



جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة



قسم الفيزياء

مذكرة: ماستر أكاديمي

فرع : الفيزياء

تخصص : فيزياء المواد

من إعداد الطالبة : عرفة فطوم

الموضوع:

تعيين الخصائص المرئية والبصرية لزجاج فيروكسفاطي

نوقشت يوم: 2016/05/24

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

- | | | | |
|--------|-------------|----------|----------------|
| رئيسا | جامعة ورقلة | أ. محاضر | • محمدي لزهري |
| ممتحنا | جامعة ورقلة | أ. مساعد | • عياط زهية |
| مقررا | جامعة ورقلة | أ. محاضر | • بن طويلة عمر |

السنة الجامعية: 2016/2015

الشكر والثناء

«رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَى
وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَدْخِلْنِي بِرَحْمَتِكَ
فِي عِبَادِكَ الصَّالِحِينَ»
الحمد لله الذي أنار لنا درب العلم والمعرفة
وأعاننا على

أداء هذا الواجب ووفقنا إلى انجاز هذا
العمل

نتوجه بجزيل الشكر والامتنان إلى كل من
ساعدنا من قريب أو من بعيد على انجاز هذا
العمل وفي تذليل ما واجهناه من صعوبات،
ونخص بالذكر الأستاذ المشرف بن طويلة عمر
الذي لم يبخل علينا بتوجيهاته ونصائحه
القيمة التي كانت عوناً لنا في إتمام هذا
البحث.

كذلك الشكر موصول إلى لجنة المناقشة
المكوّنة من كل الأستاذ محمدي لزهري والأستاذة
عياط زهية لقبولها مناقشة هذه المذكرة.

إهداء

إلى من لا يمكن للكلمات أن توفي حقهما
إلى من لا يمكن للأرقام أن تحصي فضائلهما
إلى والدي العزيزين عرفة ابراهيم وحرور
فاطمة أدامهما الله لي
إلى إخوتي و أخواتي حسين وياسر وأم الخير
وسندس وتقوى ناريمان
والى زوجي بوحفص وإبنتي عائشة رحيل
والى كل عائلة عانو
إلى الأصدقاء: معمر ي نسرين وبن صب هاجر
وإلى كتكوته جنان
إلى كل طلبة السنة الثانية ماستر تخصص
فيزياء المواد دفعة 2016
إلى كل من سقط من قلبي سهوا
أهدي هذا العمل

الفهرس

فهرس المحتويات

إهداء

شكر وعران

فهرس المحتويات

فهرس الأشكال

فهرس الجداول

مقدمة عامة

الفصل الأول

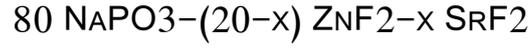
- 1 .ا. المقدمة
- 1 .ا. 1- تاريخ الزجاج
- 1 .ا. 2. حالات المادة
- 1 .ا. 1.2. الحالة الصلبة
- 2 .ا. 2.2 . المادة الصلبة غير بلورية
- 2 .ا. 3. تعريف الزجاج
- 2 .ا. 4. الحالة الزجاجية
- 3 .ا. 5 بنية الزجاج
- 3 .ا. 5.1- بنية الزجاج البسيط
- 3 .ا. 2.5.1. نموذج غولد سميث Goldsmith
- 3 .ا. 5. 3. نموذج zachariazen
- 3 .ا. 5.1. 4. بنية الزجاج المركب
- 5 .ا. 5.5.1. الاكاسيد المشكلة لشبكة الزجاجية
- 5 .ا. 5. 6. الاكاسيد المغيرة لشبكة الزجاجية
- 5 .ا. 5. 7. الاكاسيد الوسطية
- 5 .ا. 6. طبيعة الروابط
- 5 .ا. 7..1. أنواع الزجاج
- 5 .ا. 7 .. 1. الزجاج الأوكسيدي Les verres d'oxydes
- 6 .ا. 7.1. 2 . الزجاج الهالوجيني Les verres d'halogénures
- 6 .ا. 3.7.1. الزجاج الكالكوجيني Les verres de chalcogénures

7	1. 8. خصائص الزجاج
7	1.8.1. الخواص الضوئية
7	2.8.1. الخواص الحرارية
8	3.8.1. الخواص الكهربائية
8	4. 8.1. الخواص الميكانيكية
8	9. 1. حالة الزجاج الفوسفاتي
11	10. 1. خلاصة

الفصل الثاني: الخصائص المرورية للزجاج

14	II. المقدمة
14	II-2. نظرية المرورية
15	II.2.2. المعاملات المرورية Modules Elastiques
17	II.3. الخصائص المرورية للجسم الصلب
17	II.4. الاختبارات الميكانيكية
17	II.4.1. الاختبار الإتلافي
18	II.4.2. الاختبار اللاتلافي
18	II.4.3. اختبارات الامواج فوق الصوتية (Ultrasonic Testing UT)
20	II.5. الطرق التجريبية لتعيين المعاملات المرورية للزجاج
20	II.5.1. طريقة الامواج فوق الصوتية
21	II.5.2. نظرية القياس بالموجات فوق الصوتية
	الخصائص البصرية للزجاج
23	III.1. الخصائص البصرية
24	III.2. التحولات الالكترونية
24	III.3. قرينة الانكسار
24	III.4. معامل الامتصاص
25	III.5. فجوات غاب البصرية
28	III.6. الخاتمة

الفصل الثالث: تعيين الخصائص البصرية والمرونية للزجاج



29	1. مقدمة
29	2. الخصائص المرونية
29	1.2. تأثير استبدال ZNF ₂ بـ SRF ₂ على الكتلة الحجمية
31	2.2. تأثير استبدال ZNF ₂ بـ SRF ₂ على الخصائص المرونية
34	3. الخصائص البصرية
36	4. الخلاصة

فهرس الأشكال

2	الشكل (1. ا) يمثل المواد المبسط البلورية و لا بلورية .
2	الشكل (2.ا) يمثل حالة الزجاج الانتقالي.
2	الشكل (2.ا): مجال استقرار متعددة الوجوه تبعا لقيمة بين نصفين قطرين شاردين الموجبة والسالبة
6	الشكل(4.ا): مجال شفافية مختلف أنواع الزجاج
9	الشكل (ا -5): سلاسل خطية من NaPO_3
10	الشكل (6.ا): تصنيف الفوسفات
11	الشكل (7.ا): "الوحدات الهيكلية" الزجاج الفوسفات.
17	الشكل(1.ا): يوضح الاختبارات الاتلافية
19	الشكل(2.ا): اختبار الامواج فوق صوتية
20	الشكل (3.ا): أجزاء جهاز الموجات فوق الصوتية
21	الشكل(4.ا): الرسوم التوضيحية التخطيطية لطريقة الموجات فوق الصوتية.
22	الشكل(1.ا) الخصائص البصرية
24	يمثل الشكل (2. ا) تخطيطياً بنية إلكترونية من المجمع غير متبلور .
29	الشكل (1.ا): مخطط يبين طريقة حساب المعاملات المرورية انطلاقاً من القياسات فوق الصوتية
30	الشكل 2.ا: تغيير الكتلة الحجمية بدلالة النسب المولية لـ SRF_2 للنظام: $80\text{NaPO}_3-(20-x)\text{ZNF}_2-x\text{SRF}_2$

قائمة الجداول

4	1.ا تصنيف ZACHARIAZEN الاكاسيد
30	الجدول 1:IV: قيم الكتلة الحجمية للنظام: $80 \text{ NaPO}_3 - (20-x) \text{ ZNF}_2 - x \text{ SRF}_2$
31	الجدول 2:IV: قيم سرعات الصوت، المعامل الطولي، المعامل العرضي، معامل يونغ والمعامل الجسمي للعينات المدروسة
34	الجدول 3:IV: قيم نسبة بواسون، الممانعة الصوتية، الصلادة ودرجة حرارة ديباي للعينات المدروسة
35	يمثل 4:IV: والجدول طاقة (GAP) المباشر وغير مباشر

المقدمة العامة

مقدمة

يعتبر الزجاج من المواد الأكثر استعمالنا في الحياة اليومية، حيث أخذ اهتماما كبيرا خاصة في المجال العلمي والتقني و الفيزيائية والكيميائية ، حيث يستعمل في كثير من الوصفات الكيميائية والفيزيائية وهو أكثر مادة استعملت في شتى المجالات منذ قرن السابع عشر ، فتم استخدامه في صناعة الأواني المفيدة والمواد الزخرفية ومواد الزينة بما في ذلك المجوهرات. الزجاج يعتبر أساس العديد من الصناعات في مختلف المجالات، بفضل قابلية التزجيج، ووفرتة ورخص كلفته، وقد ظهرت بشكل واسع في الحياة المعاصرة فهو يستخدم في مختلف التركيبات الضوئية والطبية والعلمية والصناعية.

و في وقتنا الحالي وبسبب التغيير والتعديل في التركيب الكيميائي وفي عمليات التشكيل أصبح للزجاج تكنولوجيا عالية جعلت منه منتجا لا يمكن الاستغناء عنه في أي مجال، فالزجاج هو ذلك الجسم الصلب الذي يختص بعدد من السمات المميزة التي تأتي من خصوصية بنيته و لا تجتمع في غيره من المواد، و لا تزال الأبحاث تنشط للتعمق في فهم بنية الزجاج و سلوكه الترموديناميكي و خواصه البصرية.

الهدف من هذه المذكرة هو تعيين الخصائص المر ونية والبصرية للزجاج الفوسفاتي والفليورو فوسفاتي. وسنقوم بتحديد بعض الخصائص المر ونية والبصرية للزجاج الفوسفاتي والفليورو فوسفاتي للمركب: $80 \text{ NaPO}_3 - (20-x) \text{ ZnF}_2 - x \text{ SrF}_2$.

وقد قسمت هذه المذكرة إلى ثلاثة فصول :

الفصل الأول: دراسة عامة حول الزجاج ، بنيته و أهم خواصه.

الفصل الثاني: الدراسة الخصائص المر ونية والبصرية للزجاج

الفصل الثالث: دراسة تأثير استبدال ZnF_2 بـ SrF_2 على الخصائص المر ونية والبصرية للزجاج الفليورو فوسفاتي ذي التركيب:

$80 \text{ NaPO}_3 - (20-x) \text{ ZnF}_2 - x \text{ SrF}_2$.

الفصل الأول

الزجاج

I. المقدمة:

لقد استخدم الزجاج من طرف الإنسان منذ آلاف السنين , يعد من المواد المهمة قديمة الاكتشاف حيث اخذ اهتمام كبير من العلماء في شتى المجالات العلمية والتقنية لفترة طويلة ويستخدم في صناعة الأدوات الحادة من السهوم والفؤوس , بنيتته الزجاج مميز أخذت اهتماما كبير من العلماء , وهو أكثر المواد فائدة في العالم , حيث استخدموا في تضخيم ضوئي إلا أن تطبيق العلم لتحسين زجاج والعمل على تطوره اخذ وقت طويلا حيث تعمل التطبيقات الجديدة على تحسين بنية الزجاج. ويظهر أن الزجاج له مستقبل عظيم. وسنتطرق في هذا الفصل على اخذ أساسيات الزجاج وأنواعه وخصائصه وسلوكه.

I. 1- تاريخ الزجاج:

يعد تاريخ صنع الزجاج إلى عام 2000 قبل الميلاد ومنذ ذلك الحين دخل الزجاج في أغراض عديدة في حياة الإنسان اليومية فتم استخدامه في صناعة الأواني المفيدة والمواد الزخرفية..... الخ كما أن له تطبيقات صناعية والعمارة وقد كانت أقدم المواد الزجاجية عبارة عن خرزات حيث لم يتم توصل إلى الأنية المحوفا حتى عام 1500 قبل الميلاد. ويعتبر الصناع الاسوييون هم أول من ارسى صناعة الزجاج, ومنهم انتقلت الصناعة إلى مصر حيث ترجع أول أنية زجاجية إلى حكم تحتمس الثالث (1450-1504) قبل الميلاد. وقد ظلت صناعة الزجاج منتعشة في مصر حتى حوالي عام 1200 قبل الميلاد ثم توقفت فعليا لعدة قرون وفي القرن التاسع قبل الميلاد ظهرت كل من سوريا والعراق كمركز لصناعة الزجاج وامتدت الصناعة عبر مناطق البحر الأبيض المتوسط , وفي العصر الإغريقي عرفت مصر دور هام في تزويد القصور الملكية بزجاج الفخم .

وعرف علماء المسلمين البلورة هو الزجاج الممتاز الذي يحتوي على نسب مختلفة من أكاسيد الرصاص , وصنعه باتقان ومازال يستعمل في صناعة الأقداح والأواني وكذلك في صناعة الخواتم والأدوات المنزلية... الخ وشهدت الفترة الممتدة ما بين (1950-1960) ميلادي ازدهار حقيقي لعلم الزجاج مقارنة بما عرفوه بعلم التعدين قبله بعشرات السنين , صنف الزجاج ضمن المواد ذات التطبيقات الدقيقة عالية تخصص كما عرفنا بانا الزجاج يمكن اعتباره كوسيط حقيقي لتفاعلات شتى وهكذا استمر الزجاج في جلب حلول أصلية لهذه التقنيات الجديد .

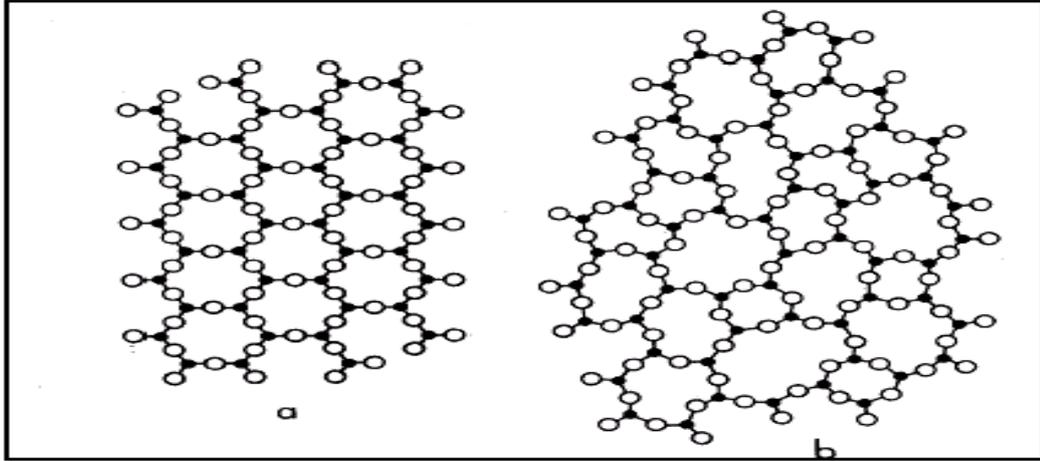
I. 2. حالات المادة:

يمكن تصنيف- المواد إلى أربعة حالات :صلبة, سائلة, غازية بلازما.

I. 1.2. الحالة الصلبة: وتنقسم المادة الصلبة إلى نوعين أساسيين هما

المادة الصلبة البلورية: المادة الصلبة البلورية تكون ذراتها منتظمة بشكل دوري وتتميز بترتيب ذري منتظم طويل المدى

I. 2.2. المادة الصلبة غير البلورية: تكون ذرتها بشكل عشوائي وتتميز بترتيب ذري قصير المدى وتضم



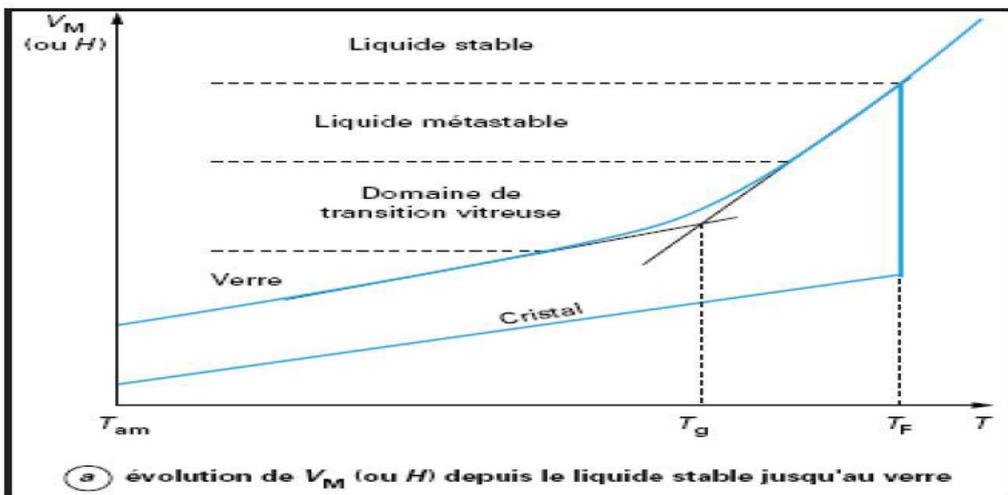
الشكل (I. 1) يمثل المواد المبسط البلورية و لا بلورية.

I. 3. تعريف الزجاج:

يعتبر الزجاج من المواد اللابلورية التي تمتلك نمط هندسي دوري تميزه ظاهرة الانتقال والتي تسمى بظاهرة الانتقال الزجاجي وتسمى هذه الحالة الفيزيائية بالحالة الزجاجية, و نتحصل على هذه الحالة بواسطة التبريد السريع لسائل الزجاجي المذاب

I. 4. الحالة الزجاجية:

تتميز هذه الحالة بحدوث ظاهرة الانتقالات الزجاجية التي يتم فيها الانتقال من الطور السائل اللزج إلى طور الزجاجي. فعندما نقوم بتبريد السائل الزجاجي اللزج تبريدا سريعا ومتواصل يحدث له تقلص وتناقص في الحجم مع انخفاض درجة الحرارة حتى تصبح اقل من درجة حرارة الانصهار. فكلما انخفضت درجة الحرارة ارتفعت نسبة اللزوجة يبدأ السائل في التصلب إلى أن يتحول إلى بلورة و بمواصلة عملية التبريد وانخفاض درجة الحرارة يثبت الحجم وتسمى درجة حرارة الانتقال الزجاجي T_g .



الشكل (I. 2) يمثل حالة الزجاج الانتقالي.

I. 5 بنية الزجاج:

وضعت عدة فرضيات من اجل دراسة بنية الزجاج وذلك منذ بداية القرن العشرين من بينها نظرية البلورية التي طورت من طرف مجموعة من العلماء PORAI-KOSHITZ ; VALUENKOV ; LEBEDEV وتنص هذه النظرية على أن الزجاج يتشكل من العديد مجالات الذرية الصغيرة والمرتبطة تسمى البلورات. أما النظرية الثانية التي وضعت من طرف ZACHARIAZEN سنة 1932 (نموذج شبكة العشوائية) تنص على أن عدم وجود مجالات ذرية مرتبة، بل تعتمد بنية الزجاج على طبيعة ونسبة الاكاسيد المكونة له وتنقسم بنية الزجاج إلى قسمين:

I. 5.1- بنية الزجاج البسيط:

يتكون الزجاج البسيط من نوع واحد من الاكاسيد ويكون ترتيب الجزئيات عشوائي وهو يمثل الشبكة العشوائية التي تأخذ أشكال متعددة الأوجه وهي:

الزجاج السيليكاكي يتكون من جزيئات SiO_2

الزجاج الفوسفاتي يتكون من جزيئات P_2O_5

الزجاج البوراتي يتكون من جزيئات B_2O_3

I. 2.5. نموذج غولد سميث GOLDSMITH :

ثلاث شوارد سالبة A ذات نصف قطر $RA=1$ تتربط مشكلة مثلث تتوسطها شاردة موجبة ذات نصف قطر R وتكتب الصيغة الكيميائية في هذه الحالة CA_3 وهو عبارة عن شكل ثلاثي السطوح والنسبة RC/RA إذا كان للشاردة السالبة نصف قطر كبير جدا، فان النسبة $RC/RA=0.155$ الموافقة لهذا النسق تكون في حدود 0.225 وهي حالة الأقرب إلى لاستقرار لهذه البنية والصيغة الكيميائية الموافقة CA_4 وهي عبارة عن شكل رباعي السطوح، وفي الحالة النسبة $RC/RA=0.414$ يكون الشكل عبارة عن ثماني الأوجه. الشكل التالي وضع مجالات استقرار متعددة السطوح تبعا لقيمة النسبة بين نصفي قطري الشاردين السالبة والموجبة.

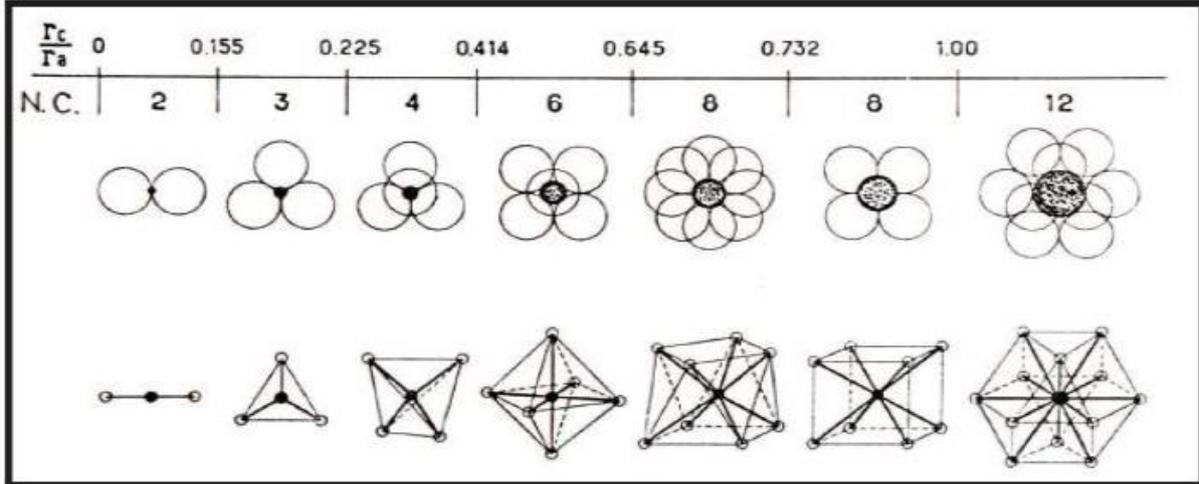
I. 5. 3. نموذج ZACHARIAZEN:

وضع في نمودجه إن الاكاسيد المشكلة للزجاج يجب أن تخضع لمجموعة قواعد هي: عدد ذرات الأكسجين المحيطة بالشاردة السالبة A يجب أن يكون صغيرا. أي ذرة أكسجين لا يجب أن ترتبط بأكثر من شاردتين موجبين. يمكن أن تشترك متعددات الأوجه في الرؤوس ولكن لا يمكن أن تكون لها أوجه مشتركة. على الأقل ثلاثة رؤوس لكل متعدد أوجه تكون مشتركة مع متعددات سطوح أخرى.

I. 5- 4 - بنية الزجاج المركب:

الزجاج المركب يتكون من أكسيدين فأكثر من الاكاسيد البسيط وتصنف هذه الاكاسيد من حيث وظائفها في الشبكة الزجاجية إلى مايلي : الاكاسيد المشكلة للبنية الزجاجية

وهي الاكاسيد التي تشكل البنية القاعدية للشبكة الزجاجية وتتميز هذه الاكاسيد بطاقة ربط كبير ودرجة حرارة ذوبان عالية جد



الشكل (2.I): مجال استقرار متعددت الوجوه تبعا لقيمة بين نصفين قطرين شاردتين الموجبة والسالبة

يتكون الزجاج المركب عادة من أكسيد فأكثر من الاكاسيد البسيطة وواحد من الاكاسيد التالية AO , A_2O بنسب متفاوتة ووظائف مختلفة ولقد وصف ZACHARIAZEN الاكاسيد من حيث وظائفها في الشبكة الزجاجية إلى ثلاث أصناف

الجدول (1.I): تصنيف "zachariasen" لبعض الأكاسيد

SiO ₂ , GeO ₂ , B ₂ O ₃ , P ₂ O ₅ , AS ₂ O ₅ , AS ₂ O ₃ , V ₂ O ₅	الأكاسيد المشكلة
AL ₂ O ₃ , PbO, ZnO, CdO, TiO ₂	الأكاسيد الوسيطة
Li ₂ O, Na ₂ O, K ₂ O, MgO, CaO, SrO, BaO	الأكاسيد المغيرة

5.5.I. الأكاسيد المشكلة لشبكة الزجاجية:

وهي الاكاسيد التي تشكل البنية القاعدية للشبكة الزجاجية للمركب, وتتراوح نسب دخولها في الزجاج ما بين (55-94)%, وتصنف هذه الاكاسيد من حيث بنيتها الفراغية إلى صنفين (أكاسيد ذات هندسة بنيوية مستوية و أكاسيد ذات هندسة بنيوية فضائية), وتتميز الاكاسيد المشكلة بطاقة ربط كبير, ودرجة حرارة ذوبان عالية جدا.

5.6.I. الأكاسيد المغيرة لشبكة الزجاجية:

وهي أكاسيد تضاف إلى تركيبة الأولية للزجاج لإطراء تغيير على البنية شبكته الزجاجية وذلك بغية الحصول على خصائص فيزيوكيميائية معينة, تستعمل عادة أكاسيد المعادن القلوية ذات الصيغة الكيميائية A_2O مثل

مثل Na_2O, Li_2O, K_2O أو أكاسيد المعادن القلوية الترابية ذات الصيغة الكيميائية AO مثل BAO, MgO, CaO الخ, كأكسيد مغير تتراوح نسب دخوله في الزجاج ما بين (1.5-22)%.
I. 7.5. الأكاسيد الوسطية :

هي أكاسيد يمكنها القيام بوظيفتين السابقتين، إما كأكسيد مشكلة أو كأكسيد مغيرة، وذلك متوقف على نسبتها المضافة إلى تركيبة الزجاج ومن أهمها Al_2O_3 تتراوح نسبة دخولها في الزجاج بين (2-30)% وتنتمي وفق التركيبة الكيميائية للزجاج إلى إحدى الفئتين السابقتين مثل $Al_2O_3 \cdot TiO_2 \cdot PbO$ فتعتمد هذه الأكاسيد على استقرار الشبكة الزجاجية، بمنحها خاصية عدم التغيير والذوبان

I. 6. طبيعة الروابط:

في المواد الزجاجية تكون العناصر المشكلة A للشبكة الزجاجية تشترك مع العناصر اللامعدنية ((NON-MÉTAL) F, O, S, Se ، برابطة تكافؤية على عكس الروابط الموجودة بين العناصر المتغيرة للشبكة الزجاجية والعناصر المعدنية فهي روابط أيونية، في حين عندما يستبدل الفلور أو الأكسجين بالكبريت أو السيلينيوم تصبح هذه الروابط تدريجياً أكثر تكافؤاً

I. 7. أنواع الزجاج:

تنقسم أنواع الزجاج إلى ثلاثة عائلات كبرى و هي الزجاج الأكسيدي (LES VERRES OXYDES) و الزجاج الهالوجيني (LES VERRES D'HALOGÉNURE) و الزجاج الكالكوجيني (LES VERRES DE [9]CHALCOGÉNURE)

I. 7. 1. الزجاج الأكسيدي LES VERRES D'OXYDES

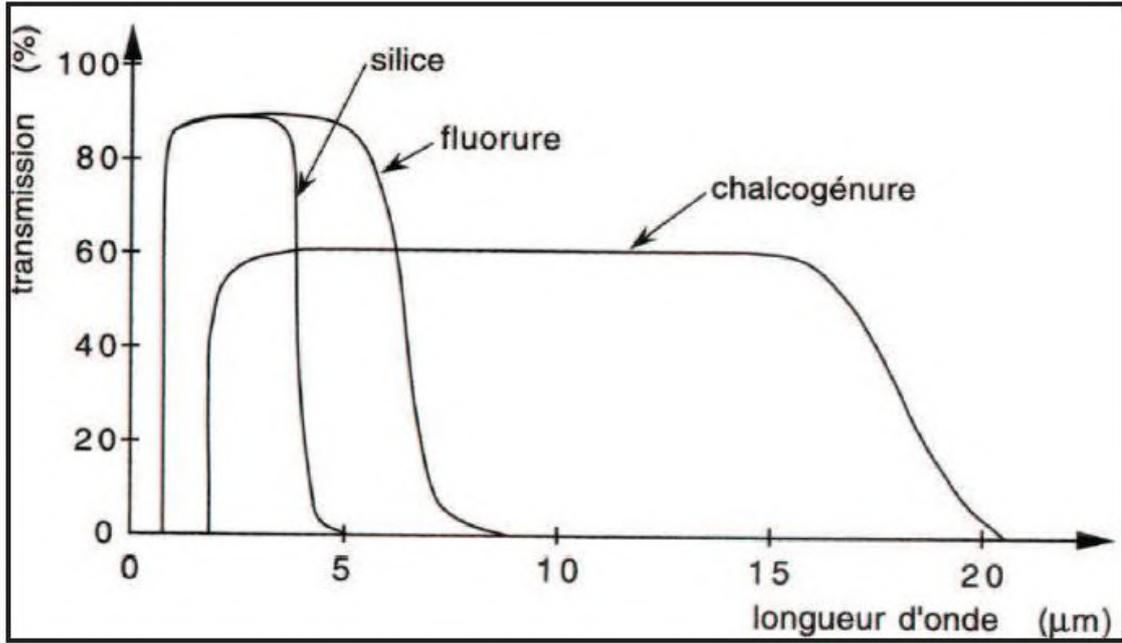
يمثل هذا النوع من الزجاج أكبر عائلات الزجاج الصناعي و يتميز بخصائص تيرمو ديناميكية ممتازة و بقاء كيميائي جيد و له استقرار حراري علي و مقاومة عالية جدا للتآكل، يستعمل هذا النوع من الزجاج لصناعة الألياف الزجاجية البصرية و بعض أنواع زجاج اللحام مع المعادن و يستعمل في تطبيقات زجاج الليزر. و له عدة أنواع (زجاج أكسيد الجرمانيوم، زجاج أكسيد السيليسيوم، زجاج أكسيد البور، زجاج أكسيد الفسفور) [9].

I. 7. 2. الزجاج الهالوجيني LES VERRES D'HALOGÉNURES

الزجاج الهالوجيني أساسه الأملاح (الفلورور، الكلورور، البرومور، اليودور)، أغلب أنواعه غير مستقرة كيميائياً ماعدا زجاج الفلورايد له خصائص ميكانيكية و كيميائية جيدة. تشكل بعض مركبات الفلوريدات أنواع من الزجاج اللاعضوي و هي ذات أهمية تجارية نظراً لنفوذتها للأشعة تحت الحمراء و لاستخدامها في الألياف البصرية للاتصالات.

I. 3.7. الزجاج الكالكوجيني LES VERRES DE CHALCOGÉNURES

اكتشف هذا النوع من الزجاج سنة 1945، حيث يتم تشكيل هذا النوع من الزجاج من عناصر المجموعة IV_A مزوج بعناصر أخرى، كما تعد بعض العناصر الكالكوجينية (الكبريت و السيلينيوم) أساس الزجاج الكالكوجيني الذي يتميز بشفافيته الكبيرة للأشعة تحت الحمراء و استقراره الكيميائي كما تتميز جزيئاته بروابط كيميائية متكافئة و قرينة انكسار خطي اكبر من 2 [9].



الشكل (4.I): مجال شفافية مختلف أنواع الزجاج

I. 8. خصائص الزجاج

I. 1.8. الخواص الضوئية

■ الشفافية TRANSPARENCE

يمتاز الزجاج بشفافية صافية متجانسة، تمر من خلاله جميع الأشعة الضوئية من فوق البنفسجية إلى تحت الحمراء كما أن له

خاصية الاحتفاظ بالأشعة ذات التأثير الحراري، و تعرف الشفافية بقانون BEER LAMBERT [10]:

$$(1.I) \quad I = I_0 \text{ EXP}(-AX)$$

I : شدة الإشعاع الصادر

I_0 : شدة الإشعاع الوارد

X : سمك عينة الزجاج

α : معامل الامتصاص

■ قرينة الانكسار INDICE DE REFRACTION

قرينة انكسار الزجاج N تعبر عن سرعة انتشار الضوء في الزجاج و هي النسبة بين سرعة الضوء C في الفراغ و سرعة الضوء في الزجاج v [10].

$$(2.I) \quad n = c/v$$

سرعة الضوء في الفراغ هي نفسها مهما كان الطول الموجي، و هذا ليس في جميع المجالات الأخرى. و بالتالي فان قرينة

الانكسار تعتمد على الطول الموجي، تتناقص قرينة الانكسار كلما زاد الطول الموجي λ .

هذا الاختلاف يسمى التشتت و يعرف بالعلاقة التالية:

$$(3.I) \quad D = \frac{dn}{d\lambda}$$

2.8.I. الخواص الحرارية

■ اللزوجة VISCOSITÉ

تعد اللزوجة من أهم خصائص الزجاج، فهي عامل مهم في تشكيله، و تتعلق خاصة بدرجة الحرارة و التركيب الكيمياوي. ترتبط اللزوجة بمقاومة السائل لاجهادات القص فكلما كانت اللزوجة عالية كانت إجهادات القص عالية [8].

يمكننا اعتبار الزجاج كسائل مثالي ترتبط لزوجته H بإجهاد القص σ و سرعة التشوه الزاوي $\frac{d\gamma}{DT}$

■ التوصيل الحراري CONDUCTIVITÉ THERMIQUE

يتميز الزجاج بتوصيل حراري ضعيف حيث يكون معدل سريان الحرارة في الزجاج أقل بكثير مقارنة بالمعادن، و الزجاج الذي له أكبر توصيل حراري هو الزجاج السيليكاتي [1].

■ التمدد الحراري DILATATION THERMIQUE

عند ارتفاع درجة الحرارة ترتفع الطاقة الحرارية، مما يؤدي الى زيادة سعة اهتزاز الجزيئات. و ينجم عن ارتفاع درجة الحرارة التمدد الحراري، الذي يعلمنا عن ردود فعل الزجاج للصددمات الحرارية [1].

■ البقاء الكيمياوي DURABILITÉ CHIMIQUE:

هو مفهوم يعبر عن مدى مقاومة الزجاج للتاكل الناتج عن تعرضه للمحاليل المائية كالأحماض و رطوبة الجو و العوامل الكيمياوية و يعتبر الزجاج السيليكاتي مقاوم كبير لهذه العوامل نظرا لقوة الروابط بين جزيئاته [1].

3..8.I. الخواص الكهربائية:

في الدرجات الحرارة العادية يكون الزجاج رديئا في توصيل للكهرباء و يعتبر في هذه الحالة من المواد العازلة، و تختلف مقاومة الزجاج للكهرباء باختلاف تراكيبه، و بارتفاع درجة الحرارة تقل مقاومة الزجاج للتيار الكهربائي، بل تزيد الرطوبة من قابلية التوصيل للتيار الكهربائي كما ان السطح الخشن للزجاج يقلل من مقاومة التيار.

I. 8. 4. الخواص الميكانيكية:

▪ الصلادة :

و هي قدرة مقاومة الزجاج لعوامل الخدش و الاحتكاك ، و تختلف صلادة الزجاج باختلاف تركيبه. فالزجاج البوتاسي أكثر أنواع الزجاج صلادة فهو يقاوم عوامل الاحتكاك دائما، تقدر صلادة الزجاج بنسب الاكاسيد المكونة له.

▪ المرونة:

و هي عودة الجسم إلى شكله الأصلي بعد زوال المؤثر عليه و تقدر مرونة الجسم بالثقل الذي يتحمله. و تزداد مرونة الزجاج بارتفاع درجة الحرارة.

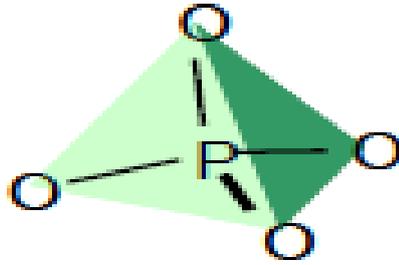
▪ المتانة :

تختلف متانة الزجاج باختلاف تركيبه فتزداد بزيادة نسبة السيليكا و كذلك ترفع الالومينا متانة الزجاج بينما نلاحظ أن متانة الزجاج تضعف بالتسخين الطويل.

I. 9. حالة الزجاج الفوسفاتي:

حسب zachariazen، فإن P_2O_5 من الأكاسيد المشكلة للزجاج، فالفسفور P، الذي بنيته الإلكترونية هي $(Ne) 3s^2 3p^3$ ، له بنية هرمية ثلاثية في الأكسيد P_2O_5 بسبب التهجين sp^3 .

الفوسفات هو عبارة عم ملح يحتوي على أيونات في بنية هرمية ثلاثية مع ذرة فوسفور في المركز (الشكل 5.1).



الشكل (5.1): الوحدة الأساسية لشبكة الفوسفات.

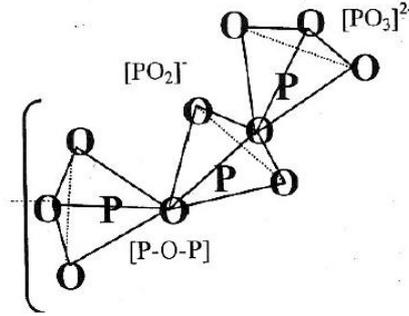
الوحدة الأساسية لشبكة الفوسفات هي هرمية ثلاثية $(PO_4)^{3-}$.

في النظام زجاجي $NAPO_3$ (ميتا فوسفاتي)، هذه الوحدات ترتبط على شكل سلاسل خطية. العناصر البنائية لهذا النوع من السلاسل هي ::

• الروابط الجسرية P—O—P

• مراكز السلاسل $(PO_2)^-$

• نهايات السلاسل $(PO_3)^{2-}$



الشكل (I-5): سلاسل خطية من $NaPO_3$

بصفة عامة، المركبات الفوسفاتية لها بنى مختلفة جدًا، إذ يمكنها تشكيل بنى ثلاثية البعد أو خطية. في كل الحالات، هذه الشبكات مرتكزة على ترتيب الوحدات PO_3 .

درجة أكسدة الفوسفور تساوي خمسة؛ وعندما يرتبط مع الأكسجين فإنه يشكل ثلاثة روابط تساهمية بسيطة بالإضافة إلى رابطة مزدوجة مع الأكسجين.

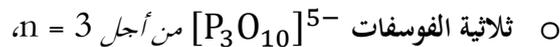
ذرة الأوكسجين التي لها رابطة بسيطة مع الفوسفور يمكن أن تكون في الطرف $(-O-P)$ ، أو ترتبط بذرة فوسفور أخرى $(P-O-P)$ (انظر الشكل 1، 6). لوصف تسلسل الوحدات الهرمية، نستخدم اصطلاحاً مصطلح Q^N ، حيث تمثل N عدد ذرات الأوكسجين الجسرية لكل هرم ثلاثي.

إضافة أكسيد معدّل (M_2O) إلى P_2O_5 يؤدي إلى نشوء ذرات أكسجين غير جسرية. يمكن وصف هذا التفاعل بالمعادلة:



يمكن تصنيف الفوسفات في الفئات التالية (انظر الأشكال (1.7) و (1.8)):

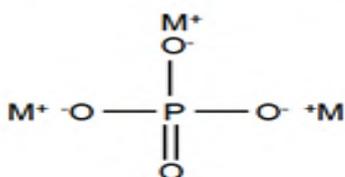
- أحادية الفوسفات : هي مركبات فوسفاتية مشكّلة من تجمع لـ PO_4^{3-} معزولة.
- متعددة الفوسفات: هي سلاسل خطية مكونة من PO_4 ، ولها الصيغة $[P_nO_{3n+1}]^{(n+2)-}$ ، وحسب قيمة n يمكن أن نجد:



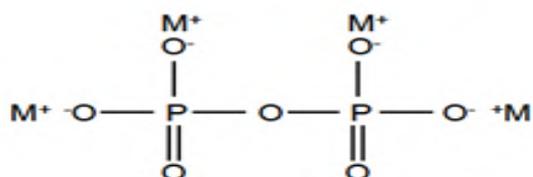
○ رباعية الفوسفات $[P_4O_{13}]^{6-}$ من أجل $n = 4$.

إذا كان N يؤول إلى مالاخامية، فإننا نعرّف الميتافوسفات (سلسلة طويلة من متعدد الفوسفات) الموصوف بالصيغة $[P_NO_3]_n$.

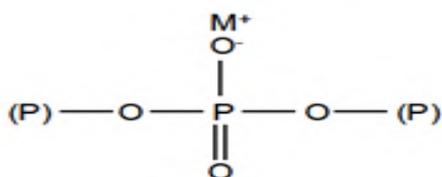
Q^0 : orthophosphate



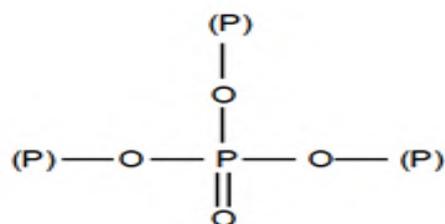
Q^1-Q^1 : pyrophosphate



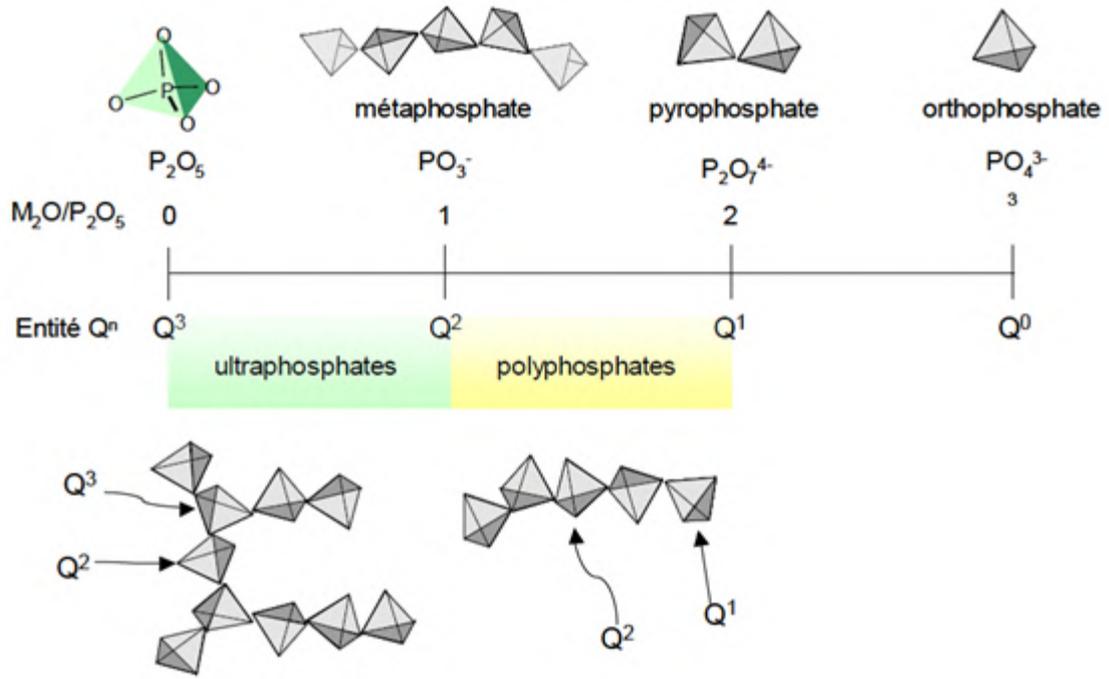
Q^2 : métaphosphate



Q^3 : ultraphosphate



الشكل (6.I): تصنيف الفوسفات



الشكل (7.I): "الوحدات الهيكلية" الزجاج الفوسفات.

I. 10. خلاصة:

ذكرنا في هذا الفصل بعض المفاهيم الأساسية حول الزجاج، الزجاج هو جسم صلب لا بلوري يتمتع بظاهرة الانتقال الزجاجي، فمن الممكن الحصول عليه بعدة مركبات بحيث يختلف نوع الزجاج باختلاف تركيبه، وقد بينا أنه هناك ثلاث عائلات كبرى للزجاج و هي الزجاج الأكسيدي، الهالوجيني، الكالكوجيني، كما تطرقنا في نهاية هذا الفصل إلى بعض خصائص الزجاج مثل الخصائص الضوئية و الحرارية و الكهربائية و الميكانيكية.

الفصل الثاني

الخصائص

المرونية والبصرية الزجاج

II. المقدمة:

الزجاج، من المواد متجانسة الخواص، يُظهر خواصا ذاتية فريدة من نوعها. وتستند هذه الخصائص عموما إلى تركيبه وبنيته، كما تتعلّق أيضا بتفاعله مع الحقول الخارجية مثل الأمواج الكهرومغناطيسية. سنهتم في دراستنا هذه بالخصائص المرورية والخصائص البصرية للزجاج، والتي تلعب دورا مهما في تحديد مدى صلاحية هذه المادة من أجل استعمال معيّن تحت ظروف محددة.

في هذا الفصل سوف نقوم بعرض بعض الخصائص المرورية للزجاج، كما سنقوم بالتطرق إلى أهم الطرق التجريبية لتعيين المعاملات المرورية، والتي من بينها طريقة القياسات فوق الصوتية. كما سنعرض بعض أهم الخصائص البصرية للزجاج.

II-2. نظرية المرورية:

II.2.1. وصف خصائص المرورية من المواد الصلبة:

يوصف السلوك العياني لمادة صلبة عن طريق نظرية نظرية المرورية، التي تصف طريقة التشوهات الصلبة عندما يتم تطبيق ضغوط خارجية، و أيضا تصف قابلية المادة على استعادة شكلها الأصلي بعد إزالة القوة المؤثرة والمسببة للتشوه.

يعبر عن مؤثر الإجهاد لتشوهات صغيرة، (X_1, X_2, X_3) U_{ij} ، J هو عنصر النزوح عند النقاط (X_1, X_2, X_3) بـ :

$$u_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_i}{\partial X_j} + \frac{\partial U_j}{\partial X_i} \right) \quad (1. II)$$

عندما يحدث تشوه، فإن الجسم لا يكون في حالته الأصلية من التوازن، وبالتالي تنشأ القوى التي تسمى الضغوط الداخلية والتي تميل لعودة الجسم إلى حالة توازنه.

إذا كان تشوه الجسم صغير نوعا ما، فإنه يعود إلى حالته الأصلية عندما يتوقف تأثير القوى الخارجية، وعرف هذه التشوهات بالتشوهات المرنة. أما بالنسبة للتشوهات الكبيرة فإنه عند إزالة القوى الخارجية لا يمكن للجسم ان يعود لشكله الكامل بعد التشويه، وهذه التشوهات تكون بلاستيكية.

هناك أنواع مختلفة من المعاملات حيث يعتمد نوع المعامل على نوع التشوه الذي تتعرض له المادة كالاستطالة والانحناء وغيرها. وتمثل المعاملات جميعها بإيجاد نسبة الإجهاد إلى الانفعال ضمن حدود المرورية.

▪ الإجهاد STRESS:

يعرف بأنه القوة المؤثرة على وحدة المساحات ووحدته نيوتن / م² والإجهاد أنواع منها إجهاد الشد وينتج عنه زيادة في الطول وإجهاد الضغط و ينتج عنه نقص في الطول أو تغير في الحجم وإجهاد القص (إجهاد مماسي) و ينتج عنه تغير في شكل الجسم الهندسي.

▪ الانفعال STRAIN:

يعرف الانفعال أو المطاوعة بأنه تشوه تلك المادة كما يعرف أيضا على انه التغير النسبي الذي يسببه الإجهاد لأبعاد الجسم أو شكله أو حجمه، وهناك أنواع عدة للمطاوعة وهي مطاوعة الشد ومطاوعة الكبس ومطاوعة القص. للحصول على الخواص الصلبة، في حالة تشوهات مرنة، مؤثر الإجهاد بدلالة مؤثر الانفعال يُعطى بالعلاقة:

$$(2. II) \quad \sigma_{ij} = K u_{ll} \delta_{ij} + 2G(u_{ij} - \delta_{ij} u_{ll}/3)$$

حيث K: هو المعامل الجسمي.

G: هو المعامل العرضي

و يتم وصف السلوك المرن بالكامل عن طريق المعامل الطولي L و أيضا المعامل العرضي G، وتعرف علاقة كوشي العلاقة بين L و G بـ (L=3G)، وهذه العلاقة صالحة للمواد الصلبة موحدة الخواص. وتوجد علاقة بين K و G:

وهذا يعني أن L و K تساوي 0 عندما G = 0.

من أجل كمون التفاعل لينارد-جونز، هذه العبارة تتغير $L=A+BG$ حيث A و B ثوابت. وهذا يؤدي إلى العلاقة:

والتي تعرف باسم علاقة كوشي المعممة. A و B تبقى ثابتة مع تغير درجة الحرارة والضغط، ولكن تتأثر بتغير صغير في الكمون. هذه العلاقة هي صالحة لكل من السوائل و الزجاج.

من أجل التشوه البسيط فان UIJ هي دالة خطية، وهذا التشوه يتناسب مع القوى المطبقة. يسمى هذا القانون بقانون هوك، الذي هو في الواقع ينطبق على التشوهات كلها تقريبا مرنة في المواد الصلبة. في حالة بسيطة لتشوهات متجانسة فيه مؤثر الانفعال هو ثابت في جميع أنحاء حجم الجسم، و مؤثر الإجهاد معطى بدلالة مؤثر الانفعال بـ:

$$(5. II) \quad \sigma_{ij} = \frac{E}{1+\nu} \left(u_{ij} + \frac{\nu}{1-2\nu} u_{ll} \delta_{ij} \right)$$

حيث E: هو معامل يونغ.

2.2.II. المعاملات المرورية : MODULES ELASTIQUES

يعتبر الزجاج مادة صلبة مرنة، و هذا يعني عند تعرضه لإجهاد ميكانيكي فإنه ينكسر تماما.

نظرية المرورية تهتم بتفاصيل استجابة المواد للاجهادات المسلطة عليها حيث تستعمل معاملات مختلفة، تُعرف بالمعاملات المرورية، وهي: معامل يونغ E، المعامل الجسمي K، المعامل العرضي G ، و المعامل الطولي L، بالإضافة الى نسبة بواسون ν

▪ المعامل الطولي :MODULE DE LONGITUDINALE

المعامل الطولي L يعبر عن استطالة العينة تحت تأثير الإجهاد الطولي، يحدث توسع في اتجاه عمودي على استطالة الانكماش العرضية .

$$L = \rho V_L^2 \quad (6. II)$$

▪ المعامل الجسمي :MODULE DE RIGIDITÉ

يصف المعامل الجسمي استجابة انفعال الجسم إلى الضغط الهيدروستاتيكي الذي يعمل على تغيير في الحجم دون تغيير الشكل و يطبق الإجهاد على جميع الأطراف، و هذا يؤدي إلى ضغط يحدد المعامل الجسمي K و تعطى عبارته بـ :

$$K = \rho \left(V_L^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right) \quad (7. II)$$

▪ المعامل العرضي :MODULE DE CISAILLEMENT

ويتعلق المعامل العرضي باستجابة انفعال الجسم للإجهاد القص، الذي يعمل على تغيير الشكل دون تغيير الحجم، وإجهاد القص يؤدي إلى عملية القص، و المعامل الموافق G يحمل الكثير من التسميات و هي معامل القص، المعامل العرضي و معامل الالتواء و يعبر عنه بـ:

$$G = \rho V_s^3 \quad (8. II)$$

▪ معامل يونغ **MODULE DE YONG**

يدعى معامل يونغ نسبة إلى توماس يونغ (العالم البريطاني القرن ال19). ومع ذلك، تم تطوير مفهومه في عام 1727 من قبل ليونارد يولر، وأجريت التجربة الأولى التي يستخدم فيها مفهوم معامل يونغ من قبل العالم الإيطالي جيوردانو ريكاتي في 1782. و يعرف معامل يونغ باسم معامل الشد، هو مقياس لصلابة من مادة مرنة الخواص. ويعرف بأنه نسبة الإجهاد ذو محورين على انفعال ذو محورين في نظام مرن.

هذا ويمكن تحديده تجريبيا من منحني الإجهاد والانفعال التي تم إنشاؤها أثناء اختبارات الشد أو الضغط التي أجريت على المواد. و بشكل غير صحيح، يسمى معامل يونغ بمعامل المرونة، لأن معامل يونغ E هو ثابت مرونة الأكثر شهرة، والذي هو الأكثر شيوعا في التصميم الهندسي. ويمكن إعطاء E:

$$(9. II) \quad E = \rho v_s^2 \frac{(3v_L^2 - 4v_s^2)}{v_L^2 - v_s^2}$$

▪ نسبة بواسون **COFFICIENT DE POISSON**

سميت نسبة إلى سيميون بواسون، وهي خاصية مادية هامة تستخدم في تحليل المرونة من المواد، عندما يتم ضغط مادة في اتجاه واحد، فإنه يميل عادة للتوسع في غيرها من الاتجاهين عمودي على اتجاه الضغط. وتسمى هذه الظاهرة تأثير بواسون، وهي النسبة بين الانكماش العرضي و الاستطالة النسبية و تعطى بالعلاقة:

$$(10. II) \quad \gamma = \frac{(v_L^2 - 2v_s^2)}{2(v_L^2 - v_s^2)}$$

3.II. الخصائص المرنة للجسم الصلب:

تعتمد الخصائص المرنة للجسم الصلب على درجة الحرارة، يمكن للتشوهات أن تحدث مصحوبة بتغيير في درجة حرارة الجسم إما نتيجة لعملية تشويه نفسها أو من أسباب خارجية. ومن بين الأنواع المختلفة للتشوهات، التشوهات متساوية درجة الحرارة والكظومة. في تشوه متساوي درجة الحرارة، درجة حرارة T للجسم لا تغير K، E، G، و v وبالتالي يمكن أن تسمى معاملات المرونة متساوية درجة الحرارة.

إذا لم يكن هناك تبادل الحرارة بين الأجزاء المختلفة من الجسم، يسمى التشوه كظوما، وتسمى المعاملات المرنة الكظومة

$$. v_{ad}, E_{ad}, K_{ad}, G_{ad}$$

العلاقات بين ثابت الحرارة و متساوي الحرارة و معاملات المرئية هي:

$$(11. II) \quad 1/K_{ad} = 1/K - T\alpha^2/C_P$$

$$G_{ad} = G$$

$$(12. II) \quad E_{ad} = \frac{E}{1 - E T \alpha^2 / 9 C_P}$$

$$(13. II) \quad \nu_{ad} = \frac{\nu + E T \alpha^2 / 9 C_P}{1 - E T \alpha^2 / 9 C_P}$$

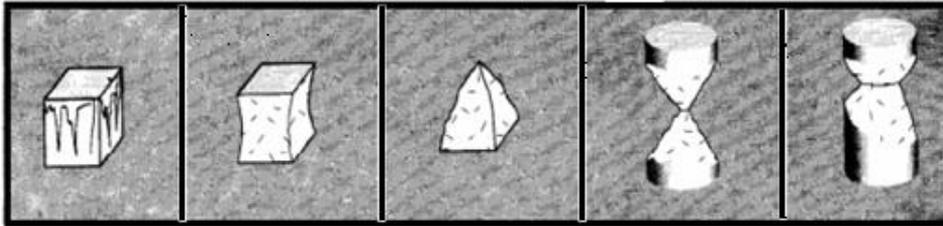
حيث α هو معامل التمدد الحراري للجسم الصلب. هذا هو تأثير ديباي-GRÜNEISEN التمدد الحراري على الثوابت المرنة للحالة المعزولة.

4.II. الاختبارات الميكانيكية:

إن الهدف من كل اختبار هو ضمان أداء عمل المواد والأجزاء بالطريقة المتوقعة منها لهذا الغرض. هنالك بصورة أساسية نوعان من الفحوصات الميكانيكية هما الاختبار الاتلافي و الاختبار اللاتلافي:

1.4.II. الاختبار الاتلافي:

هو الفحص الذي يتلف القطع الاختبارية خلال إجراء عملية الاختبار الذي يفقد الاستفادة من المادة بعد إجرائها، و لهذا سمي بالاختبار الإتلافي و كمثال على ذلك اختبار الشد و اختبار الانضغاط و و اختبار الالتواء والانحناء والصلادة.



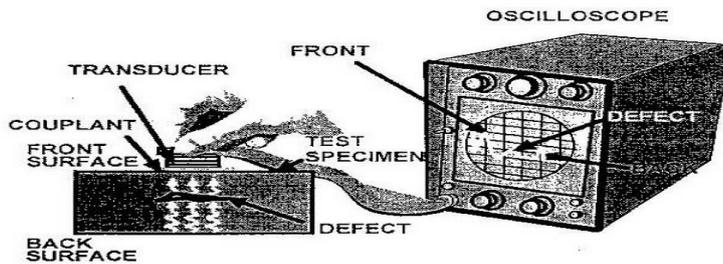
الشكل (1.II): يوضح الاختبارات الاتلافية

II.2.4. الاختبار اللاإتلافي:

هو الاصطلاح الذي يطلق على كل الطرق الممكنة لفحص المواد و الأجزاء دون إتلافها أو التأثير على العمل الذي صممت من أجله أو على عمرها فيما بعد، و تعتبر الاختبارات اللاإتلافية واحدة من أهم الوسائل للكشف والتحقق من جودة المواد. ومن بين الاختبارات اللاإتلافية نجد تقنية الامواج فوق الصوتية.

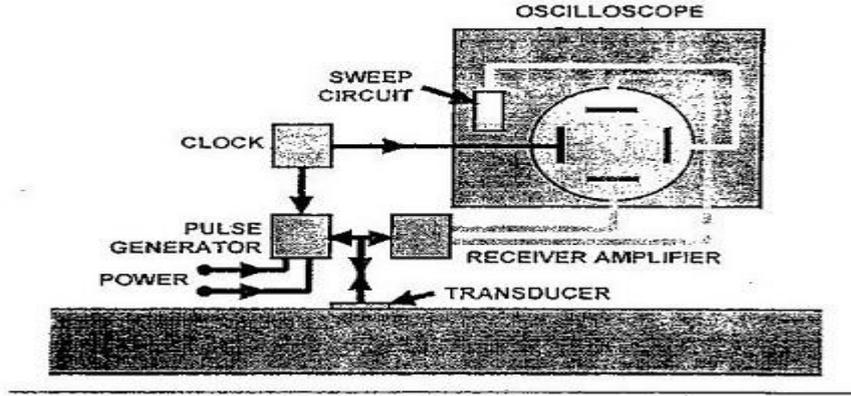
II.3.4. اختبارات الامواج فوق الصوتية (ULTRASONIC TESTING UT)

ان استخدام الموجات الصوتية عالية التردد، و هو ما يعرف باسم الموجات فوق الصوتية، يعد من اهم التقنيات المطبقة اليوم لاختبار سماكة المواد و الكشف عن العيوب المادية العميقة. و تعمل الاختبارات فوق الصوتية بالطريقة نفسها التي تعمل بها الرادارات، أي النبضات و الصدى خلال فترات زمنية قصيرة، تنتقل ذبذبات ميكانيكية الى المادة المختبرة، أي قطعة الاختبار و تنتقل الذبذبات عالية التردد عبر المادة في حزمة ضيقة الى ان تصل الى الطرف الثاني من قطعة الاختبار



الشكل (II.2): اختبار الامواج فوق صوتية

وفي حال صادفت الموجة فوق صوتية عيبا في المادة، فانها ستنعكس بحيث تعيد الاشارة الى المصدر و هنا علينا قياس الفترة الزمنية، اذا ما أردنا أن نحسب دقة عمق العيب نحل قطعة الاختبار. و تستخدم الترددات العالية لان الترددات الصوتية لا تحقق النتيجة المرجوة، حيث ان الموجة الصوتية تجتاز العيوب الصغيرة. و يظهر الشكل (II.3) أهم أجزاء الموجات فوق الصوتية، حيث يتولى مولد النبضات اصدار نبضات عالية الترددات، والنبضات الكهربائية من قبل المحول (TRANSDUCER) الى ترددات مقابلة و التي تنتقل الى قطعة الاختبار. يتلقى المحول اشارة الصدى ليحوها الى المستقبل المضخم لمعالجة الاشارة و تصل مخرجات المستقبل الى الشاشة في شكل صورة تفسر ما حدث، و يتم وصل الساعة أيضا مع الشاشة لاعطاء عنصر الوقت الذي له أهمية في تفسير الاشارة.

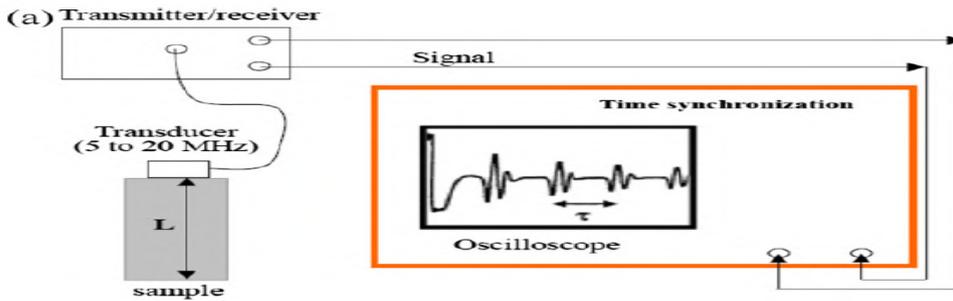


الشكل (3.II): أجزاء جهاز الموجات فوق الصوتية

5.II. الطرق التجريبية لتعيين المعاملات المرنة للزجاج

1.5.II. طريقة الامواج فوق الصوتية:

تنقسم طرق تحديد المعاملات المرنة في المواد الصلبة الى طرق ستاتيكية و ديناميكية. الشروط التجريبية تؤثر تأثيرا كبيرا على دقة قياس المعاملات المرنة، كما أنّ الطرق الستاتيكية من الصعب تطبيقها على المواد الهشة مثل المواد الزجاجية. الطرق الديناميكية لديها درجة عالية من الدقة النسبية و تصنف إلى طريقة الأمواج الصوتية و طريقة الامواج فوق الصوتية. يمكن تطبيق هذه الطرق على نطاق واسع لدراسة الخصائص المرنة للزجاج و السوائل المكونة للزجاج لذلك نركز على طريقة واحدة من الطرق الديناميكية و هي طريقة الامواج فوق الصوتية.



الشكل (4.II): الرسوم التوضيحية التخطيطية لطريقة الموجات فوق الصوتية.

2.5. II. نظرية القياس بالموجات فوق الصوتية:

سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية مثل الموجات الطولية والعرضية تعتمد على طبيعة المواد. في المواد الصلبة متجانسة الخواص مثل المواد الزجاجية، يتم التعبير عن معادلات الموجة الصوتية كمايلي [13]:

$$(14. II) \quad \frac{d^2u}{dt^2} = \frac{Ld^2u}{\rho dX^2} \quad \text{الوضع الطولي}$$

$$(15. II) \quad \frac{d^2u}{dt^2} = \frac{Gd^2u}{\rho dX^2} \quad \text{الوضع العرضي}$$

أين U هو النزوح، L هو المعامل الطولي. من المعادلات أعلاه، نحصل على:

$$(16. II) \quad L = \rho v_L^2$$

$$(17. II) \quad G = \rho v_s^3$$

v_L و v_s هي سرعات الصوت الطولية والعرضية، على التوالي ويمكن تعميم تقريبا أن v_s هي نصف v_L في المواد المعدنية المتجانسة: $v_L = 2v_s$.
و يمكننا التعبير عن المعادلات E، K، و ν للمواد الصلبة متماثلة المناحي، مثل الزجاج، وذلك بمعرفة قيم v_L و v_s والكثافة ρ ، كما يلي:

$$(18. II) \quad K = \rho \left(v_L^2 - \frac{4}{3} v_s^2 \right) \quad \bullet \text{ المعامل الجسمي}$$

$$(19. II) \quad \gamma = \frac{(v_L^2 - 2v_s^2)}{2(v_L^2 - v_s^2)} \quad \bullet \text{ نسبة بواسون}$$

$$(20. II) \quad E = \rho v_s^2 \frac{(3v_L^2 - 4v_s^2)}{v_L^2 - v_s^2} \quad \bullet \text{ معامل يونغ}$$

• درجة حرارة ديبي **TEMPÉRATURE DE DEBYE**: درجة حرارة ديبي هي معيار مهم في المواد الصلبة، يتم من خلالها وصف خصائص الاهتزازات الذرية.

درجة حرارة ديبي θ_D للمواد الصلبة متماثلة المناحي يمكن أيضا حسابها من السرعات الصوتية والكثافة . من أجل الطول الموجي، مثل الموجات فوق الصوتية، يمكن اعتبار الزجاج الصلب سلسلة مرنة كلاسيكية التي تعتمد على تقريب ديبي . باستخدام البيانات الصوتية، θ_D في درجة حرارة الغرفة يمكن أن تُعطى على النحو:

$$(21. II) \quad \theta_D = \frac{h}{K} \left(\frac{9N_A \rho}{4\pi M} \right)^{1/3} v_m$$

$$(22. II) \quad v_m = \left(\frac{2}{v_s^2} + \frac{1}{v_L^2} \right)^{1/2} \quad \text{حيث}$$

h : ثابت بولتزمان، K : ثابت بلانك

ولذلك فان قياس سرعات الموجات فوق الصوتية وقياس الكثافة، تمكن من الحصول بسهولة على المعاملات المرئية ودرجة حرارة ديبي للزجاج.

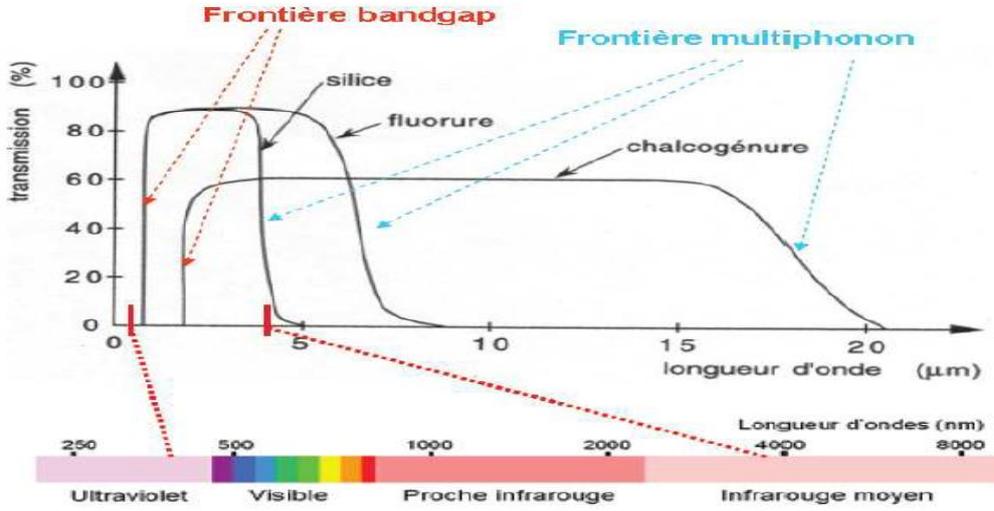
6. II . الخصائص البصرية للزجاج:

1.6. II . الشفافية:

يُعدّ مجال الشفافية واحدا من أهم الخصائص الأساسية للزجاج، ويتوقف على التركيب الكيميائي والعناصر الموجودة في الزجاج. في الزجاج السيليكاتي أو الأكسيدي، حد الامتصاص للأشعة فوق البنفسجية عادة ما يتوقف على حالة روابط أيونات الأكسجين. إذا كان الزجاج يحتوي على عناصر الانتقال، فإننا نلاحظ عصابات الامتصاص في الطيف المرئي والذي يُترجم بتغير لون هذا الزجاج الذي يبقى شفافا.

شفافية زجاج ما تكون محدودة بواسطة نهايتين في الطيف الكهرومغناطيسي: نهاية فجوة الطاقة « BANDGAP » عند أطوال الموجات القصيرة والمصاحبة لامتصاص الضوء بواسطة الانتقالات الإلكترونية من عصابة التكافؤ إلى عصابة النقل للمادة (فوق البنفسجي - المرئي)، والنهية متعددة الفونونات « MULTIPHONONE » عند أطوال الموجات الكبيرة والناجمة عن اهتزازات الروابط الكيميائية (تحت الأحمر).

ويبين الشكل (II-5) شفافية ثلاثة أنواع من الزجاج: الأكسيدي(السليكا)، والهالوجيني (الفلورايد)، والكالكوجيني.



الشكل (II-5) شفافية ثلاثة أنواع من الزجاج: الأكسيدي(السليكا)، والهالوجيني (الفلورايد)، والكالكوجيني.

2.6.ii. الانتقالات الإلكترونية:

في الزجاج الأكسيدي تكون الإلكترونات مرتبطة مع ذراتها. إلكترونات الطبقات الداخلية لها حركات سريعة للغاية ترددها من رتبة (10^{19} Hz) وهو من نفس رتبة الأشعة السينية. من ناحية أخرى إلكترونات التكافؤ (من الطبقات الخارجية) تمتص الفوتونات التي طاقتها $h\nu$ مساوية للفرق الطاقوي بين عصابة التكافؤ وأحد الحالات غير المشغولة من عصابة النقل.

3.6.iii. معامل الامتصاص:

يحدد معامل الامتصاص المدى الذي يمكن اختراقه من طرف ضوء ذي موجة محدد داخل مادة قبل ان يتم امتصاصه. يتعلق معامل الامتصاص بنوعية المادة وكذلك بطول موجة الضوء الممتص. احتمالية امتصاص فوتون تتوقف على احتمال وجود تفاعل بين الفوتون والإلكترون بطريقة تمكن من انتقال الإلكترون من عصابة طاقة الى أخرى. يرتبط معامل الامتصاص بمعامل الانطفاء k , بواسطة العلاقة التالية:

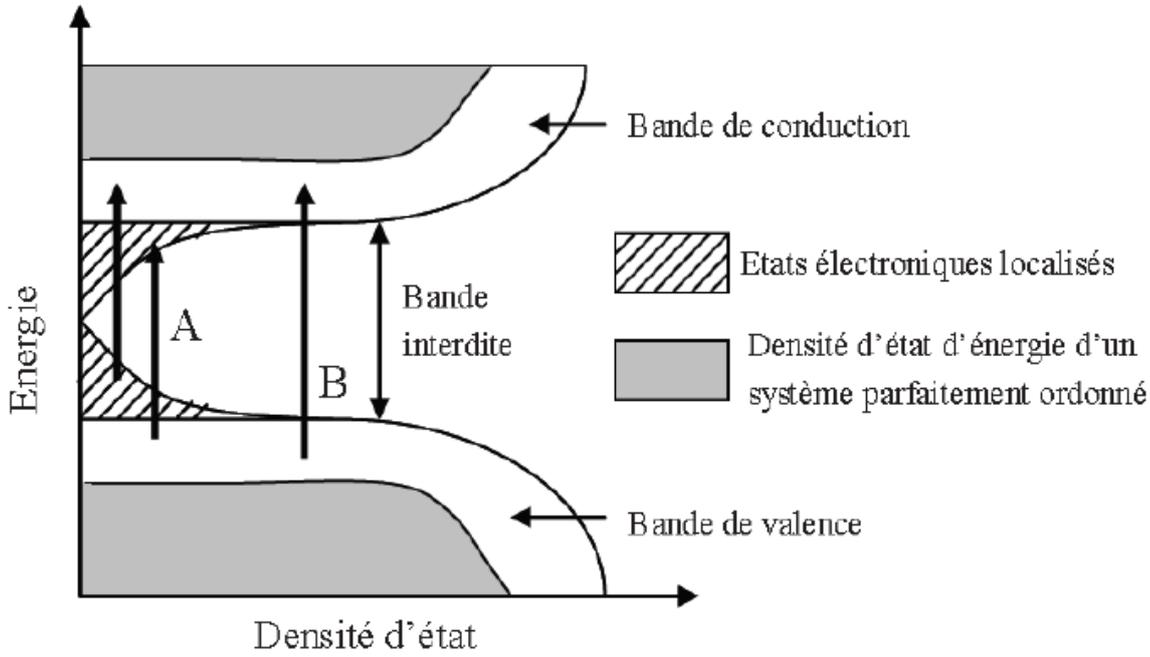
$$\alpha = 4K \pi / \lambda$$

λ : طول الموجة

إذا أعطيت λ بـ nm فاننا نضرب في 10^7 من اجل الحصول على معامل الامتصاص بوحدة cm^{-1} .

III 3.6. فجوات الطاقة البصرية « BANDGAP OPTIQUE »:

الانقطاع عند أطوال الموجات القصيرة أو فجوة الطاقة "bandgap optique" يكون عموماً متواجداً في المجال فوق البنفسجي-المرئي "UV-Visible"، وهو ناتج عن الانتقالات الإلكترونية في الزجاج. طاقة أقصر طول موجة يسمح لها الزجاج بالنفوذ تكون موافقة للفرق في الطاقة بين عصابة النقل وعصابة التكافؤ للزجاج. من أجل أطوال الموجات القصيرة، طاقة الإشعاع تُمتص بواسطة الإنتقالات بين هاتين العصابتين، والزجاج لا يُصبح شفافاً. بخلاف البنيات البلورية، توجد في الزجاج حالات إلكترونية إضافية في الجوار المباشر لعصابات التكافؤ والنقل، وهي ناتجة عن عدم الانتظام البنيوي الذي يُتميز الحالة الزجاجية. هذه الحالات المحلية تُضاف إذن إلى الحالات الممتدة في ظاهرة الامتصاص الإلكتروني. الشكل (II-6) يُظهر تمثيلاً للبنية الإلكترونية لمركب زجاجي [14].



الشكل (II 6) تمثيل تخطيطي للبنية الإلكترونية لمركب زجاجي .

III 4.6. تحليل الأطياف:

تحليل الأطياف الضوئية عبر مجال واسع من طاقات الفوتون يعد من أبرز الوسائل لفهم وتطوير نظرية البنية الإلكترونية للبلورات والأجسام الصلبة البلورية. في مناطق الامتصاص العالي (المرتفع) ($\alpha > 10 \text{ cm}^{-1}$) والتي توافق الانتقالات بين العصابات، فإن Tauc و Davismott وجدوا، كلٌّ على حدى، علاقة تربط معامل الامتصاص $\alpha(\nu)$ بطاقة الفوتونات ($h\nu$) كما يلي:

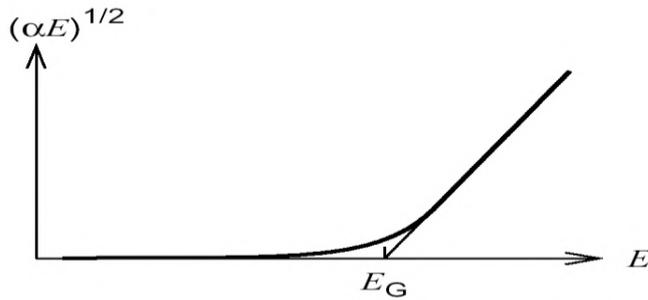
$$\alpha(h\nu)h\nu = B(h\nu - E_{opt})^r$$

حيث: E_{OPT} هي فجوة الطاقة البصرية BANDGAP، و Γ هو عدد يميز عتبة الامتصاص الضوئي .

قيمة Γ من اجل مختلف انواع الانتقالات هي كالتالي:

- $\Gamma=1/2$: الانتقالات المباشر المسموحة.
- $\Gamma=1$: المواد غير المعدنية.
- $\Gamma=3/2$: الانتقالات المباشرة الممنوعة .
- $\Gamma=2$: الانتقالات غير المباشر المسموحة .
- $\Gamma=3$: الانتقالات غير المباشر الممنوعة.

قيم طاقة الفجوة الطاقوية « bandgap optique » يمكن التحصّل عليها من خلال استكمال الخطوط المستقيمة للمنحنيات الممثلة لتغيّر $(\alpha h\nu)^{1/2}$ بدلالة طاقة الفوتون $(h\nu)$.



الشكل (7. II) طريقة تعيين قيمة طاقة الفجوة الطاقوية.

داخل "منطقة Tauc"، الحالات الإلكترونية المحلية لا تتدخل في ظاهرة الامتصاص، فالانتقالات من عصابة التكافؤ نحو عصابة النقل، المثلة بالشعاع B في الشكل (6-II)، مشابهة لتلك الملاحظة في البلور المثالي.

في المنطقة الأسية، معامل الامتصاص يكون خاضعا لعلاقة Urbach :

$$\alpha(h\nu) = \alpha_0 \exp\left(\frac{h\nu}{E_e}\right)$$

حيث α_0 ثابت، و E_e طاقة Urbach والتي تمثل عرض الذيل (tail) للحالات المحلية في العصابة الممنوعة، و $E = h\nu$ طاقة الفوتونات الواردة.

6.II. الخاتمة:

في هذا الفصل قمنا بعرض الخصائص المرورية للزجاج، كما رأينا أهم الاختبارات الميكانيكية و الهدف من كل اختبار و أثره على المواد و الأجزاء. وتعرفنا على أهم المعاملات المرورية، المتمثلة في معامل يونغ، نسبة بواسون و درجة حرارة ديباي، و أهم الطرق التجريبية لتعيين هذه المعاملات، مركّزين في ذلك على طريقة الأمواج فوق الصوتية، التي تعتبر من الطرق التجريبية اللاتلافية.

كما قمنا بعرض بعض أهم الخصائص البصرية للزجاج، المتمثلة في معامل الامتصاص، والفجوة الطاقوية. سندرس في الفصل القادم المفاهيم الأساسية التجريبية لدراسة للخصائص البصرية والمرورية للزجاج الفليرو فوسفاتي وذلك بدراسة تأثير استبدال ZnF_2 بـ SrF_2 على هذه الخصائص.

سندرس في الفصل القادم المفاهيم الأساسية للخصائص البصرية للزجاج.

الفصل الثالث

تعيين الخصائص

المرونية والبصرية الزجاج

1. مقدمة:

سنقوم في هذا الفصل بتعيين الخصائص المرونية والبصرية للزجاج محل الدراسة ومناقشة النتائج المتحصل عليها لمعرفة تأثير استبدال ZnF2 بـ SrF2 على هذه الخصائص.

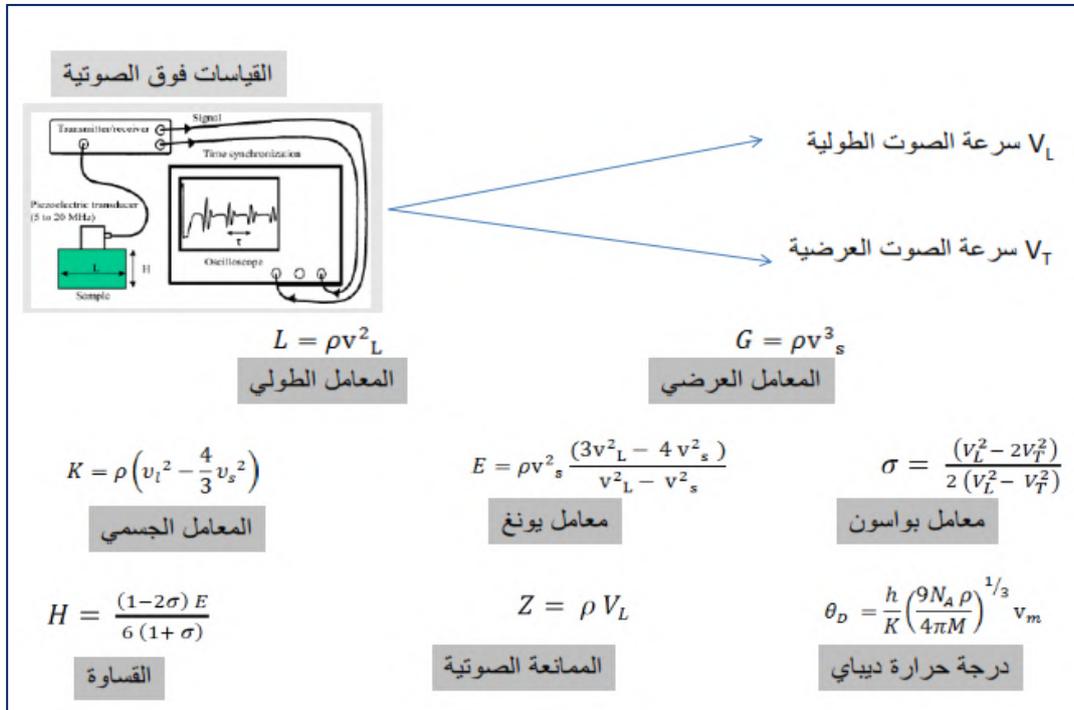
2. الزجاج المدروس:

الزجاج المدروس عبارة عن زجاج فليوروفوسفاتي ذي التركيب المولي : $80 \text{ NaPO}_3 - (20-x) \text{ ZnF}_2 - x \text{ SrF}_2$ مع $x = 0, 0.5, 1, 1.5$.

حضرت العينات وصقلت أوجهها العلوية والسفلية من أجل إنجاز مختلف القياسات المرونية والبصرية.

3. الخصائص المرونية:

قمنا بتعيين مختلف المعاملات المرونية (المعامل الطولي، العرضي، معامل يونغ، نسبة بواسون و درجة حرارة ديبياي) بالاعتماد على نتائج طريقة الأمواج فوق الصوتية المطبقة على العينات محل الدراسة. تسمح هذه الطريقة بقياس سرعات الصوت الطولية والعرضية داخل العينة اللتان تستعملان لحساب مختلف المعاملات بواسطة العلاقات المعطاة في الفصل الثاني والتي تختصرها في المخطط التالي:



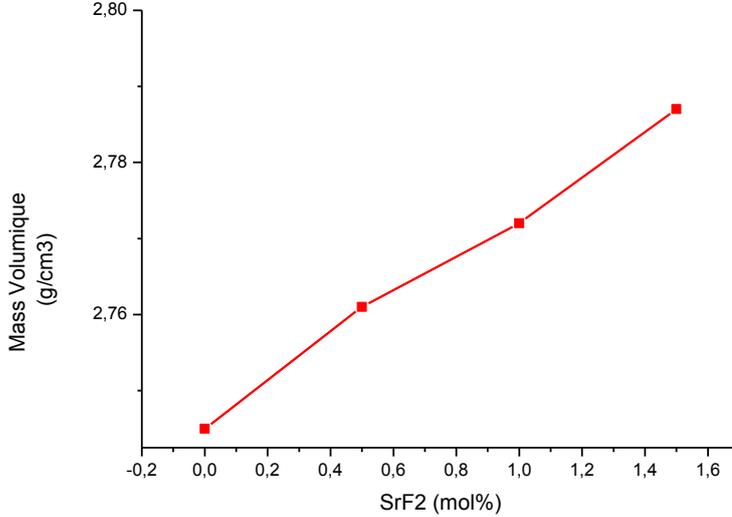
الشكل (1.III): مخطط يبين طريقة حساب المعاملات المرونية انطلاقا من القياسات فوق الصوتية

III. 1.3. تأثير استبدال ZnF_2 بـ SrF_2 على الكتلة الحجمية:

بملاحظة العلاقات التي تستعمل في حساب المعاملات المرئية (الشكل (1.III)) ، نجد أننا نحتاج إلى قيم الكتلة الحجمية للعينات، من أجل هذا قمنا في البداية بقياس الكتل الحجمية ودراسة تأثير استبدال ZnF_2 بـ SrF_2 عليها. الجدول 1.III يبيّن قيم الكتلة الحجمية للعينات الأربعة، والشكل 2.III يبيّن تغيّر الكتلة الحجمية بدلالة النسب المولية لـ SrF_2 .

SrF ₃ (mol%)	الكتلة الحجمية (g/cm ³)
0	2,745
0,5	2,761
1	2,772
1,5	2,787

الجدول 1.III: قيم الكتلة الحجمية للنظام: $80 NaPO_3-(20-x) ZnF_2-x SrF_2$



الشكل 2.III: تغيّر الكتلة الحجمية بدلالة النسب المولية لـ SrF_2 للنظام: $80 NaPO_3-(20-x) ZnF_2-x SrF_2$

نلاحظ أن الكتلة الحجمية تزداد باستبدال ZnF_2 بواسطة SrF_2 وهذا راجع إلى كون الكتلية المولية لـ ZnF_2 (~ 103 g/mol) أقل من الكتلة المولية لـ SrF_2 (~ 126 g/mol) ، كما نلاحظ أنّ هذه الزيادة تكون خطية.

III. 2.2. تأثير استبدال ZNF2 بـ SRF2 على الخصائص المرورية:

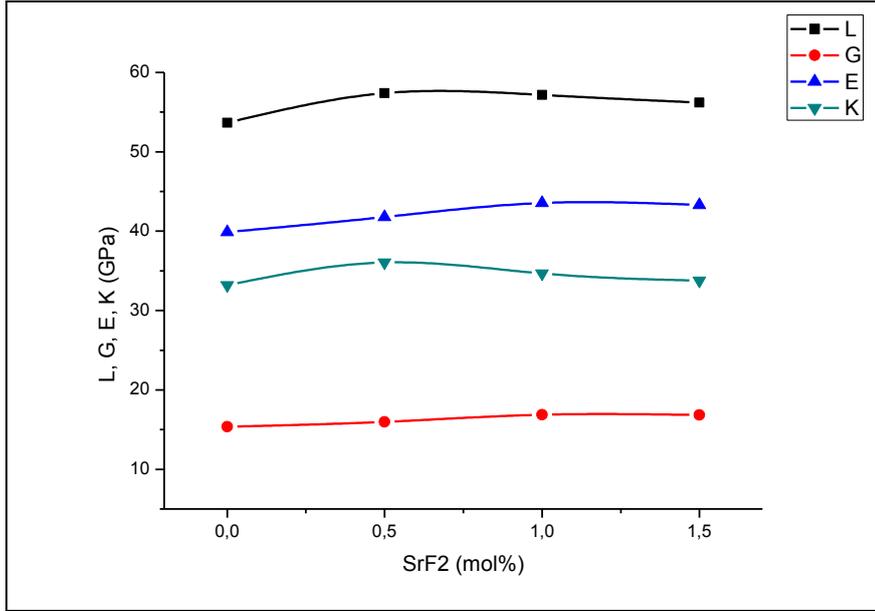
نتائج حسابات مختلف المعاملات المرورية موضحة في الجدولين التاليين:

الجدول 2.III: قيم سرعات الصوت، المعامل الطولي، المعامل العرضي، معامل يونغ والمعامل الجسمي للعينات المدروسة

SrF ₂ (mol%)	$\rho(\text{gcm}^{-3})$	$V_m(\text{ms}^{-1})$	$V_L(\text{ms}^{-1})$	$V_S(\text{ms}^{-1})$	L(GPa)	G(GPa)	E(GPa)	K(GPa)
0	2.752	1902,689	4415,506	2361,772	53,655	15,351	39,900	33,187
0.5	2.753	1867,738	4565,464	2409,499	57,382	15,983	41,779	36,071
1	2.788	1805,183	4527,735	2459,652	57,155	16,867	43,540	34,666
1.5	2.796	1829,032	4483,485	2453,371	56,204	16,829	43,295	33,765

الجدول 3.III: قيم نسبة بواسون، الممانعة الصوتية، الصلادة ودرجة حرارة ديباي للعينات المدروسة

SrF ₂ (mol%)	نسبة بواسون σ	الممانعة الصوتية ($Z \times 10^{-7} \text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	الصلادة ($H \times 10^{-9} \text{Nm}^{-2}$)	درجة حرارة ديباي ($\Theta_D \text{K}$)
0	0,300	1,215	2,051	198,712
0.5	0,307	1,257	2,057	202,211
1	0,291	1,262	2,354	206,128
1.5	0,286	1,254	2,398	204,962



الشكل 3.III: تغيّر مختلف المعاملات المرئية بدلالة التغير في SrF₂ (mol%)

حيث:

L: المعامل طولي

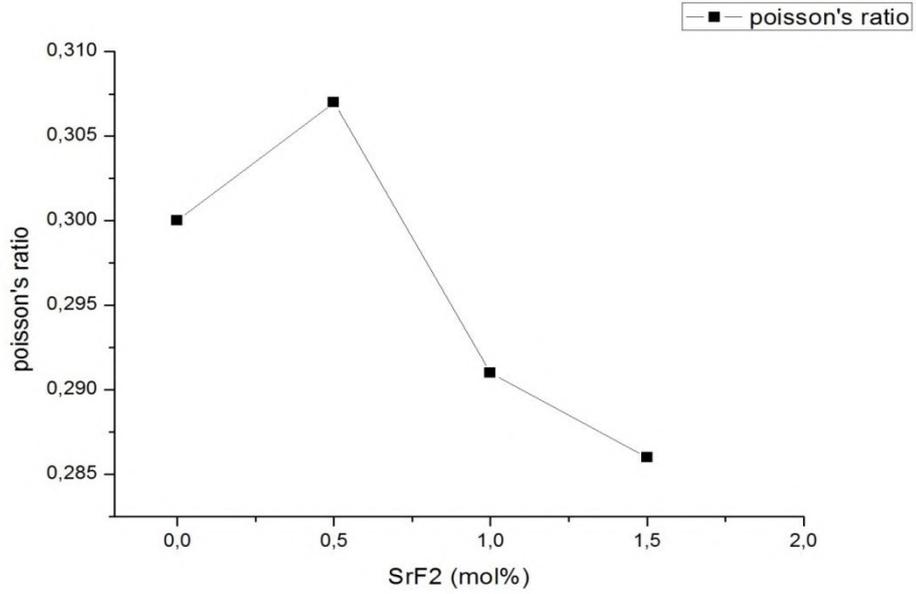
G: المعامل العرضي

K: المعامل الجسمي

E: معامل يونغ

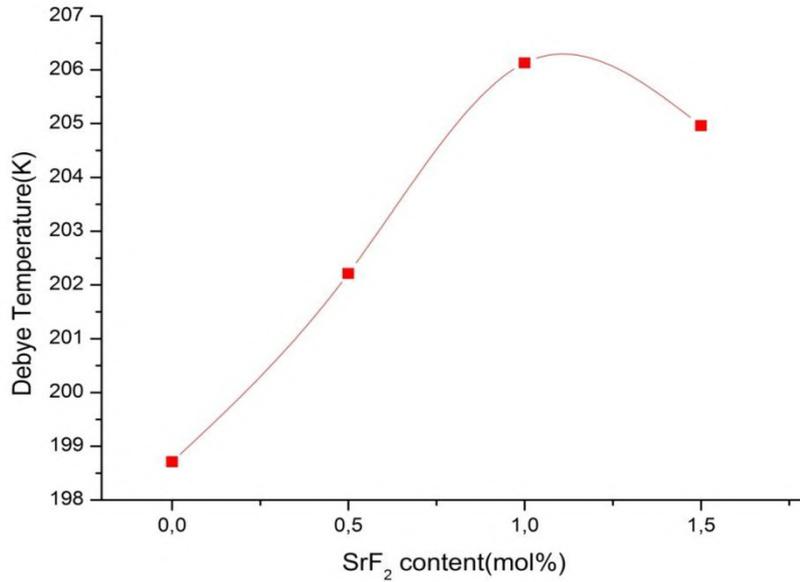
من ملاحظتنا للمنحنى، فإنّ تغيّرات كل من E و G بدلالة SrF₂ يمكن تقسيمها إلى مرحلتين: المرحلة الأولى والتي يكون فيها تزايد مستمر بزيادة خطية حتى القيمة SrF₂=1 مول% وتدل هذه الزيادة الخطية ل E و G على أن استبدال ZnF₂ بـ SrF₂ يؤثر على معامل يونغ و المعامل العرضي للزجاج فليرو فوسفاتي، أما المرحلة الثانية فيكون فيها المنحنى تقريبا ثابتا ابتداء من القيمة SrF₂=1 مول% يدل هذا على التأثير الطفيف ل E و G بتغيّر SrF₂ في هذا المجال.

من ملاحظتنا لتغيّرات L و K بدلالة SrF₂ فإنه يمكن تقسيمها الى ثلاثة مراحل : المرحلة الأولى والتي يكون فيها تزايد مستمر حتى القيمة SrF₂=0.5 مول% ، أما المرحلة الثانية فيكون فيها تناقص مستمر حتى القيمة SrF₂=1 مول% ، فيما تكون المرحلة الثالثة ثابتة تقريبا ابتداء من القيمة SrF₂=1 مول%.



الشكل 4.III: تغيّر نسبة بدلالة التغير في SrF₂ (mol%)

من ملاحظتنا لمنحنى تغيّر نسبة بواسون بدلالة SrF₂ نجد أن هناك تزايداً إلى القيمة SrF₂=0.5 مول% والذي يبلغ فيها المنحنى الذروة ، وفي المرحلة الثانية يكون فيها المنحنى متناقص ابتداءً من القيمة 0.5 مول% .

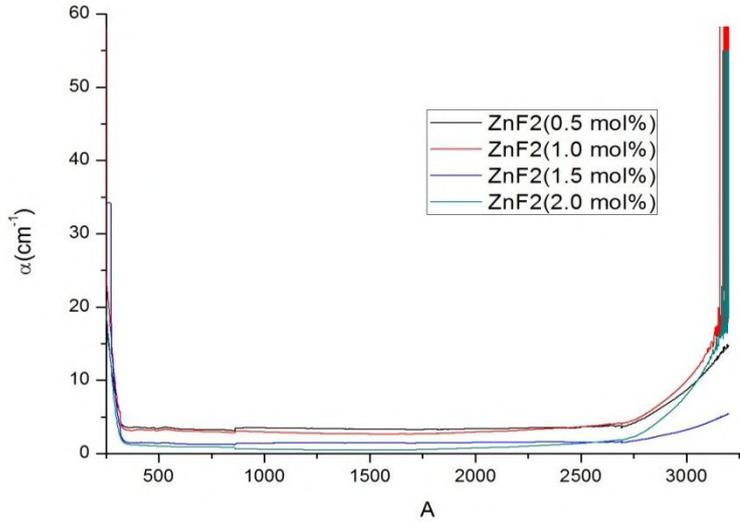


الشكل 5.III: تغيّر درجة حرارة ديباي بدلالة التغير في SrF₂ (mol%)

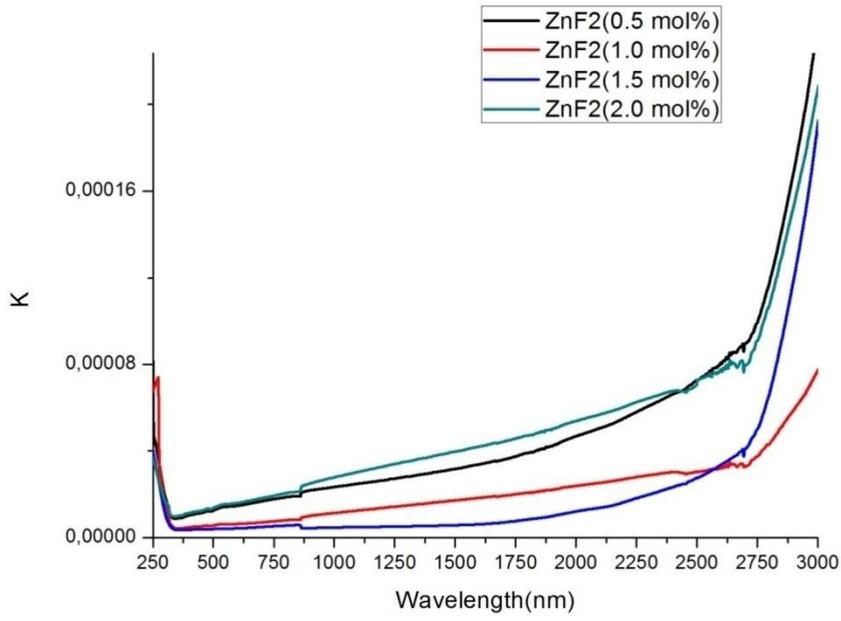
من ملاحظتنا المنحنى تغيّر درجة حرارة Debye بدلالة SrF_2 فإننا نجد أن هناك تزايد مستمرا إلى غاية القيمة 1مول %، وبعد هذه القيمة نلاحظ نقصان في المنحنى.

III. 3. الخصائص البصرية:

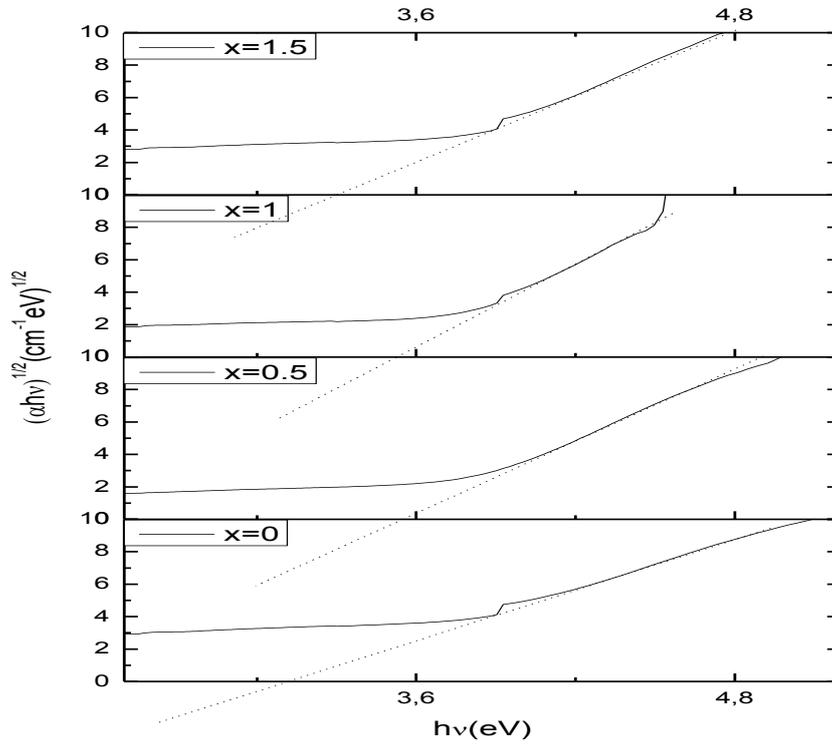
من أجل تعيين الخصائص البصرية للعينات محلّ الدراسة انطلقنا من منحنيات النفاذية، حيث قمنا بحساب معامل الامتصاص α وكذا معامل الانطفاء، ثم قمنا برسم المنحنيات $(\alpha h\nu)^2$ و $(\alpha h\nu)^{1/2}$ بدلالة الطاقة E (eV) من أجل إيجاد فجوات الطاقة الضوئية (GAP) المباشرة وغير المباشرة المسموحة.



الشكل III.6: معامل الامتصاص لمختلف العينات



الشكل 7.III: معامل الانطفاء لمختلف العينات.



الشكل 8.III: تعيين قيم طاقة الفجوات الطاقوية لمختلف العينات

الجدول 4.III: قيم طاقة الفجوات الطاقوية وكذا قيم أطوال الموجات القطع الموافقة للعينات المدروسة

الصيغة SrF ₂ (mol%)	المباشرة (GAP)	(GAP) المباشرة	(GAP) المباشرة	(GAP) الغير المباشرة
	Eg(ev)	λ(nm) cutoff	Eg(ev)	λ(nm)cutoff
N=0	4.22	294	3.28	420
N=5	4.14	300	3.42	360
N=10	4.00	310	3.50	354
N=1	3.98	312	3.53	350

يمثل المنحنى والجدول طاقة (GAP) المباشرة وغير المباشرة، نلاحظ بعد الاستكمال (الخطوط المتقطعة في المنحنى) أننا نستطيع تحديد قيم هذه الطاقة لكل عينة ومن ثمّ تحديد قيم طول موجة القطع الموافق. نلاحظ أنّ قيم GAP المسموحة المباشرة تتغيّر بين 3.98eV و 4.22 eV، لكن هذا التغيّر يكون في اتجاه التناقص بزيادة SrF₂، على عكس اتجاه التغيّر الذي نجده عند GAP المسموحة غير المباشرة والذي يكون في اتجاه التزايد بدلالة SrF₂.

4.IV. الخلاصة :

قمنا في هذا الفصل بتحديد مختلف المعاملات المرئية والخصائص البصرية للزجاج الفلوروفوسفاتي ذي التركيب المولي : $80 \text{ NaPO}_3 - (20-x) \text{ ZnF}_2 - x \text{ SrF}_2$ مع $x = 0, 0.5, 1, 1.5$. رأينا أن استبدال ZnF₂ بواسطة SrF₂ يؤثّر بصورة ملحوظة على هذه الخصائص.

الخلاصة العامة

الخلاصة العامة

المهدف من هذا العمل هو دراسة الخصائص البصرية والمرؤية للزجاج فليورو فوسفاتي ذي التركيبة 80 NaPO_3 -



أُنجزت هذه الدراسة في جزئين، حيث الجزء الأول يضم عموميات حول الزجاج ودراسة أهم خصائصه المرئية

والبصرية، والجزء الثاني تضمن تعيين مختلف هذه الخصائص ودراسة تأثير استبدال ZnF_2 بواسطة SrF_2 .

من خلال دراستنا للخصائص المرئية وجدنا أنّ تغيّرات معاملات المرئية E و G بدلالة SrF_2 يمكن تقسيمها إلى مرحلتين:

المرحلة الأولى والتي يكون فيها تزايد مستمر بزيادة خطية حتى القيمة $1=\text{SrF}_2$ مول % ، أما المرحلة الثانية فيكون فيها المنحنى

تقريبا ثابتا ابتداء من القيمة $1=\text{SrF}_2$ مول % يدل هذا على التأثير الطفيف ل E و G بتغيّر SrF_2 في هذا المجال.

أما بالنسبة لتغيّرات L و K بدلالة SrF_2 فإنه يمكن تقسيمها الى ثلاثة مراحل : المرحلة الأولى والتي يكون فيها تزايد مستمر

حتى القيمة $0.5=\text{SrF}_2$ مول % ، أما المرحلة الثانية فيكون فيها تناقص مستمر حتى القيمة $1=\text{SrF}_2$ مول % ، فيما تكون

المرحلة الثالثة ثابتة تقريبا ابتداء من القيمة $1=\text{SrF}_2$ مول %.

من خلال دراستنا للخصائص البصرية فإننا لاحظنا أنّ قيم طاقة GAP المسموحة المباشرة تتغيّر بين 3.98eV و

4.22 eV ، هذا التغيّر يكون في اتجاه التناقص بزيادة SrF_2 ، على عكس اتجاه التغيّر الذي نجده عند طاقة GAP

المسموحة غير المباشرة والذي يكون في اتجاه التزايد بدلالة SrF_2 .

المراجع

المراجع

- [1] غوقالي مبروك " نمذجة ومحاكاة ظاهرة التبادل الأيوني في الزجاج السيليكاتي القلوي، ماجستير جامعة قاصدي مرباح ورقة 2005 .
- [2] Bentouila omar « Etude de l'ellet des terres rares dans les verres Applications :Lasere et amplificateurs optiques, Magistère,université de Ouargla, 2005
- [3] James Barton et claude Gillemet, « Le Verre » Science et technologie, 2005
- [4] J.Phalippou, verre propriétés et applications, Technique de l'ingénieur, France.
- [5] Virginie Moisan. Etude de l'amplification lasers en bande II dans les fibres des verres chalcogénures, thèse doctorat, Université de Rennes I, (2008)
- [6] C. Huang, A. N. Cormack, J. Chem. Phys. 93 (1990) 8180.
- [7]C. Huang, A. N. Cormack, J. Chem. Phys. 95 (1991) 3634.
- [8]V.M. Goldschmidt, Geochemical distribution laws of the elements, Skrifter. Norske.Videnskaps. Akad., (Oslo), I. Matemal. Naturv .klass., N° 8, 7, (1927) 7-156.
- [9] A.R. Cooper & W.H. Zachariasen, J. Non-Cryst. Solids&, 49 (1982) 1-17.
- [10] W.H. Zachariasen, J. Am. Chem. Soc., 29, (1932), 3841.
- [11] J.E. Stanworth, properties of glass, Clarendon Press (1950) Oxford,1950.
- [12] K.H. Sun, J. Am. Cer. Soc., 30, (1947), 277- 281.
- [13] A. Dietzel, Zeitschrift fuer Elektrochemie und Angewandte Physikalische Chemie, 48,(1942) 9-23.
- [14] A.R. West, «Solid State Chemistry and its Application», Ed. John Wiley & Sons (1987)621.
- [15] J. Barton, C. Guillemet, «Le verre. Science et Technologie», Ed. EDP Sciences (2005).
- [16] W. Vogel, «Chemistry of glasses», Ed. N. Kreidl, ACerS, Columbus (1985) 38
- [17] A.G. Smekal, J. Soc. Glass. Technol., 35, (1951) 411T-20T.

[18] J.E. Stanworth, *J. Soc. Glass. Tech.*, 32, (1948) 154-72T and *J. Soc. Glass. Tech.*, 36,(1952) 217-41T.

[19] A. R. Hilton, *Applied Optics*, 5 (12), (1966), p. 1877.

[20] V.Nazabal, P. N mec, J. Jedelský, C. Duverger, J. Le Person, J.L. Adam and M. Frumar, *Optical Materials*, 29, (2006), 273-278

[21] Q.Liu, X.Zhao, K.Tanaka, A.Narazaki, K.Hirao, F.Gan, *Opt Commun.* 198, (2001), 187.

الملخص:

المهدف من هذا العمل هو دراسة الخصائص البصرية والمرونية للزجاج فليورو فوسفاتي ذي التركيبة $80 \text{ NaPO}_3 - (20-x) \text{ ZnF}_2 - x \text{ SrF}_2$ أنجزت هذه الدراسة في جزئين، حيث الجزء الأول يضم عموميات حول الزجاج ودراسة أهم خصائصه المرونية والبصرية، والجزء الثاني تضمّن تعيين مختلف هذه الخصائص ودراسة تأثير استبدال ZnF_2 بواسطة SrF_2 . وجدنا أن استبدال ZnF_2 بواسطة SrF_2 يؤثر بصورة ملحوظة على هذه الخصائص.

الكلمات المفتاحية: الزجاج الفليوروفوسفاتي، الخصائص البصرية، الخصائص المرونية

Résumé :

Le but de ce travail est d'étudier les propriétés optiques et élastiques d'un verre fluorophosphate avec la composition: $80 \text{ NaPO}_3 - (20-x) \text{ ZnF}_2 - x \text{ SrF}_2$. Cette étude a été réalisée en deux parties, la première partie comprend une vue générale sur le verre et l'étude de ses caractéristiques importantes, optiques et élastiques, et la deuxième partie a pour la détermination de ces différentes propriétés et l'étude de l'effet de remplacement de ZnF_2 par SrF_2 . Nous avons constaté que remplacer un ZnF_2 par SrF_2 affecté de manière significative ces caractéristiques.

Mots clés: verre Fluorophosphate, propriétés optiques, propriétés élastiques

Abstract:

The aim of this work is to study the optical and elastic properties of a fluorophosphate glass with composition: $80 \text{ NaPO}_3 - (20-x) \text{ ZnF}_2 - x \text{ SrF}_2$. This study was completed in two parts, the first part includes a general view outs on the glass and the study of the most it's important optical and elastic characteristics, and the second part to ensure these various properties and the study of the effect of replacing the ZnF_2 by SrF_2 . We found that replace a ZnF_2 by SrF_2 Significantly affect these characteristics.

Key words: Fluorophosphate glass, optical properties, elastic properties