الخواص التطبيقية لثاني أكسيد السيلكون
من الرمل إلى التقنيات المتقدمة

أ. نور الدين صالح بشينة
قسم الفيزياء – كلية العلوم – الزاوية
جامعة الزاوية

ملخص:

نقدم في هذا البحث مراجعة عامة لدراستنا السابقة ولدراسات أخرى لثاني أكسيد السيلكون (SIO_2) المادة العجيبة والتي استطاعت مركباتها أن تكتسح جميع مجالات الحياة في عالمنا المعاصر، وخاصة المجالات الصناعية المتعددة وذات الطابع التقني المتقدم ابتداء من تحسين ومعالجة التربة وانتهاء" بأبحاث الفضاء .فمن خلال تواجده تقريبا في جميع مناطق العالم ودخوله في أكثر من 80% من تركيبة القشرة الأرضية وعلى شكل سيليكات بأكثر من (30%) باتحاده السيلكون مع الأكسجين الذي غالبا ما يتكون على شكل بلورات مثل الكوارتز

والاوليفين التي تختلف في تركيبها الكيميائي والشكل البلوري مع اختلاف ظروف تكوينها ومن بينها للذكر وليس للحصر النتروسيليكات والسور وسيليكاتوالسيليكات الحلقية والتكتوسيليكات وغيرها..... . ثاني أكسيد السيليكون يتواجد في رمل الكوارتز الذي يغطي العديد من المساحات الشاسعة من الكرة الأرضية، ورمال السيليكا (الكوارتز) هي صخور رملية تحتوي على نسبة عالية من (SiO_2) على شكل حبيبات معدن الكوارتز مع نسبة ضئيلة من الشوائب وأكاسيد المعادن، وهو كذلك المصدر الأساسي لصناعة الزجاج العادي والبلوري. ففي برنامج البحث المشار اليه، ومن خلال الزيارات الميدانية لمجموعة من المواقع في شمال غرب ووسط غرب ليبيا تم جمع عينات من الرمل مختلفة الألوان وحجم الحبيبات والشكل الفيزيائي من مدن الزاوية وبئر الغنم وبدر والوادي الحي وتيجي وزوارة وكانت النتائج مذهلة لاحتوائها على معلومات ممتازة للصناعة فبالإضافة إلى نسبة ثاني أكسيد السيليكون العالية، خرى، وأن هذه النسب مفيدة جدا للاستخدام في مجالات التقنيات الحديثة التي عادة ما تستغل الخواص الماكروسكوبية والميكروسكوبية للمادة ذات الصلة بالمميزات الفيزيائية والكيميائية والتركيبية مثل الصلابة والثبات الكيمائي والتوصيل الحراري والكهربي والمساحة السطحية والذوبانية ودرجة الانصهار وغيرها، ونظرا لاختلاف اللون وحجم الحبيبات والشكل فان النتائج والتطبيقات الصناعية كانت ذات مدى واسع وفي جميع مجالات الحياة، مثل مواد البناء والطلاء ومواد التنظيف والمصفيات لجميع المواد وتنقية ومعالجة المياه وحتى القاعدة الصناعية للآلات والمعدات الالكترونية والمولدات الكهربائية من الشمس والصناعات الزجاجية بصفة عامة، وصناعة الأجهزة البصرية والاتصالات بجميع أنواعها بالإضافة إلى المجالات الحيوية والطبية والزراعية وخاصة بعد ظهور تقنية النانو.

الكلمات المفاتيح:

السيليكا، معادن الكوارتز – الحجم الحبيبي، التقنيات الحديثة، التحليل الميكروسكوبي، الأشعة تحت الحمراء والأشعة السينية، معالجة المياه، العزل الكهربي والحراري، التقنيات الحيوية، الصناعات الالكترونية، تقنية الناتو .

I – مقدمة:

الكميات الهائلة المتوفرة بالقشرة الأرضية من ثاني أكسيد السليكون والسيليكات والمعادن الأخرى المتمثلة في الرمال والأحجار الرملية والأحجار النارية والرسوبية وغيرها كانت الإلهام الأكبر والمشجع لدراسة هذه المعادن في العديد من مراكز الأبحاث والجامعات الدولية، الأمر الذي أدى إلى التعرف على واكتشاف العديد من خواص ومميزات هذه المعادن والمواد الخام التي لم تكن معروفة من قبل، وبالتالي استخدامها في العديد من المجالات ذات الصلة بنشاطات الانسان وحياته اليومية، وقد أظهرت النتائج التي تحصل عليها الباحثون عالميا واقليميا"[4,3,2,1]"، في ليبيا ومصر وتونس والجزائر والمملكة العربية السعودية وجنوب افرقيا والهند وماليزيا والباكستان بريطانيا وغيرها من دول العالم في تجاربهم على المواد الخام المحلية، والتي أوضحوا فيها أن هذه المعادن تمتاز بالخواص المشتركة الأساسية بالإضافة إلى بعض الخواص التي ترتبط بموطن تلك المعادن، ورقعتها الجغرافية التي تتواجد فيها، لكن في المعظم يمكن لهذه المعادن أن تصبح قاعدة أساسية للعديد من القواعد الصناعية في مدى واسع من المجالات ابتداء من مواد البناء المختلفة من الطلاء والأحجار الحرارية وأحجار الزخارف إلى المواد العازلة للرطوبة والحرارة، وكذلك في المجال الزراعي مثل زيادة الإنتاج الزراعي عن طريق استخدام الزيوليت وتطبيقات الطاقة الشمسية والطاقات المتجددة ومعداتها في هذه البلدان العربية "[1، 5,4]"، ولعل القفزة النوعية التي قامت بها صناعات مواد البناء في مصر "[6]"

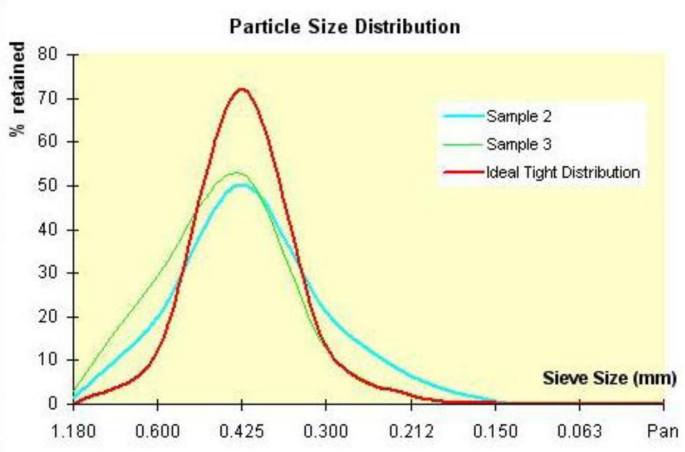
وكذلك في تونس "[7]" هي من النتائج الواضحة للبحوث في هذه البلدان لاستغلال الموارد الطبيعية بصفة عامة والكوارتز (ثاني أكسيد السيليكون أو الرمل) بصفة خاصة والتي أحدثها بدء المراكز البحثية فيها بإنتاج مركبات السيليكون وهو المادة الأولية للأغشية الرقيقة الالكترونية وغيرها من المنتجات الاولية للصناعة، وبالتالي الدخول في الصناعات الالكترونية من بابها الواسع . ففي الصحاري الواسعة في ليبيا ومصر وتونس والجزائر والمملكة السعودية توجد الكثير من المعادن والثروات الطبيعية ذات المنبع الجيولوجي الجغرافي الخاص، اذا صح التعبير، واذا أخذنا محاولتنا البسيطة في ليبيا"[9,8,1]"، بالرغم من أن العيينات المستخدمة كانت عشوائية والمعالجة الأولية كانت بسيطة على كل العيينات التي تم تجميعها من عدة مواقع فأننا عن طريق التحاليل الالية توصلنا إلى الحقيقة أن هذه المواقع وعيياناتها قد تكون مصدرا مهما للمواد الخام للعديد من الصناعات وخاصة أن هذه المواقع تكاد تكون في الغالب مجاورة لمصادر الطاقة المتوفرة في هذه البلدان العربية بصفة عامة، وأن استمرار البحث سيكشف العديد من الخواص الفيزيائية والكيميائية والتركيبية لهذه العيينات، وبالتاي يمكن استغلالها في أي من المجالات المناسبة الذكورة اعلاه على شكل مواد خام جاهزة للتصنيع أو نصف مصنعة أو مصنعة بالكامل، مثل صناعات مواد البناء المختلفة والخزف والزجاج ومصفيات المياه والغازات وفي مجال الطاقة"[1,2,3,4]".وفي المجالات الطبية وبالذات عند استخدام التقنيات الحديثة مثل تقنيات النانو في المجال العلاجي والجراحي .

II– النتائج والتحاليل المعملية:

كانت التحاليل المعملية للعينات ذات نتائج مشجعة للغاية حيث وجدنا أن ثاني أكسيد السيلكون بالعيينات تتراوح بنسبته بين (91%– 96%)، S_OO_2 وكثافته 2.634 جم/سم^3 ونقطة انصهار وغليان عاليتين جدا (>.1200)، والمعروف أن ثاني أكسيد السليكون شحيح الذوبان

في الماء وفي حدود 0.012 جم/100 ميلي لتر (10) وله مساحة سطحية كبيرة جدا أكثر من 800م² / جم وثابت التبلور حتى عند الغليان في حمض الكبريتيك المركز ومن أبسط التركيبات البنيوية هو كوارتز ألفا (α) الذي يمكن تحويله إلى كوارتز بيتا β بالتسخين عند حوالي 400م° ألمكعبي الشكل (2)، وبغض النظر عن العينات المستخدمة في أي من التجارب وأي من المراكز البحثية فان حجم حبيبات الرمال المكونة من ثاني أكسيد السيليكون تتراوح أقطارها من 0.0635 إلى 2.000 مم وقد يزيد ذلك في حالة الحصى حتى يصل إلى 64 مم وتتقلص حتى 0.004 مم في حالة الطمي "12"، وقد صنف الباحثون بشينة وجله، و بوضياف، والباحث بقلاوي وآخرون، وغيرهم من الباحثين الرمل حجميا كالتالي :

1. رمل ناعم جدا بقطر يتراوح من ⅛ إلى 1/16مم.
2. رمل ناعم جدا بقطر يتراوح من 1/4 إلى ⅛ مم.
3. رمل متوسط بقطر يتراوح من1/2 إلى 1/4 مم.
4. رمل خشن بقطر يتراوح من 1 إلى 1/2 مم.
5. رمل خشن جدا بقطر يتراوح من 1 إلى 2 مم.

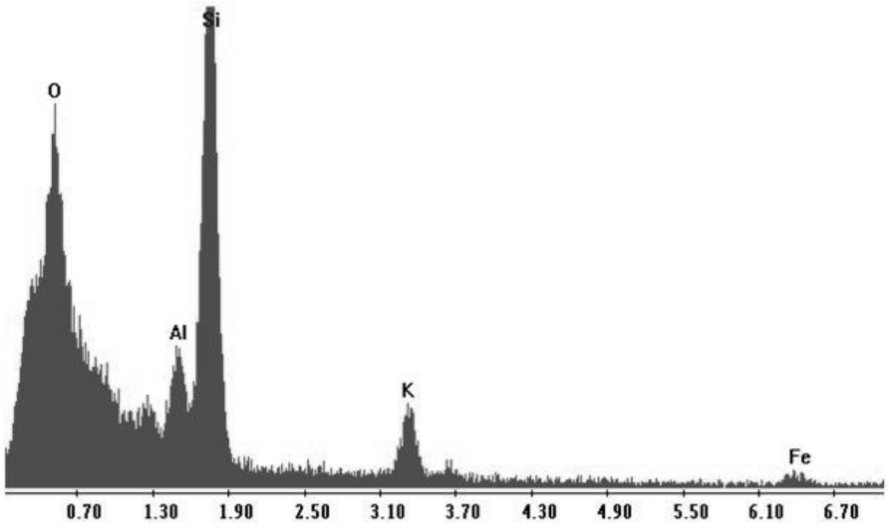


منحنى (1– أ) توزيع حجم جزيئات الرمل

وكما أسلفنا فإن النسبة تتراوح بين 86.04% (13)، و98% (1,14) و99% (15) وكما هو واضح من خلال نتائج الرسم (1) للرمل المتحصل عليها من التحليل السطحي للعينات بواسطة المجهر الالكتروني .انظر الرسم (1) والجدول (1)

جدول (1) يبين التركيب النسبي للرمل

العنصر	النسبة الوزنية	النسبة الذرية
O الأكسيجين	40.59	55.48
AL الالومنيوم	8.91	7.60
Si السيلكون	41.70	32.46



منحنى (1– ب) المكونات الأساسية لعينات الرمل

وجدير بالذكر أن نسبة المعادن الأخرى المتفاوتة في الرمل تتفاوت كذلك حسب جغرافية الموقع وتكويناتها الجيولوجية ولكن بصفة عامة يمكن تلخيصها في الجدول (2) التالي:

جدول (2) تركيز المعادن المختلفة في العيينات.

الشوائب	AL_2O_3	Fe_2O_3	M_yO	C_aO	$N_{a2}O$	T_iO_2	M_aO	K_2O
التركيزppm	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.001	0.05

وإن كانت المكونات للرمل تختلف في بعض نسبها ولكنها في المعظم تظم ولا تقتصر على الأكسجين والألمونيوم والسليكون وذلك بسبب التكوينات الجيولوجية للمناطق الجغرافية التي جمعت منها العينات تحت الدراسة (16) كما في المراجع (4,10,13,14,16) وكذلك فان إمكانية استغلال هذه المصادر في كل المناطق وفي البلاد العربية بالذات تكون ممتازة وخاصة أن البلاد التي تتواجد فيها هذه الموارد ذات إمكانيات مادية وبشرية وتقنية جيدة وكذلك أسواق الاستهلاك ذات مستقبل أفضل بالإضافة إلى إمكانية تصدير هذه الموارد والمعادن إما خام أو نصف مصنعة أو كاملة التصنيع.

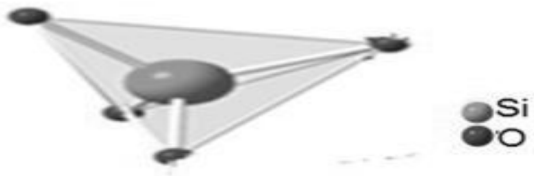
III – خواص الرمل (ثاني أكسيد السيليكون):

لقد عرفنا بعض الخواص التي يمتاز بها الرمل (الكوارتز) وعرفنا أن هذه الخواص أعطت أهمية كبيرة لهذا المصدر الطبيعي الهائل فبالإضافة إلى الخواص الكيميائية والفيزيائية والضوئية لهذه المادة فإن الصفة البلورية لهذه المادة هي التي كانت لها الأثر الكبير في استغلالها الصناعي الواسع الانتشار وخاصة في التقنيات الالكترونية الحديثة.

III – 1–البنية البلورية:

طبيعيا السيليكا يظهر في حوالي 13 تركيبا مختلفا ذات خواص مختلفة والرمل–السيليكا يمتاز بالشكل البلوري المعتاد الأولي وهو (α) والذي يكون مستقرا عند درجات الحرارة دون 573م° والضغط الجوي العادي ويتحول إلى نوع β عند تسخينه إلى درجات حرارة أعلى وهو

كذلك مستقر وبنيته البلورية رباعية الأوجه ذات صيغة كيميائية SiO_4فالبلورة مكونة من أربع ذرات من ألأكسجين وذرة من السليكون كما بالشكل (2)



رسم 2- البنية البلورية للكوارتز

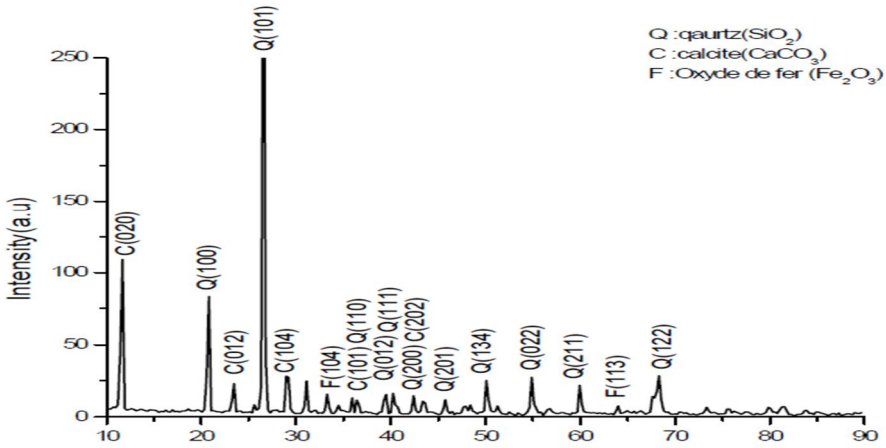
ولكل ذرة أكسجين ارتباط مع ذرتين من السيليكون وتتكون وحدة الخلية البلورية من ثلاث مجموعات من S_iO_2 كل منها في خلية بنيوية واحدة مع ثلاثة من ذرات السيليكون للخلية المجاورة بحيث يشكل سداسي أضلاع غير منتظم (17) .

البنية البلورية للكوارتز ثلاثية الميل أبعاد خليتها الأولية هي على التوالي،

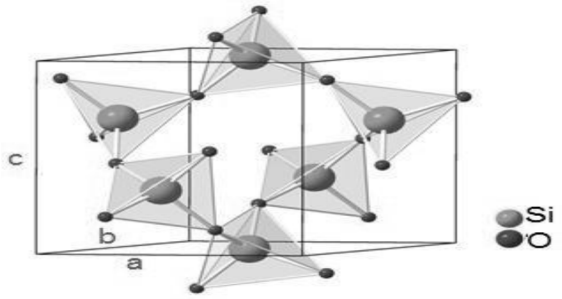
a = b = 4.9294Å. ; c =5.4093Å.; α= β= 90°;γ= 120° وذات حجم3.832 11 Å

جدول (3) الأطوال الموحية للخطوط المميزة للأشعة السينية

0.49707	0.56084	0. 56380	0.55941	Ag
0.63229	0.71073	0.71359	0.70930	Mo
1.39222	1.54184	1.54439	1.54056	CU
1.540014	1.65919	1.66175	1.65791	Ni
1.62079	1.79026	1.79285	1.78897	Co
1.75661	1.93998	1.93998	1.93604	Fe
2.08487	2.29100	2.29361	2.28970	Cr



منحنى (2) طيف تشتت الأشعة السينية من عينة الرمل



شكل (2) البلورة المكعبة للكوارتز

بلورة الكوارتز، الروابط ليس لديها نفس الطول وكل ذرة سليكون محاطة بـــأربع ذرات أكسجين، اثنتان تقعا على مسافة A 1.603 والاثنتان الآخريتان تقعـــا علـــى مســـافة A 1.163 والجدول (4 أ) يبين أهم خصائص الكوارتز الفيزيائية والجدول (4 ب) يبين أهم الصيغ البلورية لثاني أكسيد السليكون .

جدول (4 أ) خواص الكوارتز الفيزيائية

الخاصية	الكتلة الحجمية	معامل الانكسار	درجة حرارة الانصهار	معامل المرونة	مقاومة الضغط
الوحدة	جم / سم^3	----	C°	GPa	MPa
القيمة	2.2	1.543	1710	54	1200

جدول (4ب) الصيغ البلورية لثاني أكسيد السيليكون المهمة

الصيغة	رتبة التبلر	السمات البنيوية	ملاحظات
كوارتزα	رومبوهيدرال ثلاثي	سلاسل لولبيـة، لتشـكيل بلـورات أحادية	كوارتز ...يتحـول إلـى كوارتز B عند 573م°
كوارتز β	سداسي	مرتبط جدا مع كوارتز α (وبزاويـة Si-O مقدارها 155°) ونشط بصريا	
ترايديميتα	سداسي الأضلاع	مرتبط جدا مع كوارتز α	ترايديميتB يتحول إلـى كريسـتوباليتB عنـد 1405م°
كريستوباليتα	رباعي	شكل غير ثابت تحت الضغط العادي	
كريستوباليت-β	مكعبي	مرتبط جدا مع كريستوبالايت	ينصهر عند 1705م°
عنصر السيليكون رتبة فلز،الرمزsi العـدد الذري 4 والكتلة الذرية 28.0855و للون فضي لامع – الحالة – صلب حتى درجـة 298 مطلقة درجة الانصهار 1414 م ° درجـة الغليـان 2900م° الكثافـة 2330 كجم/م^3		غبار سيليكا بأقصى مساحة سطحية مقدارها 380م^2 / جم. انواع السيليكا : الكوارتز والزيولايت (تبادل ايوني)	

III– 2 –خواص السيليكا الفيزيائية والكيميائية

أ – الخواص الفيزيائية:

نظرا للتركيب الرباعي، فان درجة انصهار S_iO_2 عالية جدا، لأن الرابطة القوية التساهمية بين السيليكون – أكسجين في (S_iO) لا يمكن كسرها الا عند درجة الحرارة العالية وهي في حدود 1700م°، وبالإضافة إلى أن ثاني أكسيد السيليكون صلب جدا وقوي، وهذا بسبب الرابطة التساهمية القوية بين S_i-O، وبسبب غياب الكترونات حرة في التركيبة الجزيئية، فان ثاني أكسيد السليكون يمتاز بأنه ردي التوصيل للكهرباء، ويسلك سلوك المواد العازلة، وفي حين أنه عديم الذوبان بالماء وفي كل المذيبات العضوية فانه يذوب في المذيبات القاعدية وحمض الكبريتيك كما أسلفنا والجدول (5) يبين قيم مجموعة من الخواص الفيزيائية المعتادة لثاني أكسيد السيليكون البلوري والغير بلوري .

جدول (5) قيم مجموعة من الخواص الفيزيائية المعتادة لثاني أكسيد السيليكون البلوري والغير بلوري .

الخاصية	الوحدة	السيليكا البلورية	السيليكا غير البلورية
درجة الانصهار	م²	حوالي 1700	حوالي 1700
الكثافة	جم /سم^3	2.6	2.2
معامل الانكسار	---	1.46	1.46
المقاومة النوعية	أوم .سم	$10^{12} - 10^{16}$	$10^{18} <$
التوصيلية الحرارية	واط X م / °K	1.3	1.4
نسبة يواسون	----	0.17	0.165
معامل التمدد الحراري	$^{1-}$K	$^{7-}$ 10 x 7.64	$^{7-}$ 10 x 5.4

ب – الخواص الكيميائية:

ثاني أكسيد السيليكون يتفاعل مع قليل من المواد العنصرية أو المركبة أو الأحماض المخففة أو المركزة وخاصة عند درجات الحرارة والضغوط العادية ودون وجود مواد حفازة للتفاعل والجدول (6) يوضح ملخص تفاعلات ثاني اكسد اليليكون مع بعض المواد ونتائج هذه التفاعلات .

جدول (6) تفاعل ثاني اكسد السيليكون مع بعض المواد

مادة التفاعل	ظروف التفاعل	-----المتكونة	المعادلة الكيميائية
1- قاعدة قوية مثل KOH,NaOH	S_iO_2 بلوري يذوب ببطء في محلول قاعدي ساخن ولكن الغير بلوري يذوب فيه عند درجة حرارة الغرفة	سيليكات البوتاسيوم أو سيليكات الصوديوم	$SiO2 + 2KOH$ $K_2S_iO_3 + H_2O$ $S_iO_2 + 2N_aOH$ $N_{a2}S_iO_3 + H_2O$
2- حمض الهيدروفلوريك	الكوارتز البلوري لا يتفاعل مع الأحماض الأخرى ولكنه يذوب في الحمض والتفاعل يتم في درجة حرارة الغرفة	حامض الهيدروفلوريك $(H_2S_iF_6)$	$S_iO_2 + 6HF$ $H_2S_iF_6 + 2H_2O$
3- كربونات الصوديوم $N_{a2}S_iO_2$ كربونات البوتاسيوم $K_2S_iO_3$	يتفاعل مع ومصهور كربونات الصوديوم ومصهور البوتاسيوم	سيليكات الصوديوم S_iO_3 سيليكات البوتاسيوم $K_2S_iO_3$	$S_iO_2 + K_3S_iO_3$ $K_2S_iO_3 + CD_2$ $SiO2 + N_{a2}CO_3$ $N_{a2}S_IO_3 + CO_2$
4- كربونات الكالسيوم CaCo3	عند درجة حرارة عالية 600 مئوية الكوارتز مع القواعد مثل الحجر الجيري أو كربونات الكالسيوم	سيليكات الكالسيوم Ca3Si3O9	$3SiO3+3CaCo3 \rightarrow$ $=$ $Ca3Si2O9+3Co2$

مادة التفاعل	ظروف التفاعل	-----المتكونة	المعادلة الكيميائية
5- مع الكربون	الكوارتز الطبيعي يتفاعل مع الكربون عند 2000م°منتجا السيليكون	السيليكون Si	SiO2+ 2C = Si+2Co
6- مع الماء	في درجات الحرارة العالية والضغط، السيليكات تهدرج لتكوين هيدروكسيد السيليكون وهو غير ثابت	هيدروكسيد السيليكون Si (OH)4	SiO2 +2H2O = (Si(OH

وتتكون السيليكات بصفة عامة"[8]و حسب التحاليل المختلفة من مواد مختلفة في النسبة الوزنية كما بالجدول (7) .في الجدول (8) نبين حرارة الانصهار والكثافة لبعض المواد الداخلة في تركيب الرمل.

جدول (7) تركيب الرمل حسب النسب الوزنيه

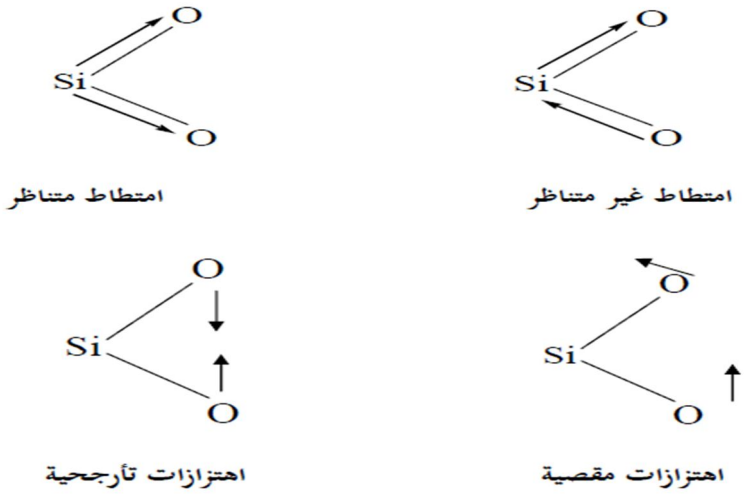
الأكسيد	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	MaCo3	مواد أخرى
النسبة%	98 ~	6.4~	1.4 ~	0.08	0.86	5.0~

جدول (8) يبين حرارة الانصهار لبعض المواد الداخلة في تركيب الرمل

التركيب	Al2O3	SiO2	CaO	TiO2	CaOCrO3
درجة الانصهار	2070 م°	1710 م°	2600 م°	2600 م°	2160 م°
الكثافة جم /سم	3.97	2.2	3.32	4.24	3.22

أوضح العديد من الباحثين من خلال نتائج التحليل الكيميائي "[1، 2، 3,4، 5]" والتحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء والأشعة السينية والمجهر الالكتروني "[1، 2، 10,11,17، 18]" والباحث تسوستاك"[19]، " وخان أي "[20]" وكونج كيم هونج وآخرون "[22]"و بركاش وآخرون "[23]" وهيروشيما وآخرون"[24]"، من خلال تسجيل طيف الاشعة تحت الحمراء والمصحوب بتحويل فوريور من التردد 900 إلى 4000 لكل سم وتم تمييز الحزم الامتصاصية للترددات التالية والمبينة بالشكل

(4 أ، ب) والمدونة قيمها بالجدول (9) التالي :



رسم (4) حزم الامتصاص الأساسية والاهتزازات المميزة

جدول (9) حزم الامتصاص الأساسية والاهتزازات المميزة

التردد	نوع الاهتزاز	مدى التردد / سم
459.0	Si – O – Si	600 – 400
513	Si- O - AL	
601.7	انحناء غير متوافق (M=AL,Mg,Fe)	
669.3	Si-O-M	
779.2	تمدد متوافق Si – O	800
1114.8	اهتزاز امتدادي Si – O – Si	1200 … 900
11500		
1867.0; 1681.8; 1620.1	اهتزاز تمددي H – OH	1630
3543.0 ; 3242.1	ماء ممتص	3800 – 3200

فمن خلال البيانات المجمعة من أطياف العينات ومن مختلف المناطق الجيوجرافية نلاحظ أن عدد الاهتزازات تحتوي على عدد كبير من الحزم الطيفية ولكن يمكننا تمييز منطقتين أساسيتين .

أ – منطقة الحزم بين تردد 150°– 4000/سم

في هذه المنطقة من الحزم يمكننا أن نلاحظ حزم امتصاص ذات شدة كبيرة عن الترددات 3543 و3,4041 و3242.1/سم وهي اهتزاز التمدد للرابطة (OH) لمجموعة الهيدروكسيل وأخرى عند 1867/سم وهي ناتجة عن اهتزاز الانحناء للرابطة H-O-H .

ب – منطقة الحزم 400 – 1500/ سم

يظهر في هذه المنطقة امتصاص مزدوج في المدى بين 1100 إلى 1200 /سم وبالضبط عن 1114.8 و1150 / سم وهو ما تم تدوينه من قبل مونك "26"وتايلوز"27"، فالحزمة S_i - O يوافق اهتزاز 692/سم وهو يثبت وجود الكوارتز، بالإضافة إلى الاهتزاز غير التوافقي عن الرابطة S_i-O وعن استبدال AL وSi عند 1080 و1140.3 /سم وهو ما يؤكد وجود الكوارتز .أما الاهتزاز عند 800/سم فهو يحدد نوع الكوارتز (سيليكا) ...وهو الامتصاص الملاحظ عند 795 و779.2 / سم الذي يؤكد وجود الكوارتز α وعند تردد 513/سم وبمثل اهتزاز S_i-O-AL وعند التردد 459/سم فإن الإشارة تدل على اهتزاز S_i-o-Si وهو ما يثبت وجود الكوارتز في العينة تحت الفحص، ومنه وخلال تسجيل التحليل الطبقي لانحراف الأشعة السينية من الرمل نلاحظ ثلاث مكونات ذات ثلاث أطوار .

*الكوارتز (S_iO_2) *الكالساين($CaCO_3$)او كربونات الكالسيوم *أكسيد الحديد ($F_{c2}O_3$) .

وان كانت معظم الخطوط تابعة للكوارتز (S_iO_2) أما الأكاسيد أو الكربونات الأخرى فإن نسبتها قليلة بالإضافة إلى نسبة بسيطة من أكسيد الألومونيوم (AL_2D_3) .

المسافات البينية المحددة من قانون براج ومن مخطط انحراف الأشعة بالرسم (4) تثبت أن الكوارتز يتواجد في العينات بنسبة كبيرة وأن المسافات 4.2681، 3.3539، 1.8322 انجستروم تثبت البنية البلورية من النوع α من الكوارتز بالعينة (25) أما المسافات البينية 2.6908، 3.0571، 3.3539، 7.5752 فهي تمثل وجود كربونات الكالسيوم، لكن المسافات 2.8724، 0.8561 فهي دليل على أكسيد الحديد . وأخيراً ومن خلال النتائج والتحاليل السابقة يمكننا أن نقول أن عينات الرمل التي قمنا بدراستها كانت متوافقة مع الدراسات الأخرى من قبل الباحثين العرب وانها بالتأكيد تحتوي على نسبة كبيرة من الكوارتز وبعض الأكاسيد والمواد الأخرى، كما هو موضح بالجدول(10).

جدول (10) مكونات الرمل من العينات الليبية

النسبة الوزنية	المكونات	
	الرمز	الاسم
86.04	S_iO_2	السليكات (كوارتز)
6.63	AL_2O_3	الألومين
1.35	Fe_2O_3	أكسيد الحديد....
0.86	C_aCO_3	كربونات الكالسيوم
0.81	CaO	أكسيد الكالسيوم
0.08	MgO	أكسيد المغنسيوم
4.23	----	مواد أخرى مختلفة ضئيلة النسب

ومن خلال هذه النتائج ومن بعض المعالجات الأولية البسيطة على الرمل فإننا قد نصل إلى مادة ثاني أكسيد السيليكون S_iO_2 بدرجة نقاوة تصل إلى 98% ومن خلال تقنية أطياف الأشعة تحت الحمراء I.R تدل على أن الكوارتز من نوع α الذي يمكن أن نحصل منه على نوع β بالمعالجات الحرارية .

V– التوصيات وتطبيقات السيليكا:

من خلال هذه الدراسة يمكننا أن نجمع بأن هذا المركب ذو الانتشار الواسع على سطح الكرة الأرضية، فهو يكون 27% من القشرة الأرضية وهو ثاني أكثر العناصر انتشارا من حيث الكتلة بعد الأكسجين وهو العنصر الفعال حاليا في اكتشاف مجموعة من المركبات الجديدة ذات الخواص الفريدة والتي تدخل في مستلزمات التقنيات الحديثة والخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات .من خلال خواص هذا المركب البسيط والعجيب الزهيد الثمن والغالي في القيمة نرى من الواجب أن نوصي بقيام العديد من الدراسات الأخرى ذات العلاقة بالتطبيقات وخاصة في المجالات التالية حسب الجدول11:

جدول (11) الاستخدامات المختلفة للسيليكا

1– استخدام السيليكا في صناعة الزجاج	2– الاستخدام في صناعة استخلاص السيلكون
3 – استخدام السيليكا في صناعة المصفيات	4 – الاستخدام في صناعة المحولات
5 – الاستخدام في عملية القطع والكشط	6 – في صناعات مواد البناء والخرسانة
7 – الاستخدام في صناعة الإطارات للسيارات	8 – الاستعمال كمادة عازلة ومالئة
9 – يستعمل في صناعة الألياف البصرية	10 – الاستعمال في المواد الحيوية والتقنية النانوية
11 – الاستخدام في محولات الطاقة الشمسية	12 – الاستعمال في الصناعات الالكترونية

- **IV – الاستنتاج :**

هذه الدراسة بينت أن الرمال (ثاني أكسيد السيلكون) المتواجدة في الجزء الشمالي الغربي من ليبيا وفي العديد من الدول العربية الشقيقة وبكميات كبيرة جدا وفي أشكال متعددة وطبقات مختلفة من القشرة الأرضية، ومن خلال التحاليل المعملية المختلفة والسابقة ذكرها فان خواص هذه الرمال ونسبة نقاوتها العالية تؤهلها إلى أن تكون قاعدة ضخمة للعديد من الصناعات التقنية الحديثة والحيوية (المجال الطبي والعسكري والزراعي والاتصالات وغيرها) وخاصة مع ظهور التقنيات المتطورة والمتقدمة مثل تقنية النانو والجرافين مع الحاجة الكبيرة للحفاظ على البيئة النظيفة والخالية من الملوثات للهواء والماء والتربة بالإضافة إلى ما تتمتع به الدول العربية من موارد طبيعية وبشرية أخرى تساعد على النهوض بهذه الصناعات وتمويلها بكل يسر مما يسد الاحتياجات المحلية والإقليمية .

<u>هوامش البحث:</u>

(1) نورالدين بشينة والربعي محمد، ثاني اكسيد السيلكون كمصدر مهم للتطبيقات الصناعية والتقنية الحيوية، مجلة جامعة الزاوية، العدد (10) لسنة 2008، الزاوية – ليبيا

(2) الهادي شيوا وعزيمة حسين، ترسبات سبها الطينية، ليبيا، معادنها والصناعات توقعات الصناعات الاقتصادية، مطبوعات جامعة كيبانكسا، الجزء 18 لسنة 2013، كيبانكسان– ماليزيا.

(3) سميحة بضياف، دراسة التركيب الجزيئي للرمل باستخدام حيود الاشعة السينية والأشعة تحت الحمراء منشورات جامعة قاصدي (2012)، ورقله– الجزائر .

(4) نوري زريبه وتشارلسالالاسدير، تصنيف المواد في رمال الصحراء بمنطقة الشيبات الليبية. مطبوعات جامعة نيوكاسل (2000)، نيوكاسل – بريطانيا.

(5) محمد الدويب، مستقبل الطاقة المتجددة، مطبوعات المكتب الوطني للبحث والتطير (2004)، طرابلس – ليبيا .

(6) نبيل الحافظ وعزام السمان وخالد علي ورافد عزيز، علم الصخور النارية، منشورات التعليم العالي والبحث العلمي، مديرية دار الطباعة والنشر، جامعة الموصل (1988)،الموصل – العراق

(7) عمر ألفقي، التكوين الإقليمي للصخور وعلاقته بالتغيرات السطحية لتكوينات الطبقة السيلورية العليا وطبقات اكوكاس السفلى بمنطقة حوض الحماده (غدامس)، (2000)، منشورات جامعة ميموريالنيوفاوندلاند.

(8) زكي الجبوري، بصريات المعادن، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، 1989، بغداد – العراق

(9) د.نبيل مصطفى الحافظ وآخرون علم الصخور النارية، منشورات الموصل – العراق.

(10) محمد الملاح – ثاني أكسيد السيليكون – مجلة بيت القصيد فبراير /2013 العنوان الالكتروني moulmallah@gmail.com

(11) ثاني أكسيد السيليكون – المعرفة ، موقع من الوب 2013/10/15

(12) A.Bigelow,C.Bowman, and D.kcassel physical properties of sand, us GA Turfgrass and Enirronmental Research online, Vol3,no.6

(13) سميحة بضياف، دراسة التركيب الجزيئي للرمل، أطروحة ماجستير جامعة قاصدي مرباح – كلية العلوم والتكنولوجيا وعلوم المادة يونيو 2012

(14) نور الدين بشينة والربعي جلة، ثاني أكسيد السيليكون مصدر قوى للصناعات التقنية الحديثة، مجلة الجامعة، منشورات جامعة الزاوية 2008 – الزاوية – ليبيا .

(15) طارق عكوس، ومونكاهاجبال، تاثير التغيرات الحرارية على المعادن والخواص الفيزيائية للصخور الرملية، مجلة تجديد المباني والنصب التذكارية، الجزء (11) رقـم (4) ص 1-8 لسنة 2005

(16) نور الدين بشينة والربعي جلة، استخلاص الزيولايت من الكاولينا- تحت النشر – جامعـة الزاوية (2013) .

(17) G.Anbalagana, et al, (2010) spectroscopic characterization of Indian standared sand, J.appl . spectroscopy, vol 77,no.01

(18) أحمد الصفار، الطرق الآلية في التحليل الكيميائي، ديوان المطبوعات الجامعيـة، جامعـة الجزائر ص 100 – 125 (1991).

(19) الهيئة العامة لتنمية التصنيع، وزارة التجارة والصناعة، دراسة اقتصادية عن السيليكون – مصر .

(20) Rosemarie szostak (1998), Molecular sieves :Preinciples of sythensis and identification, spring .ISBN 0751404802.

(21) I.Khan and is Harrison eds "Field Responsive poymers, ACS, nashington, D.c 1999, USA .

(22)Jung-kyun Hong etral preparation and characterization of porous Silica Xerogetfilm for low dielectric application, Thin solid films (1997) p 495-500 .

(23) Prakashsis, c.j. Brinker, and A.J.Hurd, J. non coryst . solids, 190(1995).

(24)H.Hirshima, and K . Sudoh, J.of non-cryst .solids . 145(1992) 51 J.philibert (1985), Comunication congress, second seminar of material, Univ of Constantine p.p (2-16).

(25)H.Moenke,(1974), the three dimentional silicates borosilicates and beryllium silicate, IR spectra of minerals, Min soc London

26) F.H.Pough, Rocks and Minerals, 5th ed.,1988, Houghton Mifflin Co. Boston, USA.