0.0039	0.011	0.024	Cl <sup>-</sup>	نسبة الأملاح (%)
0.0065	0.0065	0.018	0.040	NaCl <sup>-</sup>	

الجدول (III-11): مقارنة نتائج عينات مختلف المناطق

من جدول المقارنة أعلاه نلاحظ أن قيمة المكافئ الرملي في المنطقة (1) وهي 64.91% أقل بقليل من قيمته في المنطقة (2) ذات القيمة 87%، أما في الكتلة الحجمية الظاهرية كانت متطابقة في المنطقتين (2) و(4) بقيمة 1.51% وفي المنطقة (1) كانت أقل بقليل بقيمة 1.13% وهذا راجع لاختلاف محتوى الرمل من منطقة لأخرى أما بالنسبة لقوة التماسك (c) للمنطقتين (1) و(2) كانت كما يلي 0.11، 0.02 bars فنلاحظ اختلاف طفيف في القيمتين ويعود للمقاومة الداخلية لحبيبات رمل كل منطقة.

في التحاليل الكيميائية في محتوى السالفات كانت القيم ل SO<sub>3</sub> في الأربع مناطق مختلفة ففي المنطقة (1): 0.236% أما المناطق (2)، (3)، (4) فكانت على الترتيب: 1، 8.74، 0.058%، أما الجبس CaSO<sub>4</sub> في المنطقتين (1) و(4) فنلاحظ تقاربهما بقيمتي: 0.271، 0.31%، وفي المنطقة (2) فكانت القيمة: 7.31% أما المنطقة (3) تحتوي نسبة معتبرة من

الجبس ب% 46.97. نسبة كربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$  كانت القيم في المناطق (1)، (3) و(4) شبه متقاربة على نحو: 1،0 و0.5% بالترتيب وفي المنطقة (2) بما أكبر نسبة بقيمة% 10. نسبة الأملاح في ما يخص الكلور  $\text{Cl}^-$  فالقيم قريبة من بعضها البعض في كل المناطق (1)، (2)، (3) و(4) بقيم: 0.024، 0.011، 0.0039، 0.0039% مع وجود تطابق في المنطقتين (3) و(4)، وفي الأملاح نلاحظ أيضا شبه تطابق في كل المناطق.

نستنتج من الجدول (III-11) تشابه بعض نتائج التجارب واختلاف البعض الآخر وأحيانا تطابق ويعود هذا لاختلاف بيئة الترسيب والبعد الجيبي واللون من رمل منطقة لأخرى.

خلاصة عامة

كان رجاءنا من هذا العمل تمييز رمال الكنتبان، لأنها تغطي مساحات شاسعة من التراب الوطني، كونها مادة طبيعية غنية بالمواد الأولية كالكوارتز والسيلسيوم ذات الاستخدام الكبير في أحدث الصناعات ، ناهيك عن استخدامها التقليدية في البناء والتعمير والزراعة وكذلك الطرق....

لقد تم أخذ العينة المدروسة من سطح رمال منطقة حاسي ميلود الواقعة شمال شرقي ولاية ورقلة . وأما التشخيص فكان ببعض القياسات الفيزيائية والكيميائية وتقنية انعراج الأشعة السينية DRX، بهدف تحقيق البحث المناسب وقد قارنا بين النتائج التي تحصلنا عليها ونتائج دراسات أخرى، لإيجاد أوجه الشبه والاختلاف بين خصائص رمل منطقة الدراسة وخصائص رمل مناطق مجاورة لها، ولمعرفة مكونات الرمل. لقللة الدراسات في هذه المنطقة، كما وأردنا إضافة تقنية التحليل بمطيافية الأشعة السينية المميزة EDS ولكننا وللأسف لم نوفق في الاتصال بالشركة في ولاية باتنة، فاكثفنا بالقياسات السابقة، حيث وجدنا بالقياسات الفيزيائية والكيميائية والتي تمثلت في بعض التجارب التالية:

### التجارب الفيزيائية

- ✓ المكافئ الرملي يحدد طبيعة الرمل وذلك بمعرفة المعامل (ES) ومقارنته بالجدول الخاص بالعلاقة بين المكافئ الرملي ونوعية الرمل للتعرف نقاوة الرمل ولضمان النجاح في مجال عمل معين يحتاج مثل هذه النسب كالبناء .
- ✓ قمنا بقياس حجم التربة وكان كالتالي  $1.13 \text{ g/cm}^3$ .
- ✓ التدرج الحبيبي لتحديد تصنيف الرمل حيث تراوحت النسب المئوية للتدرج بين 0.02% إلى 95.96% ومن نتائج هذا الفحص يمكن تصنيف هذا الرمل بأنه رمل مختلط من ناعم بصفة كبيرة وحشن بنسبة قليلة .
- ✓ إجهاد القص نهدف من خلاله تحديد قوة التماسك (C) للرمل وزاوية الاحتكاك الداخلية ( $\phi$ ) لمعرفة مدى تماسك رمل العينة

### التحاليل الكيميائية

تحصلنا على بعض النسب لمركبات العينة وهي السولفات والأملاح و كربونات الكالسيوم بقيم 0.236% و 0.040% و 1% على الترتيب وهي نتائج مقبولة من الناحية الكيميائية كونها تحتوي على نسب قليلة مما يجعلها صالحة للاستخدام في مجالات معينة.

تقنية انعراج الأشعة السينية.(DRX):

تحدد هذه التقنية المكونات الجزيئية للرمل وقد تم الكشف فيها عن وجود الكوارتز بنسبة عالية في رمل منطقة الدراسة- حاسي ميلود- بملاحظة الانعكاس الأساسي والمتواجد في أعلى قمة عند البعد البيني ( $d = 3.4952 \text{ \AA}$ ) في الزاوية:

$$2\theta = 25.4636^\circ$$

## خلاصة عامة

---

تؤكد هذه المعلومات وجود الكوارتز في العينة المدروسة ولتحديد البعد المتوسط للحبيبات البلورية نلجأ لمعادلة شرر، وذلك بأخذ أعلى قمة والتي توافق الكوارتز، حيث يمثل قطر الحبيبة في نفس المعادلة، وقد وجدناه مساوٍ لـ 0.5nm إن الهدف المرجو من هذه الدراسة وهو المساهمة في دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لرمل منطقة حاسي ميلود والتي نأمل أن تكون بذرة للمزيد من الأعمال مستقبلاً.

من أجل تحسين و تدعيم النتائج المتحصل عليها وكذلك زيادة التطبيقات العلمية، والرفع من كفاءة الموارد والثروات الطبيعية:

-استغلال الرمل في صناعة الزجاج والطاقة الشمسية.

-استغلال الرمل كمادة خام لإنتاج السيليسيوم (Si) النقي لاستغلاله في الأبحاث النانومترية، وكذلك في تخزين الحرارة واستخدامه كمادة عازلة كهربائياً ...

# المراجع

- [1] Movement and Its Effect on A. M. SHARAKY. T. M. LABIB Sand Dune Cultvated Lands in Africa: Case Study: Dakhla Oasis. Western Desert, Egypt. Land Degradation in Egypt and Africa .Cairo University, (23-24 March 2002), page 1-15.
- [2] أطروحة دكتوراه بعنوان دراسة أثر المعالجة الحرارية على تركيب رمل كثبان ورقلة وعلى ناقلته الكهربائية، باستخدام الطرق الطيفية- من إعداد مشري محمد العيد- فرع الفيزياء.
- [3] y. Benna, S. Bedjou, B. Gueltahe et A. Braray, (2006), Valorisation des sables de dune: Applications aux sables des régions de Ouargla et Bossaada ,National Center of Studies and Integrated Researchs (CNERIB).
- [4] <https://www.google.dz>.
- [5] الموسوعة الجغرافية المصغرة <http://www.mogatel.com>
- [6] [ A. Bigelow , C. Bowman and D. K. Cassel . (2004), physical proprties of Sand Amended with Inorganic Materials , USGA Turfgrass and Environmental Research Online .Vol 3 , Num 6.  
د، محمد القاضي، الرمل الكوارتزي؛ (الجزء الأول) جامعة قطر 1999
- [7] هيئة المساحة الجيولوجية السعودية <http://www.sgs.org.sa/>
- [8] "خواص واختبارات التربة" ، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني ، ص 27 ، المملكة السعودية 2005.
- [9] K. Pye , Aeolian Sand and Sand Dunes 397 / © Springer 2009
- [10] دراسة جيولوجية وهندسية لرمال الكرب في المملكة الأردنية الهاشمية – للمهندسين جمال أبو قبع ومحمود عزام والجيولوجي لطفي أبو سعد / المواصفات القياسية الأردنية رقم 92 لسنة 1987
- [11] A. Amirat, (2004), formulation et comportement d un beton de sable de dune pour structures, Mémoire d ungeeieur poly-tech d Alger
- [12] [https://en.Wikipedia.org/\(version 01/2016\)](https://en.Wikipedia.org/(version 01/2016))
- [13] [http://www.chemistrysources.com/\(version 01/2016\)](http://www.chemistrysources.com/(version 01/2016))
- [14] [http://www.sgs.org.sa\(version 01/2016\)](http://www.sgs.org.sa(version 01/2016))

- [15] [http://www.quartz page .de/gen\\_mod.html](http://www.quartz page .de/gen_mod.html) (version 01/2016)
- [16] (version 01/2016) <http://mawdoo3.com/>
- [17] Pratiyogita Darpan ،Competition Science Vision ، March 2000 ، India ،year 3 ،Issue 25 ، page 54. (version 01/2016)
- [18] <http://crystallography365.wordpress.com/structures/>(version 01/2016)
- [19] <https://en.Wikipedia.Org/> (version 01/2016)
- [20] Joseph R. smith and David L. Bish . Crystal Structures and Cation Sites Of the Rock Forming Minerals . Boston ALLEN et UNWIN. 1988.
- [21] Deer. W.A.R.A. Howie. And J. Zussman (1963) Rock-Forming Minerals Vol 4. Longmans. London. 435pp.
- [22] مذكرة لنيل شهادة الماجستير في الهندسة المعمارية بموضوع تأثير النخيل على الجزيرة الحرارية العمرانية. من اعداد عرباوي كوثر 2015/2014.
- [23] دراسة أعدت لنيل شهادة الماجستير في الهندسة المدنية بموضوع : البحث عن تقنية جديدة لتنظيف الرمال في سوريا وتحسين أدائها في البيوتون -كلية تشرين .من اعداد المهندسة ديمة أمين ابراهيم. 2009.
- [24] المرجع خواص واختبارات المواد- عملي.
- [25] خواص واختبارات التربة - الفصل السادس تخصص تقنية مدنية
- [26] دليل التجارب والإختبارات القسم 1 الأعمال الترابية. 2008
- [27] الفيزياء الحديثة، PHYSICS MODERN، للدكتور علي محمد عكاز -دار الراتب الجامعية.
- [28] المحاضرة الثالثة كيمياء البيئية (2016).
- [29] Lounis CHEKOUR، Elément de diffraction de rayons X،Univ Mentouri de Contantines p8-11.
- [30] كتاب مقدمة في الفيزياء الحديثة د صالح محمد متولي -فصل6. الصفحات 1.2.3.7
- [31] الباب الخامس - حيود الأشعة السينية في البلورات -5 للكاتب يسري مصطفى الصفحات 258 و 278
- [32] Scherrer :Bestimmung der Grobe and der inneren Struktur von Kolloidteilchen mittels Rontgenstrahlen.Gottinger Nachrichten. 1918. Vol.2، S. 98.

- [33] Leroy Alexander and Harold p.Klug,(1949),Determination of Crystallite Size With the X-Ray Spectrometer,Department of Research Chemical Physics,Mellon Institute,Pittsburgh,Pennsylvania.in
- [34] المواد البلورية خواص ومفاهيم-ما تكني2011/1442.
- [35] مذكرة لنيل شهادة الماستر بعنوان دراسة التركيب الجزيئي لرمال كثبان منطقة ورقلة باستخدام مطيافية الإمتصاص ما تحت الأحمر وحيود الأشعة السينية لسميحة بضياف.
- [36] مجلة جامعة بابل -دراسة بعض الخواص الفيزيائية والهندسية لترب مختارة 2013
- [37] مذكرة لنيل شهادة الماستر أكاديمي بعنوان المقارنة بين عينة رمل تنمو فيها وردة الرمال وعينة رمل لا تنمو فيها وردة الرمال للطلالبة لخشانة كريمة سنة 2013-2014.

## ملخص

أجرينا دراسة لبعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لرمل كثنان منطقة حاسي ميلود كما ساهمنا في دراسة التركيب الجزيئي له باستعمال حيود الأشعة السينية حيث أوضحت القياسات الفيزيائية لعينة الرمل أن نسبة المكافئ الرملي %64.91 و الكتلة الحجمية  $1.13 \text{ g/cm}^3$ ، وبالنسبة للتدرج الحبيبي تبين النتائج بأن نوعية الرمل خليط من رمل ناعم وخشن و تجربة اجهاد القص بينت بأن قوة تماسك الرمل (c) 0.11 bars. أما كيميائيا فتحصلنا على نسب لبعض مكونات الرمل باستخدام كواشف محددة كالكبريتات الجبس، كربونات الكالسيوم والأملاح وقد كانت بنسب قليلة جدا في الرمل.

في تقنية حيود الأشعة السينية وبملاحظة الانعكاس الأساسي عند البعد البيني  $3.4952 \text{ \AA}$  يؤكد وجود الكوارتز بنسبة كبيرة في العينة مع نسبة قليلة من كربونات الكالسيوم عند البعد  $2.5316 \text{ \AA}$  كما قمنا كذلك بحساب متوسط قطر بلورات الكوارتز (L) باستخدام معادلة شيرر وكانت القيمة  $0.567 \text{ nm}$ .

## الكلمات المفتاحية:

رمل الكثنان - القياسات الفيزيائية والكيميائية - حيود الأشعة السينية DRX - الكوارتز - البعد الحبيبي .

## Abstract

In this work, We studied some physical and chemical properties of sand dunes of the Hassi Melod area. We also contributed to the study of its structure using X-ray diffraction, Where the physical measurements of the sand sample showed that the sand equivalent ratio 64.91% and Volumetric mass  $1.13 \text{ g/cm}^3$ , As for the granular gradient, the results show that the sand quality is a mixture of fine and coarse sand and In the shear stress the strength of sand cohesion (c) 0.11bars. Chemically, we obtained ratios for some sand components using specific reagents, Such as sulphate, gypsum, calcium carbonate and salts And its presence in the sand was few. In x-ray diffraction technique it gave a fundamental reflection in the interstitial dimension  $3.4952 \text{ \AA}$ , Which confirm the presence of quartz by a large proportion in the sample with a small proportion of calcium carbonate at the dimension d:  $2.5316 \text{ \AA}$ . We have also calculated the average diameter **0.567nm** of quartz crystals(L) Using the Shearer equation.

## key words:

Sand dunes - physical and chemical measurements - X-ray diffraction DRX - quartz - Dimonsions of granuls