



جمهورية العراق  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة ديالى  
كلية العلوم  
قسم الفيزياء



## دراسة تأثير التدعيم بأملح المغنيسيوم والكروم المائية على بعض الخصائص الفيزيائية لأغشية بولي فينيل الكحول

رسالة مقدمة الى

مجلس كلية العلوم – جامعة ديالى وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في  
علوم الفيزياء

من قبل

**نور حميد نصيف**

بكالوريوس علوم فيزياء 2013 م

بإشراف

**أ.د. صباح انور سلمان**

2022 م

1443هـ



*Republic of Iraq  
Ministry of Higher Education  
and Scientific Research  
University of Diyala  
College of Science  
Department of Physics*



# **Study of the Effect of the Reinforcement by Hydrated Magnesium and Chromium Salts on Some Physical Properties of Polyvinyl Alcohol Films**

A Thesis

Submitted to the Council of the College of Science-University of Diyala  
in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of  
Science in Physics

*by*

***Noor Hameed Nasif***

B. Sc. in Physics (2013)

*Supervised by*

***Prof. Sabah Anwer Salman (Ph.D.)***

***2022 A.D.***

***1443 A.H.***

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

((ذَلِكَ فَضْلُ اللَّهِ يُؤْتِيهِ مَنْ يَشَاءُ وَاللَّهُ ذُو  
الْفَضْلِ الْعَظِيمِ))

صدق الله العلي العظيم

(سورة الجمعة/الآية الرابعة) . .

## الأهداء

أهني لا يطيب الليل الا بشكرك . . . ولا يطيب النهار الا بطاعتك . . . ولا تطيب اللحظات الا بذكرك . . . ولا تطيب الاخرة الا بعفوك . . . . . (الله عزوجل) .

الى من كلفه الله بالهيبه والوقار . . . الى من علمني العطاء بدون انتظار . . . الى من أحمل أسمه بكل أفتخار . . . أرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثماراً قد حان قطافها بعد طول انتظار . . . . . (والدي) .

الى القلب النابض، الى رمز الحب والحنان، الى من كانت دعواتها الصادقة سر نجاحي . . (والدتي) .  
الى من هم سندي في الحياة . . . . . (أهلي) .

الى الاخوة والاخوات . . . الى من تحلوا بالإخاء وتميزوا بالوفاء والعطاء . . . الى من كانوا معي على طريق النجاح والخير . . . (أصدقائي) .

نور

## شكر وتقدير

"كن عالماً . . فإن لم تستطع فكن متعلماً . . فإن لم تستطع فأحب العلماء، فإن لم تستطع فلا تبغضهم"

بعد رحلة بحث وجهد وأجتهاد تكلفت بإنجاز هذا البحث، نحمد الله عزوجل على النعمة التي من بها علينا فهو العلي القدير، كما أقدم شكري وامتناني الى المشرف الأستاذ الدكتور (صباح أنور سلمان) لاقتراحه موضوع البحث ونصائحه القيمة وتوجيهاته المستمرة في سبيل أنجاح هذا البحث طوال مدة العمل وأعداد الرسالة داعية الله عزوجل له بدوام الصحة والموفقية .

كما أتقدم بالشكر الجزيل لكل من أسهم في تقديم يد العون لإنجاز هذا البحث، وأخص بالذكر عمادة كلية العلوم ورئاسة قسم الفيزياء، كما لا أنسى أن أتقدم بأرقى وأثمن عبارات الشكر والتقدير والعرفان الى جميع أساتذتي في قسم الفيزياء وأخص بالذكر منهم (الدكتور عمار عايش حبيب (رئيس قسم الفيزياء)، الدكتور زياد طارق خضير، الدكتور نبيل علي بكر، الدكتور أسعد أحمد كامل، الأستاذ جاسم، الأستاذ محمد) والأستاذ واثق كريم صالح - دائرة بحوث المواد - وزارة العلوم والتكنولوجيا . كما أتقدم بخالص الشكر وجزيل الأمتنان الى الأخت (سارة) والاخ العزيز (علي عبدالستار) وأشكر جميع طلبة الدراسات العليا لتعاونهم ومساندتهم لي طيلة مدة الدراسة وشكري وتقديري لمتسبي مكتبة كلية العلوم لتعاونهم لي في أعارة مصادر البحث . وأخيرا وليس أخرا أتقدم بشكري واعتزازي لكل من أعانني ممن فاتني ذكره مع الاعتزاز .

## الخلاصة

تم في هذه الدراسة تحضير أغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) بنسب وزنية مختلفة (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15) wt% وباستعمال طريقة الصب. تم دراسة الخصائص البصرية والحرارية والميكانيكية والكهربائية (العزلية) والمسامية الظاهرية لأغشية المتراكب (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).

سجل طيفا النفاذية والامتصاصية ضمن مدى الأطول الموجية (190-1100) nm ، وتم دراسة تأثير النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) على الخصائص البصرية لأغشية المتراكب (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )، وأظهرت النتائج العملية أن قيمة فجوة الطاقة للانتقال الإلكتروني غير المباشر المسموح لأغشية المتراكب (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) قلت مع زيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين، لذلك فإن الأغشية المحضرة يمكن أن تكون بمثابة فلتر ممتاز للأشعة فوق البنفسجية.

تم أيضا دراسة تأثير النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) على الخصائص الحرارية لأغشية المتراكب (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )، وأظهرت النتائج العملية أن معامل التوصيل الحراري لأغشية المتراكب (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) يبدأ بالزيادة بشكل غير منتظم مع زيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين، وأن أغشية المتراكبات كافة تمتلك معامل توصيل حراري صغير جداً لذلك فإن الأغشية المحضرة يمكن أن تكون بمثابة فلتر عازل للحرارة. وأظهر الفحص بجهاز المسعر الحراري التفاضلي (DSC) لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) بنسب وزنية مختلفة بأن درجة الانتقال الزجاجي لأغشية المتراكب (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) تسلك سلوك منتظم مع زيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين بالمقارنة مع غشاء بوليمر (PVA) النقي. وأن درجة الانصهار البلورية لأغشية المتراكب (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) أبدت سلوكاً غير منتظم مع زيادة النسبة الوزنية

لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين بالمقارنة مع غشاء بوليمر (PVA) النقي.

وتم دراسة تأثير النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) على الخصائص الميكانيكية لأغشية المتراكب ( $\text{PVA-MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O-CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )، وأظهرت النتائج العملية أن قيمة الصلادة لغشاء بوليمر (PVA) النقي تزداد مع زيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين. أما نتائج اختبار الشد لأغشية المتراكب ( $\text{PVA-MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O-CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )، فأظهرت زيادة ثم نقصان قيمة كلا من معامل يونك ومتانة الشد القصوى مع زيادة النسبة الوزنية لملحي  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين. و بين اختبار الصدمة ان قيمة طاقة الكسر ومقاومة الصدمة لأغشية المتراكب ( $\text{PVA-MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O-CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) تزدادان مع زيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين.

تم دراسة تأثير النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) على الخصائص الكهربائية (العزلية) لأغشية المتراكب ( $\text{PVA-MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O-CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )، وأظهرت النتائج العملية أن ثابت العزل الكهربائي لأغشية المتراكب ( $\text{PVA-MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O-CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) يقل مع زيادة التردد ويزداد بزيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين عند التردد نفسه، ولهذا يمكن ان تستعمل هذه الاغشية المحضرة في صناعة البطاريات الكهربائية.

تم أيضا دراسة تأثير النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) على (المسامية الظاهرية) لأغشية المتراكب ( $\text{PVA-MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O-CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )، وأظهرت النتائج العملية تناقص قيمة المسامية الظاهرية مع زيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين.

# قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل
	الخلاصة	
I-III	المحتويات	
IV-V	قائمة الرموز	
VI	قائمة المختصرات	
VII	قائمة الجداول	
VIII-X	قائمة الاشكال	
<b>الفصل الاول: (المقدمة والدراسات السابقة)</b>		
1	المقدمة	(1-1)
1	المواد المترابطة	(2-1)
2	المادة الأساس	(1-2-1)
3	البوليمرات	(1-1-2-1)
6	تصنيف البوليمرات	(2-1-2-1)
8	البلمرة	(3-1-2-1)
9	بولي فاينيل الكحول	(4-1-2-1)
10	مواد التدعيم	(2-2-1)
10	التدعيم بالدقائق	(1-2-2-1)
12	التدعيم بالألياف	(2-2-2-1)
12	التدعيم بالطبقات	(3-2-2-1)
12	كلوريد المغنسيوم	(3-2-1)
13	كلوريد الكروم	(4-2-1)
13	السطح البيئي وقوة الترابط	(5-2-1)
14	الدراسات السابقة	(3-1)
20	الهدف من الدراسة	(4-1)
<b>الفصل الثاني: (الجزء النظري)</b>		
21	المقدمة	(1-2)
21	الخصائص البصرية	(2-2)
22	حافة الامتصاص الاساسية	(1-2-2)
24	الانتقالات الالكترونية	(2-2-2)
24	الانتقالات المباشرة	(1-2-2-2)
25	الانتقالات غير المباشرة	(2-2-2-2)
27	النفاذية	(3-2-2)
27	الامتصاصية	(4-2-2)



28	الخصائص الحرارية	(3-2)
28	التوصيلية الحرارية	(1-3-2)
30	درجة الانتقال الزجاجي ( $T_g$ )	(2-3-2)
31	درجة الانصهار البلورية ( $T_m$ )	(3-3-2)
32	الخصائص الميكانيكية	(4-2)
32	الصلادة	(1-4-2)
33	الشد	(2-4-2)
34	منحني (الاجهاد – الانفعال)	(1-2-4-2)
36	الصدمة	(3-4-2)
38	الخصائص الكهربائية (العزلية)	(5-2)
45	الكثافة والمسامية الظاهرية	(6-2)
46	الكثافة	(1-6-2)
47	المسامية الظاهرية	(2-6-2)
<b>الفصل الثالث: (الجزء العملي)</b>		
48	المقدمة	(1-3)
49	المواد المستعملة	(2-3)
49	مادة الاساس	(1-2-3)
49	مواد التدعيم	(2-2-3)
49	كلوريد المغنسيوم	(1-2-2-3)
50	كلوريد الكروم	(2-2-2-3)
51	الاجهزة المستعملة وطريقة تحضير العينات	(3-3)
51	الأجهزة المستعملة	(1-3-3)
53	تحضير المتراكبات	(2-3-3)
54	الفحوصات والاختبارات والاجهزة المستخدمة	(4-3)
54	الفحوصات البصرية	(1-4-3)
55	الفحوصات الحرارية	(2-4-3)
55	فحص التوصيلية الحرارية	(1-2-4-3)
56	فحص المسعر الحراري التفاضلي	(2-2-4-3)
57	الأختبارات الميكانيكية	(3-4-3)
57	اختبار الصلادة	(1-3-4-3)
58	أختبار الشد	(2-3-4-3)
58	إختبار الصدمة	(3-3-4-3)
60	الفحوصات الكهربائية (العزلية)	(4-4-3)
60	الفحوصات المسامية الظاهرية	(5-4-3)
<b>الفصل الرابع: (النتائج والمناقشة والاستنتاجات والمشاريع المستقبلية)</b>		

62	المقدمة	(1-4)
62	الفحوصات البصرية	(2-4)
62	فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح	(1-2-4)
67	الفحوصات الحرارية	(3-4)
67	فحص التوصيلية الحرارية	(1-3-4)
69	فحص درجة الانتقال الزجاجي (Tg)	(2-3-4)
70	فحص درجة الانصهار البلورية (Tm)	(3-3-4)
74	الفحوصات الميكانيكية	(4-4)
74	أختبار الصلادة	(1-4-4)
75	أختبار الشد	(2-4-4)
80	أختبار الصدمة	(3-4-4)
82	الفحوصات الكهربائية (العزلية)	(5-4)
82	فحص ثابت العزل الكهربائي	(1-5-4)
83	فحص المسامية الظاهرية	(6-4)
85	الاستنتاجات	(7-4)
87	المشاريع المستقبلية	(8-4)

## قائمة المختصرات

المختصر	المعنى
PVA	بولي فاينيل الكحول
MMC	المتراكبات المعدنية
CMC	المتراكبات السيراميكية
PMC	المتراكبات البوليمرية
DSC	المسعر الحراري التفاضلي
UV	الاشعة فوق البنفسجية
U.T.S	متانة الشد القصوى
AP%	المسامية الظاهرية

## قائمة الرموز

الوحدة	المعنى	الرمز
$\text{cm}^{-1}$	معامل الامتصاص	$\alpha$
eV	فجوة الطاقة	$E_g$
meV	طاقة اورباخ	$E_u$
eV	طاقة الفوتون	$h\nu$
-	النفاذية	$T$
-	الامتصاصية	$A$
-	الانعكاسية	$R$
eV	فجوة الطاقة البصرية للانتقال الالكتروني غير المباشر	$E_g^{\text{opt}}$
$\text{cm}^{-1}$	متجة الموجة	$K$
J	كمية الحرارة المنتقلة	$Q$
W.m/K	معامل التوصيل الحراري	$k$
$^{\circ}\text{C}$	تمثل درجة حرارة القرص (A, B and C)	$T_A, T_B, T_C$
W.m <sup>2</sup> /K	كمية الطاقة	$e$
m	سمك القرص	$d$
m	نصف قطر القرص	$r$
V	فرق الجهد على طرفي ملف المسخن	$V$
A	التيار الكهربائي المار في ملف المسخن	$I$
$^{\circ}\text{C}$	درجة الانتقال الزجاجي	$T_g$
$^{\circ}\text{C}$	درجة الانصهار البلورية	$T_m$
g/mol	معدل الوزن الجزيئي	$M_w$
C	الشحنه المخزونة	$q$
F/m	سماحية الفراغ	$\epsilon_0$
m	المسافة الفاصلة بين اللوحين	$d_{\text{dis}}$
m <sup>2</sup>	المساحة السطحية	$A$
F	السعه بوجود الفراغ	$C_0$

الرمز	المعنى	الوحدة
$\epsilon$	سماحية المادة العازلة	F/m
$C'$	السعة بوجود مادة عازلة	F
$\epsilon_r'$	ثابت العزل الكهربائي	-
$\epsilon_r''$	عامل الفقد العزلي	-
$\tan \delta$	ظل زاوية الفقد	-
$\sigma$	التوصيلية الكهربائية للمادة	S/m
$\sigma_{a.c}$	التوصيلية الكهربائية المستمرة للمادة	S/m
$\sigma_{d.c}$	التوصيلية الكهربائية المتناوبة للمادة	S/m
$\vec{E}$	شدة المجال الكهربائي المسلط	V/m
$\alpha_e$	الاستقطابية الالكترونية	-
$\alpha_i$	الاستقطابية الايونية	-
$\alpha_d$	الاستقطابية الاتجاهية	-
$\vec{m}_e$	عزم ثنائي القطب الالكتروني	D
$\vec{m}_i$	عزم ثنائي القطب الايوني	D
$\vec{m}_d$	عزم ثنائي القطب الاتجاهي	D
$K_B$	ثابت بولتزمان	J/K
$T_1, T_2$	درجة الحرارة المطلقة الابتدائية والنهائية على التوالي	K
$\vec{P}_i$	الاستقطاب الايوني	C/m <sup>2</sup>
$\vec{P}_e$	الاستقطاب الالكتروني	C/m <sup>2</sup>
$\vec{P}_d$	الاستقطاب الاتجاهي	C/m <sup>2</sup>
$\vec{P}_s$	استقطاب الشحنة الفراغية	C/m <sup>2</sup>
$F$	القوة	N
$\epsilon$	الانفعال	-
$E$	طاقة الكسر	Kg.m <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
$W$	الوزن	g
$T.S$	متانة الشد	N/m <sup>2</sup>
$Y_m$	معامل يونك	N/m <sup>2</sup>





## قائمة الجداول

الصفحة	العنوان	الجدول
53	النسب الوزنية للمترابكات (بوليمر(PVA) – ملح كلوريد المغنسيوم - ملح كلوريد لكروم).	(1-3)
67	قيم فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) مع النسب الوزنية لملي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(1-4)
68	قيم معامل التوصيل الحراري لأغشية المترابك (PVA- MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O,) مع النسبة الوزنية لملي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(2-4)
69	قيم درجة الانتقال الزجاجي لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O- CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O,) مع النسبة الوزنية لملي (MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(3-4)
70	قيم درجة الانصهار البلورية لأغشية المترابك (PVA- MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O- CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) مع النسبة الوزنية لملي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(4-4)
75	قيم الصلادة لأغشية المترابك (PVA- MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O -CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) مع النسبة الوزنية لملي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(5-4)
79	قيم معامل يونك وممانعة الشد القصوى لأغشية المترابك (PVA- MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) مع النسبة الوزنية لملي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(6-4)
82	قيم طاقة الكسر ومقاومة الصدمة لأغشية المترابك (PVA- MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) مع النسبة الوزنية لملي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(7-4)
85	قيم المسامية الظاهرية لأغشية المترابك (PVA- MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) مع النسبة الوزنية لملي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(8-4)

## قائمة الأشكال

الصفحة	العنوان	الشكل
5	أنواع تراكيب السلاسل البوليمرية	(1-1)
9	الصيغة التركيبية لبولي فينيل الكحول	(2-1)
11	أنواع مختلفة من مواد التدعيم الدقائقية	(3-1)
25	مناطق حافة الامتصاص الأساسية	(1-2)
28	انواع الانتقالات الالكترونية	(2-2)
32	مخطط جهاز قياس التوصيلية الحرارية (قرص لي)	(3-2)
33	العلاقة بين درجة حرارة الانتقال الزجاجي والوزن الجزيئي	(4-2)
37	منحني (الاجهاد - الانفعال) لمادة بوليمرية	(5-2)
46	انواع الاستقطاب	(6-2)
49	مخطط طريقة العمل والأختبارات المنجزه	(1-3)
50	بوليمر (PVA)	(2-3)
49	ملح $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ .	(3-3)
51	ملح $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ .	(4-3)
56	مخطط جهاز (UV-VIS)	(7-3)
57	جهاز قياس التوصيلية الحرارية ( قرص لي)	(8-3)
58	جهاز (DSC)	(9-3)
59	جهاز اختبار الصلادة	(10-3)
60	مخطط جهاز اختبار الصلادة	(11-3)
61	جهاز اختبار الشد	(12-3)
62	جهاز اختبار مقاومة الصدمة	(13-3)
63	جهاز (LCR Metter)	(14-3)
64	جهاز ميزان الغمر	(15-3)



الصفحة	العنوان	الشكل
63	فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح لغشاء بوليمر (PAV) النقي.	(1-4)
64	فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) بنسب وزنية wt% (1,3,5) من ملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(2-4)
65	فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) بنسب وزنية wt% (7,9,11) من ملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(3-4)
66	فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) بنسب وزنية wt% (13,15) من ملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(4-4)
68	معامل التوصيل الحراري لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O,) كدالة للنسبة الوزنية لملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(5-4)
71	مخطط (DSC) الحراري الوزني لغشاء بوليمر (PVA) النقي والمدعم بنسب وزنية wt% (1,3) من ملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(6-4)
72	مخطط (DSC) الحراري الوزني لأغشية المترابك (PVA-) (MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) بنسب وزنية wt% (5,7,9) من ملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(7-4)
73	مخطط (DSC) الحراري الوزني لأغشية المترابك (PVA-) (MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) بنسب وزنية wt% (11,13,15) من ملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(8-4)
74	الصلادة لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) كدالة للنسبة الوزنية لملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(9-4)

76	منحني (الاجهاد - الانفعال) لغشاء بوليمر (PVA) النقي.	(10-4)
77	منحني (الاجهاد - الانفعال) لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, ) من ملحي (3,7) wt% بنسب وزنية (MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(11-4)
78	منحني (الاجهاد - الانفعال) لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, ) من ملحي (11,15) wt% بنسب وزنية (MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(12-4)
79	معامل يونك لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) كدالة للنسبة الوزنية لملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(13-4)
80	متانة الشد القصوى لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) كدالة للنسبة الوزنية لملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(14-4)
81	طاقة الكسر لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) كدالة للنسبة الوزنية لملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(15-4)
81	مقاومة الصدمة لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) كدالة للنسبة الوزنية لملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(16-4)
83	ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد لغشاء بوليمر (PVA) النقي والمدعم بنسب وزنية (3, 7, 11, 15) wt% من ملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(17-4)
84	المسامية الظاهرية لأغشية المترابك (PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) كدالة للنسبة الوزنية لملحي (CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O).	(18-4)





# الفصل الاول

المقدمة والدراسات السابقة



## (1-1) المقدمة

## Introduction

تشكل البوليمرات (Polymers) مواد مهمة في مجال الصناعات الحديثة لما تتميز به من صفات جعلتها تفوق المواد التقليدية المستعملة ، فضلا عن رخص تكاليف تحضير الكثير منها فهي غير قابلة للصدأ والتآكل و خفيفة الوزن ولها خصائص ميكانيكية جيدة. وقد نال موضوع البلمرة (Polymerization) والبوليمرات اهتمام الأوساط العلمية والصناعية، وقد شخض عدد من الباحثين البوليمرات ووسائل دراسة خصائصها وتصنيعها مما أدى إلى تحسينها وزيادة مجال استعمالها في مختلف جوانب الحياة. فقد دخلت البوليمرات في إنتاج معظم المواد الصناعية من لعب الأطفال وهياكل السيارات والطائرات، كما برز استعمال البوليمرات في صناعة الخلايا الشمسية والخلايا الكيميائية، وقد صنفت عدد من البوليمرات ضمن العوازل حيث أستعملت في مجال الصناعات الالكترونية لإنتاج مواد مفيدة كألواح الدوائر الالكترونية ومواد للعزل الكهربائي وطلاء الأسلاك الكهربائية والتوصيلات الكهربائية، وهي استعمالات تلائم الطبيعة العازلة لأغلب البوليمرات، ونظرا لما يمتاز به عدد من البوليمرات من درجات حرارة وإجهاد عاليين، فقد أصبحت بديلا لكثير من معادن البناء التقليدية، في حين برز استعمال البوليمرات المسلحة في البناء الجاهز و للعزل الحراري والصوتي الجيد ومقاومتها للظروف الجوية [1].

## (2-1) المواد المترابطة

## Composite Materials

بالنظر لامتلاك المواد المترابطة بعض الخصائص التي تتناسب مع العديد من التطبيقات الصناعية لهذا أصبحت ذات مكانة مرموقة بين المواد الهندسية المختلفة [2]، وتعرف المواد المترابطة بأنها تلك الأنظمة الناتجة من اشتراك مادتين أو أكثر، إذ تمثل كل مادة طورا منفصلا في النظام، وذلك للحصول على مواد جديدة مختلفة في خواصها عن خواص المواد الأولية الداخلة في تحضير المادة المترابطة بحيث تتجاوز الصفات غير المرغوب فيها لتصبح أكثر ملاءمة للتطبيقات الصناعية ويقصد بالصفات المرغوبة للمواد المترابطة بأنها عبارة عن صفات المكونات الأساسية للمادة المترابطة التي تعتمد على كل من [3]:

- 1- المادة الأساس (Matrix Material).
- 2- مواد التدعيم (Reinforcement Materials).
- 3- السطح البيئي وقوة التلاصق (Interface and adhesive Force).

### Matrix Material

### (1-2-1) المادة الأساس

المادة الأساس هي إحدى مكونات المادة المترابطة ووظيفتها الأساسية هي [4,5]:

- 1- ربط مادة التدعيم.
  - 2- تقوم بنقل الحمل إلى مواد التدعيم.
  - 3- المحافظة على مواد التدعيم من الظروف الجوية والتغير في درجات الحرارة والأكسدة والتآكل.
- وقد يكون اختيار المادة الأساس على أساس تحسين الخصائص الكهربائية أو الحرارية أو لسهولة التشكيل.... الخ [6]. إن مادة الأساس تتصف في أغلب الأحيان بأنها منخفضة الكثافة وذات صلادة ومقاومة منخفضة مقارنة بمواد التدعيم [7]. إذ يمكن أن تصنف المادة المترابطة بالاعتماد على مادة الأساس إلى:

### Metallic Composites (MMC)

### 1- المترابكات المعدنية

المادة الأساس في هذا النوع عبارة عن مادة فلزية ذات مطيلية (Ductile) وتصنع هذه المواد المترابطة إما بصهر المادة الأساس ومزجها مع طور التدعيم أو استخدام مسحوق للمادة الأساس ومزجها مع مادة التدعيم وكبسهما معاً في قوالب خاصة أو بالطلاء الكهربائي لمادة التدعيم بواسطة المادة الأساس. من محاسن هذه المواد المترابطة استخدامها في درجات الحرارة العالية ومقاومتها للتلف عند تعرضها للأوساط العضوية ويتم استخدامها أكثر من الأنواع الأخرى لعدم حدوث التكسر فيها بسرعة (Fast Fracture) مثل المعادن أو السبائك المرنة التي تمتلك معامل مرونة (Elastic Modulus) كبير، ومن مساوئها أنها تكون ذات كلفة اقتصادية عالية، والمواد المستعملة في هذا النوع من المواد المترابطة ممكن أن تكون اليفاً مستمرة مثل كربيد السليكون أو غير مستمرة أو شعيرات، أو قد تكون دقائق مثل مساحيق المعادن كالحاس [8].

## Ceramic Composites (CMC)

### 2-المتراكبات السيراميكية

المادة الأساس في هذا النوع من المتراكبات عبارة عن مادة سيراميكية مثل الزركونيا ( $ZrO_2$ ) و كاربيد السيليكون (SiC) و نتريد السليكون ( $Si_3N_4$ )، ويمتاز هذا النوع من المواد المتراكبة بما يأتي:

- 1- تحملها للإجهادات العالية.
- 2- مقاومتها للتآكسد عالية ومتانتها عالية أيضاً.
- 3- معامل تمددها الحراري واطئ.
- 4- لها القدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة، اذ يمكن استخدامها في التطبيقات التي تصل درجات الحرارة فيها اكثر من ( $1500\text{ }^\circ\text{C}$ ) [8].

## Polymeric Composites (PMC)

### 3- المتراكبات البوليمرية

تعد المواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري واحدة من اكثر أنواع المواد المتراكبة شيوعاً، فقد زاد الاهتمام بهذه المواد بشكل كبير في الآونة الأخيرة، اذ استعملت في تطبيقات عدة ابتداءً من تصنيع القوارب، وأجزاء من الطائرات لما تتمتاز به من خفة الوزن والمتانة العالية، هذا النوع من المواد المتراكبة يتكون من مواد بوليميرية مثل راتنج الايبوكسي وراتنج البولي أستر، ومن الأسباب التي أدت الى استعمال هذه المواد المتراكبة هي [9]:

- 1- يمكن تشكيلها بأشكال واحجام مختلفة.
- 2- لا تصدأ ولا تتآكل.
- 3- تقاوم الرطوبة والمواد الكيميائية.
- 4- عازلة جيدة للحرارة والكهرباء.
- 5- قلة نفاذيتها للغازات والسوائل.
- 6- مقاومتها للصدمة وصلادتها العالية.
- 7- كلفتها واطئة.

## Polymers

### (1-1-2-1) البوليمرات

تعرف بأنها مواد عضوية تتركب من جزيئات طويلة تتكون بالتكرار لنوع واحد أو عدة أنواع من وحدات صغيرة تدعى المونومير (Monomer) الذي يمثل الوحدة الأساسية لبناء البوليمر، وتتمتاز البوليمرات بخصائص كثيرة منها [10,11]:

- 1- سهولة القولية، اي انها لا تتطلب الى معالجات لاحقة.
- 2- ذات كثافة قليلة ومقاومة نوعية عالية ومقاومة عالية للتآكل جعلها مهمة جدا للتطبيقات التي لا تتطلب مقاومة ميكانيكية عالية جدا.
- 3- قليلة الموصلية الحرارية، ومعامل تمددها الحراري أقل بكثير من المعادن.
- 4- قليلة الامتصاص للرطوبة وذات صفات كهربائية جيدة.
- 5- تمتاز بثبات اللون وذات شفافية لذا تستعمل كبديل للزجاج في بعض التطبيقات.

ولكن مع كل هذه المميزات الا أن لها بعض المساوئ في استعمالاتها من أهمها أنها ذات معامل مرونة قليل ومتانة واطئة و تعمل في درجات حرارة واطئة وأن الأواصر التي تربط بين جزئيات البوليمير هي بشكل عام أواصر تساهمية (Covalent Bonds)، فضلاً عن وجود قوى جزئية داخلية تسمى بقوى فاندرفالز (Vander Waals Force)، ويكون ارتباط جزئيات البوليمير مع بعضها بعضاً مكونة سلسلة، لذلك يمكن تقسيم البوليمرات بالاعتماد على شكل السلاسل الى [12,13]:

**1- البوليمرات الخطية (Linear Polymers):** الوحدات التركيبية في هذه البوليمرات مرتبطة مع بعضها بشكل خطي متواصل، وقوى الربط بين الاواصر هي قوى ربط فاندرفالز، وتكون هذه البوليمرات ذات قابلية على التبلور أكثر من الأصناف البوليمرية الأخرى وتمتاز بخواصها الميكانيكية المرغوبة مثل: بولي أثيلين والنايلون وبولي كلوريد الفينيل وبولي كحول الفينيل.

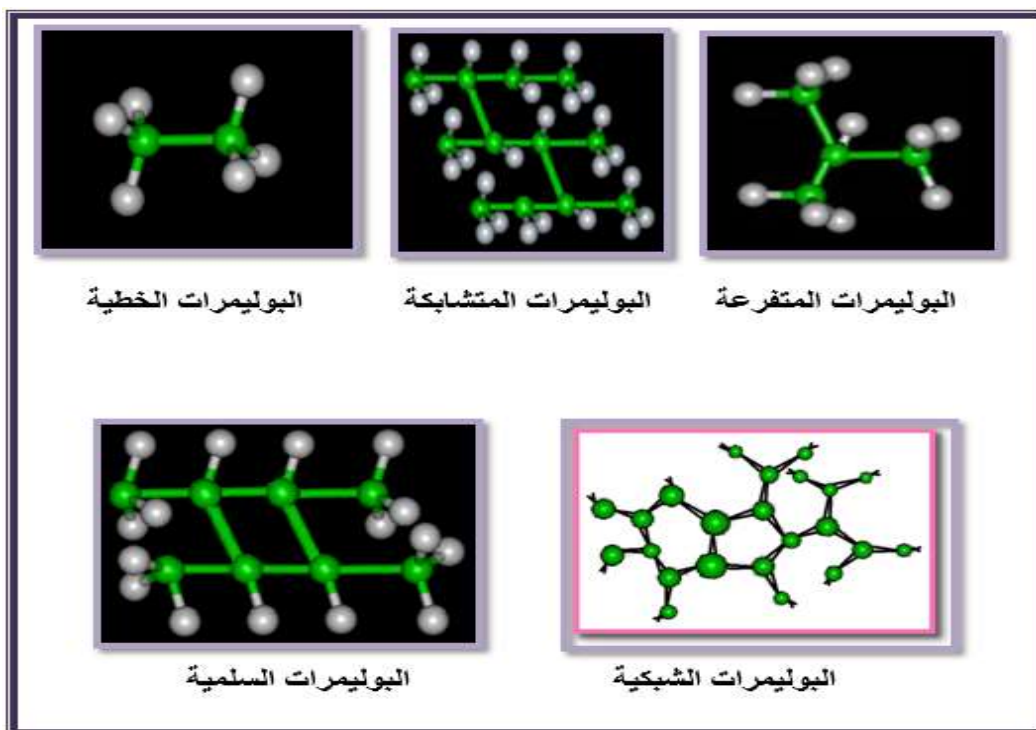
**2- البوليمرات المتشابكة (Cross-linked Polymers):** قوى الربط التي تربط السلاسل في هذه البوليمرات هي قوى الربط التساهمية، وتتحقق في بعض الاحيان من خلال أضافة ذرات أو جزيئات التي تقوم بدورها بتشكيل الربط التساهمي بين السلاسل، وأن العديد من أنواع المطاط يمتلك هذا التركيب كمثال عليه، وأن لدرجة التشابك تأثير كبير على صفات البوليمر الميكانيكية والفيزيائية فبازدياد درجة التشابك تقل الصفات المطاطية.

**3- البوليمرات المتفرعة (Branched Polymers):** هي البوليمرات التي تتالف من تفرعات جانبية تتشابه في تركيبها وترتبط مع السلسلة الرئيسية، هذه التفرعات بالامكان حدوثها في البوليمرات الخطية او اي نوع اخر من البوليمرات، من امثلتها البولي ستايرين والبولي بروبيلين.



4- البوليمرات السلمية (Ladder Polymers): تتألف هذه البوليمرات من سلسلتين اثنتين من البوليمرات الخطية المرابطة بصورة منتظمة وتكون البوليمرات السلمية اقل صلادة من نظيرتها الخطية.

5- البوليمرات الشبكية (Network Polymers): وهي شبكات ثلاثية الابعاد والتي تحتوي على درجة تشابك عالية لتعطي البوليمرات صلادة وقوة مثل اللدائن المتصلدة بالحرارة (Thermosetting Plastic) التي تنحل او تحترق بدلا من انصهارها. وتكون ذات ثلاث مجاميع فعالة (TriFunctional Mers) ومثال عليها: الايبوكسي و الفينول فورمالديهايد [10,11]، الشكل (1-1) يوضح أنواع تراكيب السلاسل البوليمرية [11].



الشكل (1-1): أنواع تراكيب السلاسل البوليمرية [11].

## Classification of Polymers

## (2-1-2-1) تصنيف البوليمرات

أولاً: التصنيف المعتمد على مصادر البوليمرات

### Classification Depending on the Origins of Polymers

تصنف البوليمرات من حيث مصادرها إلى ثلاثة أصناف رئيسية [14]:

#### Natural Polymers

#### 1- البوليمرات الطبيعية

تقسم هذه البوليمرات إلى بوليمرات من مصدر عضوي وتعد هذه البوليمرات منتجات طبيعية نباتية أو حيوانية ومن الأمثلة على ذلك السليلوز والنشأ والصمغ العربي والقطن والمطاط الطبيعي و الحرير و الصوف و الشعر و الجلد وغيرها. وتكون هذه البوليمرات غالية الثمن وذلك لصعوبة الحصول عليها لذلك فإن استعمالاتها محدودة نسبياً، وبوليمرات من مصادر غير عضوية مثل السيليكا [14].

#### Modified Natural Polymers

#### 2- البوليمرات الطبيعية المحورة

وهي بوليمرات معاد تصنيعها من بوليمرات طبيعية وتشتمل هذه على بعض البوليمرات الطبيعية التي تجرى عليها بعض التحويلات أما بتغيير تركيبها الكيميائي كأدخال مجاميع جديدة في البوليمر، أو تغيير تركيب بعض المجاميع الفعالة الموجودة فيه أو بتطعيم بوليمر طبيعي على بوليمر صناعي والعكس. ومن الأمثلة على البوليمرات الطبيعية المحورة الصوف الصناعي والقطن المطعم بألياف الأكريليك وغيرها [15].

#### Synthetic Polymers

#### 3- البوليمرات المصنعة

هي البوليمرات التي يجري تحضيرها من مركبات كيميائية بسيطة وتمثل هذه الأغلبية العظمى من البوليمرات المهمة صناعياً. وهذه تشتمل على البلاستيكات المختلفة والمطاط الصناعي و الألياف الصناعية وغيرها [16].

ثانياً: التصنيف المعتمد على الطبيعة الكيميائية للبوليمرات

### Classification Depending on the Chemical Nature of the Polymers

هنالك ثلاثة أنواع من البوليمرات اعتماداً على التركيب البنائي [14]:

- 1- البوليمرات العضوية: تحضر هذه البوليمرات من مركبات عضوية أو أنها ناتجة من مصدر عضوي. وهذه أكثر البوليمرات أهمية في الصناعة في الوقت الحاضر [14].
- 2- البوليمرات غير العضوية: تتكون هذه البوليمرات عادة من مركبات غير عضوية. وتتكون سلاسلها الجزيئية البوليمرية عادة من السيليكون فقط أو النيتروجين أو الفوسفور والنيتروجين معا أو البورون والنيتروجين، وتمتاز بمقاومتها العالية للحرارة ولعمل المواد الكيميائية [17].
- 3- البوليمرات العضوية – غير العضوية: يشتمل هذا الصنف على البوليمرات التي تتكون من وحدات تركيبية تحتوى على بعض العناصر المعدنية إضافة إلى وجود بعض المجاميع العضوية. تمتاز هذه البوليمرات بمقاومتها الجيدة للحرارة، و من الأمثلة على هذا الصنف البولي سلفون [18].

ثالثاً: التصنيف المعتمد على تكنولوجيا البوليمرات

### Classification Depending on the Polymers Technology

تصنيف البوليمرات وفقاً لخصائص البوليمر الناتج بالنسبة لتأثره بعملية التسخين الى [14]:

#### Thermoplastic

#### 1- البلاستيك المطاوعة للحرارة

وهي مواد بوليمرية صلبة القوام عند درجة حرارة المختبر ولكنها تلين بالحرارة وتتحول إلى ما يشبه العجينة بحيث يمكن تغيير هيئتها باليد، وإذا زادت درجة الحرارة أكثر فإن المادة اللينة تنصهر وتسيل وتسمى بالبوليمرات المطاوعة للحرارة، وعند التبريد تمر المادة بجميع المراحل السابقة أذ تتصلب تدريجياً حتى تعود مرة أخرى لتأخذ الحالة الصلبة، وتستخدم معظم هذه البوليمرات في صناعات البلاستيك والألياف الصناعية. ويتضمن هذا الصنف البوليمرات التي تتغير صفاتها بتأثير درجة الحرارة، فبتأثير الحرارة تتحول إلى منصهرات، وعندما تقترب درجة الحرارة من درجة انتقالها الزجاجية ( $T_g$ ) تصبح مرنة ثم تزداد مرونتها وتتحول إلى منصهرات لزجة، وعند خفض درجة حرارة المنصهر تسترجع حالتها الصلبة القوية مثل بولي فاينيل الكحول (PVA) [19].

### Thermosets Polymers

### 2- البوليمرات المتصلدة حراريا

ويشمل هذا الصنف البوليمرات التي لا تنصهر بالتسخين ولكن يساعد التسخين على ثباتها في شكلها النهائي (تتصلب بفعل الحرارة و الضغط في أثناء تحويل معاجينها إلى الشكل المطلوب في قوالب خاصة) و تسمى بـ بوليمرات التيرموست مثل الايبوكسي [20].

### Elastomers Polymers

### 3- البوليمرات المرنة المطاطية

وهي البوليمرات التي لها صفات متميزة كالاستطالة وقابليتها على التمدد والتقلص مثل المطاط الطبيعي [14].

### Polymerization

### (3-1-2-1) البلمرة

تعد عملية البلمرة من العمليات الكيميائية الاساسية، وتعرف على أنها عملية تفاعل يتم خلالها ربط وحدات المونومير بعضها مع بعض لتكوين البوليمر، ويتم فيها تحويل المواد ذات الوزن الجزيئي الواطئ إلى مواد ذات أوزان جزيئية عالية [15]، وفي سنة (1929) حدد العالم كاروثيرس (Carothers) نوعين من البلمرة صنف على أساسهما البوليمرات وهما [15,16]:

### Condensation Polymerization

### 1- البلمرة التكثيفية

يحدث تفاعل التكثيف بين جزيئين تحتويان مجاميع وظيفية متعددة وهذا ينتج جزيئة اكبر تحتوي مجاميع وظيفية متعددة وتستمر هذه التفاعلات إلى أن تستنفذ واحدة من الجزيئين كلياً، وتتميز البلمرة التكثيفية بأنها تفقد جزيئة صغيرة في كل خطوة من خطوات التفاعل [15]، وتكون سرعة التفاعل في هذا النوع من البوليمرات أعلى ما يمكن في بداية التفاعل وذلك لوجود المواد المتفاعلة بأعلى تركيز، بعدها تنخفض سرعة التفاعل مع الزمن مثل بوليمر بولي استر [21].

## 2- بلمرة الاضافة

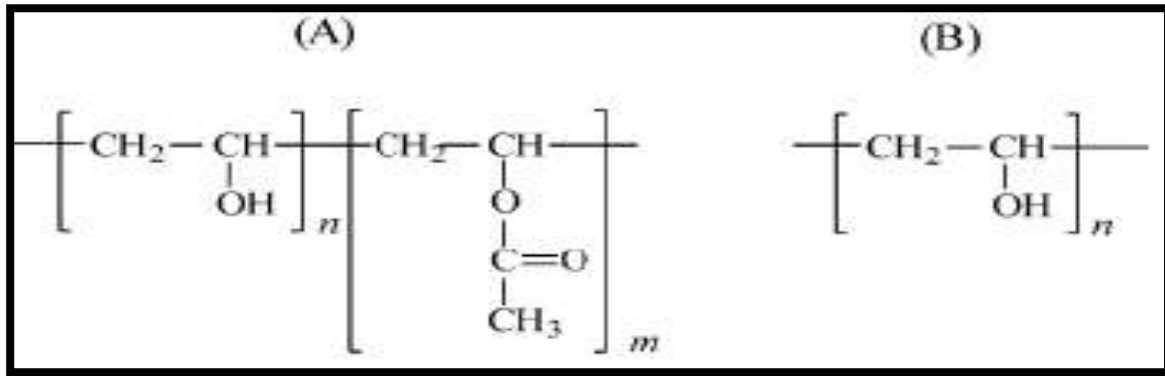
## Addition Polymerization

تعرف بلمرة الاضافة أو النمو المتسلسل بأنها ارتباطات متتالية لجزيئات المونيمر. وتتم عملية النمو المتسلسل بثلاث مراحل مختلفة تعرف المرحلة الاولى بمرحلة البدء (Initiation). ويتم في هذه المرحلة توليد المركز الفعال والذي يكون ايوناً أو مادة تحمل الكترولاً غير مزدوج ويدعى بالجزر الحر (Free Radical)، أما في المرحلة الثانية فينمو المركز الفعال عن طريق سلسلة من التفاعلات المتماثلة وتسمى بمرحلة النمو (Propagation)، وتتكون السلسلة البوليمرية النامية في المرحلة الاخيرة أو مرحلة الانتهاء (Termination) [15,22]، إذ يتوقف نمو السلسلة البوليمرية عند تفاعل جذرين من الجذور الحرة حيث ينهي احدهما الآخر [14]. و سرعة التفاعل في هذا النوع من البوليمرات تزداد من الصفر وتصل الى النهاية العظمى بعد مدة قصيرة من الزمن ومن ثم تثبت عند حالة الاستقرار مثل البولي إيثيلين المنخفض الكثافة (LDPE) [14,21].

## Polyvinyl Alcohol (PVA)

## (4-1-2-1) بولي فاينيل الكحول

وهو بوليمر صناعي قابل للذوبان في الماء وعديم الرائحة، يصنع من خلات الفاينيل الاحادية (Vinyl Acetate Monomer) بواسطة اخضاعها بالبلمرة و التحلل الجزئي، وعن طريق اذابته في الماء والسماح للماء بالتبخر يتكون غشاء شفاف ذو لدانة عالية ومقاوم للتمزق، وان ذوبانية البوليمر تعتمد على درجة التحلل الجزئي وقابلية الاصرة الهيدروجينية [22]، ويمكن تقسيم بوليمر (PVA) المتوفر تجاريا الى نوعين هما البولي كحول الفاينيل تام التحلل بالماء ((Fully Hydrolyzed (PVA) والبولي كحول الفاينيل الذي يتحلل بالماء جزئياً ((Partially Hydrolyzed (PVA) وذلك اعتماداً على عدد مجاميع الخلات (Acetate Groups) في العمود الفقري للبوليمر. أن الاستقرار الكيميائية لبوليمر (PVA) في درجات الحرارة الاعتيادية مع امتلاكه خصائص فيزيائية وكيميائية ممتازة أدت الى استعماله في التطبيقات العملية بشكل واسع في الطب ومواد التجميل والأغذية و الصناعات الصيدلانية والتغليف. ويستعمل بوليمر (PVA) بشكل رئيسي في منتجات الالياف والافلام مثل الطلاءات الورقية [23,24]. (Paper Coating) ويمتلك أيضاً ميزة التصاق عالية و كثافته تتراوح  $(1.19-1.31\text{g/cm}^3)$ . وان الكميات الكبيرة من بوليمر (PVA) تكون خطيرة و خصوصاً اذا مزجت مع الماء، ويكون غير سام طالما هو غير محروق او ذائب بالنار. ومن مزايا هذا البوليمر المقاومة الميكانيكية العالية [22]. الشكل (2-1) يوضح الصيغة التركيبية لبولي فاينيل الكحول [25].



الشكل (2-1): الصيغة التركيبية لبولي فينيل الكحول [25]:  
(A) تحلل مائي جزئي (B) تحلل مائي كلي

### Reinforcement Materials

### (2-2-1) مواد التدعيم

وهي المواد التي تعمل على تدعيم المادة الأساس، وقد تكون مادة سيراميكية أو معدنية أو بوليمرية وتتصف بصورة عامة بالمقاومة العالية، أما مطيليتها فهي مختلفة فقد تكون عالية أو منخفضة اعتماداً على نوع المادة والغرض المستخدم لأجله، وتصنف اعتماداً على الشكل والإبعاد إلى، ألياف (Fibers) أو دقائق (Particles) أو قشور (Flakes) أو بهيئة شبكة من المواد [26,24]. واعتماداً على شكل مواد التدعيم صنفت المادة المترابكة إلى ثلاثة أصناف وكما يأتي:

### Particles Reinforcing

### (1-2-2-1) التدعيم بالدقائق

يمكن تقسيم مواد هذا النوع من التدعيم على مجموعتين رئيسيتين اعتماداً على حجم الدقائق وهي:

#### 1- المواد المترابكة المدعمة بالتشتيت

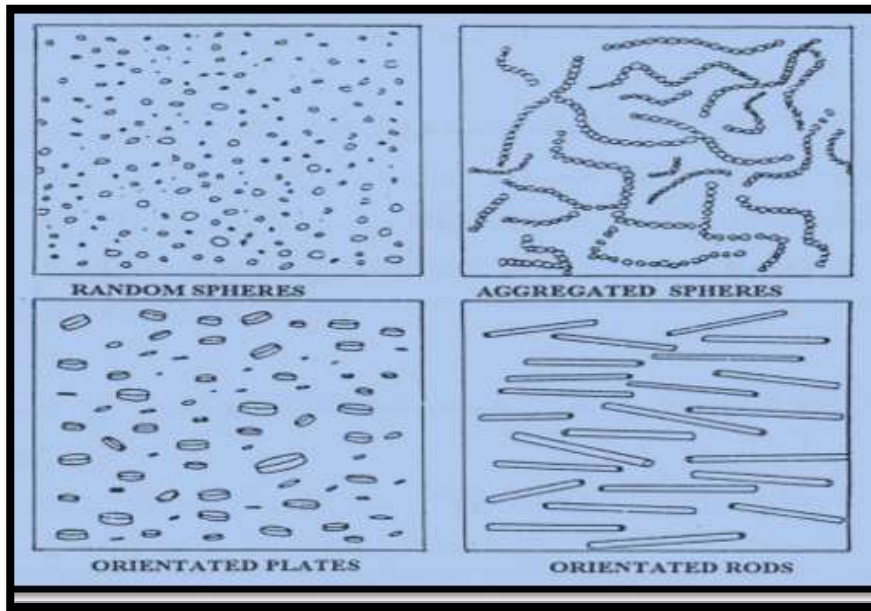
### Dispersion Reinforced Composite Materials

مواد التدعيم في هذا النوع من المواد المترابكة تكون عبارة عن دقائق صغيرة الحجم لا يتجاوز حجمها (0.1 μm) وهي تعمل على تدعيم المادة الأساس عن طريق أعاقه حركة الانخلاعات خلال عملية التشوه اللدن [27,28]، ونسبة الكسور الوزنية فيها تتراوح بين % (1-15). وهذا النوع من التدعيم يستغل في صناعة المكابس وأذرع التوصيل [4].

2- المواد المترابطة المدعمة بالدقائق

Particles Reinforced Composite Materials

وهي مواد مترابطة دقائقية ولكنها تختلف عن المواد المترابطة المدعمة بالتشبيات من حيث حجم الدقائق والذي يكون أكبر من (1  $\mu\text{m}$ ) دائماً ونسبة الكسور الوزنية فيها قد تصل إلى (20-40%) في المواد المترابطة عالية الإضافة، ويوضح الشكل (1-3) بعض أشكال هذه الدقائق وتوزيعها [25,30]. ويحدث التدعيم عندما تعمل الدقائق كعوائق لتشويه المادة الأساس بسبب صلابتها العالية وعدم تشويهها أثناء التحميل وتكون على عدة أنواع وأشكال منها الكروية والقشرية والإبرية والخيطية حيث تعمل الدقائق على زيادة الجساءة وزيادة مقاومة الصدمة (Impact Strength) وتحسين معامــــل التمدد الحراري (Thermal Expansion Coefficient) للمادة الأساس [4]. أن الخصائص النهائية للمادة المترابطة المدعمة بالدقائق تتأثر بجملة من العوامل يتعلق بعضها بخصائص المادة الأساس وأخرى بخصائص مادة التدعيم مثل نوع وحجم وشكل الدقائق وتوزيعها ضمن المادة الأساس، كما أن لقوة الترابط بين المادة الأساس والدقائق اثراً بالغاً في تحديد خصائص المادة المترابطة النهائية [31,32]. ومن استعمالات هذا النوع من التدعيم هي في صناعة رؤوس أقلام القطع [4].



الشكل (1-3): أنواع مختلفة من مواد التدعيم الدقائقية [28].

## Fibers Reinforcing

### (2-2-2-1) التدعيم بالألياف

أن التدعيم بالألياف له دور كبير في تحسين الخصائص الميكانيكية بشكل عام وفي زيادة مقاومة الشد بشكل خاص، ويعود السبب إلى تحمل الألياف الجزء الأكبر من الحمل الخارجي المسلط بسبب مقاومتها العالية في حين أن المادة الأساس ستعمل على نقل الإجهاد وإيصاله إلى الألياف. وان خصائص المادة المترابطة المدعمة بالألياف تعتمد على خصائص الليف نفسه مثل قطر وطول الليف والكسر الحجمي ( $V_f$ ) وترتيب الليف أذ أن الألياف ممكن أن تكون مستمرة (طويلة) أو قصيرة (مقطعة) وموزعة بشكل عشوائي أو موجهة باتجاه معين. تمتلك المواد المترابطة المدعمة بالألياف خصائص اتجاهية، لذا فان اتجاه تأثير الإجهاد نسبة إلى اتجاه ترتيب الألياف عامل مهم ومؤثر في الخصائص. أن مادة الليف ممكن أن تكون سيراميكية مثل ألياف الزجاج أو كاربيد السليكون وقد تكون بوليميرية مثل ألياف الكفلر، أما المعدنية فتستعمل على شكل أسلاك مثل أسلاك الفولاذ أو النحاس [26].

## Laminates Reinforcing

### (3-2-2-1) التدعيم بالطبقات

تتكون المادة المترابطة الطباقية من أطوار مرتبة على وفق نسق هندسي صمم حسب الهدف منه فمثلاً تكون على شكل سلسلة متناوبة من الطبقات أو على شكل نسق آخر يسمى بالشطيرة (Sandwich) أذ يمكن أن تعطي هذه المواد تحسناً واختلافاً كبيراً في الخصائص الناتجة مقارنة بخصائص أطوارها الداخلية وقد تحتوي الطبقة المنفردة على نفس مكونات الطبقة الأخرى كما قد تكون مغايرة تماماً [26].

## Magnesium Chloride

### (3-2-1) كلوريد المغنسيوم

كلوريد المغنسيوم هو مركب كيميائي ذو الصيغة الجزيئية  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ، ويكون على شكل بلورات بيضاء، وهي أملاح هاليدات أيونية نموذجية، كونها قابلة للذوبان في الماء بدرجة كبيرة، بحيث يذوب عندما يمتص الرطوبة من الهواء ليتحوّل إلى الشكل المائي، يستخرج كلوريد المغنسيوم من مياه البحار، ويُمكن استخلاصه من المحاليل الملحية، ويحضر بالطريقة العادية بتبلور من المحاليل على شكل  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ، يدخل كلوريد المغنسيوم في صناعة العديد من المنتجات بما فيها الأسمت [33].



### Chloride Chromium (III)

### (4-2-1) كلوريد الكروم

كلوريد الكروم الثلاثي مركب كيميائي له الصيغة  $CrCl_3$ ، ويكون على شكل مسحوق بلوري ذي لون بنفسجي (لامائي) أو أخضر داكن (سداسي هيدرات). الشكل اللامائي من كلوريد الكروم ضعيف الانحلالية في الماء، أما الشكل المائي تبلغ درجة انحلاله  $(58.5g/100 mL)$  ويتشكل الشكل المائي من كلوريد الكروم الثلاثي ذي اللون الأخضر الداكن بارتباط ستة جزيئات ماء مع ذرة الكروم المركزية في البنية البلورية. ويتم تحضير الكلوريدات المائية بمعالجة الكرومات بحمض الهيدروكلوريك والميثانول [34].

### Interface and Binding Force

### (5-2-1) السطح البيني وقوة الترابط

يمكن تعريف السطح البيني على أنه السطح الرابط بين مواد التدعيم والمادة الأساس، إذ يكون هناك نوع من عدم الاستمرارية للخصائص الميكانيكية والفيزيائية. ويقصد بعدم الاستمرارية هو وجود اختلاف في التركيب البلوري ومعامل المرونة والكثافة و معامل التمدد الحراري الى غير ذلك [35]. إن آلية نقل القوة من المادة الأساس إلى مواد التدعيم هي المبدأ الأساسي لتدعيم المادة الأساس بمواد ذات معامل مرونة ومقاومة عالية تعتمد بالدرجة الأساس على قوة الربط بين هذه المواد، إذ بانعدام هذا الربط لا يكون هناك نقل للقوة وبالتالي تتصرف مواد التدعيم بوصفها فجوات داخل المادة الأساس، فضلا عن أن سلوك السطح البيني يؤثر على كيفية فشل المادة والشغل اللازم لتشققها وتمزقها. إن خصائص السطح البيني والكيفية التي يتصرف بها تعتمد بالدرجة الأساس على إمكانية وقابلية المادة الأساس على تبليل مواد التدعيم (في حالة كون المادة الأساس سائلة أثناء تصنيع المواد المترابطة)، وهذه الخاصية تسمى بقابلية التبليل (Wettability) ويمكن تعريفها بأنها المدى الذي يمكن للسائل عنده أن ينتشر على سطح صلب [36]. ويعتمد السطح البيني على نوع الربط (Binding) بين المادتين، ومن أهم أنواع الربط:

### Mechanical Bonding

### 1- الربط الميكانيكي

يعتمد الربط الميكانيكي على مقدار التشابك لكلتا المادتين (المادة الأساس ومادة التدعيم)، فقد تحتوي إحدى المادتين على ثقب أو شقوق أو نتوءات تتغلغل أو تتداخل بالمادة الأخرى. ومن العوامل المؤثرة على هذا النوع من الربط هو تأثير الاحتكاك وخشونة السطح بين المادتين [35,37].

## Chemical Bonding

## 2- الربط الكيميائي

الربط الكيميائي هو أقوى أنواع الربط، ويستعمل هذا النوع من أنواع الربط عندما يراد الحصول على سطح بيئي يمتلك قوة ومقاومة قص تقارب مقاومة وقوة المادة المترابطة. واهم انواعه هو ربط التفاعل (Reaction Bonding) ويحصل هذا النوع نتيجة انتقال الجزيئات بين السطحين أو الذرات من مادة إلى أخرى (من سطح إلى آخر)، ويتم السيطرة على هذه العملية بواسطة عملية الانتشار (Diffusion)، وقد يحصل الربط نتيجة انتقال بعض ذرات المادة الأساس إلى الشبكة الجزيئية لمادة التدعيم أو العكس، أو يحصل الانتقال المتبادل بين الاثنين، ومن الممكن تحسين هذا النوع من الربط باستعمال مواد رابطة ومن أشهرها المواد الرابطة السيلانية (Silane Coupling Agents) [35,36].

## Pervious Works

## (3-1) الدراسات السابقة

يتناول هذا البند عرضاً موجزاً لبحوث ودراسات تم إنجازها في مجال بحثنا ومن أبرز هذه الدراسات:

❖ درس (Al Wash) عام (2010) الخصائص البصرية لأغشية بولي كحول الفايثيل النقية والمدعمة بكبريتات الألمنيوم والتي تم تحضيرها بطريقة الصب، أذ قاس فجوة الطاقة للانتقال المباشر، وتم فحص التغيير في فجوة الطاقة وطاقة التنشيط ضمن مدى الأطوال الموجية nm (200 - 700) و تتغير درجة حرارة بمعدل °C (25-140) على التوالي. و أن فجوة الطاقة تقل بزيادة تركيز ملح كبريتات الألمنيوم وباستخدام طريقة حافات أورباخ، تم حساب طاقة التنشيط للانتقال المباشر ووجد أنها تزداد بزيادة تركيز ملح كبريتات الألمنيوم وتقل بزيادة درجة الحرارة [38].

❖ درس (Abdullah et al.) عام (2010) بعض الخصائص البصرية لبوليمر (PVA) المدعم بملح (AlI<sub>3</sub>) والمحضر بطريقة الصب. وتوصل الى أن الانتقالات الألكترونية هي مباشرة وغير مباشرة وان فجوة الطاقة تقل مع زيادة تركيز المادة المدعمة ولجميع الانتقالات [39].

❖ درس (Abdullah et al.) عام (2011) الخصائص البصرية لأغشية (PVA) المدعمة بيوريد الصوديوم (NaI) بنسب وزنية (10,20,30 and 40) wt% والمحضرة بطريقة الصب، وأجريت قياسات الامتصاص البصري لجميع العينات في درجة حرارة الغرفة وضمن مدى الأطوال الموجية nm (190-1100). وقد شملت الدراسة التغيرات في المعاملات البصرية وبما في ذلك فجوة الطاقة وطاقة أورباخ لكافة العينات. ولقد وجد أن الأمتصاص البصري ناتج عن الأنتقالات المباشرة

وغير المباشرة، وأن قيمة فجوة الطاقة تتغير الى الحدود الدنيا (5.05-6.4) eV مع زيادة تركيز (NaI) ولكافة الأنتقالات. فضلا عن ذلك أظهرت الدراسة أن معامل الانكسار المعقد يعتمد على تركيز التدعيم [40]

❖ قام (Rabee et al.) عام (2012) بتحضير ودراسة الخصائص البصرية للمترابك (PVA- AlCl<sub>3</sub> . 6H<sub>2</sub>O) المحضر بطريقة الصب، و تم دراسة تأثير إضافة (AlCl<sub>3</sub> . 6H<sub>2</sub>O) على الخصائص البصرية لمحلول (PVA) بنسب وزنية (0,4,6,8) wt%، واطهرت النتائج بأن الامتصاصية تزداد بزيادة تركيز (AlCl<sub>3</sub> . 6H<sub>2</sub>O) وكذلك يزداد كلا من معامل الانكسار و ثابت العزل البصري بجزئه الحقيقي و زاوية بروستر ومعامل الخمود بزيادة النسبة الوزنية لـ (AlCl<sub>3</sub> . 6H<sub>2</sub>O) [41].

❖ قام (Abdullah et al.) عام (2013) بدراسة الخصائص البصرية والتركيبية لأغشية (PVA) المدعمة بملح (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية (2%, 4%, 6% and 8%) wt% والمحضرة بطريقة الصب، وجد أن الامتصاصية البصرية للأغشية المحضرة تزداد بزيادة تركيز (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O) في منطقة (UV) ضمن المدى (190-280) nm. النتائج بينت بأن كلا من فجوة الطاقة (E<sub>g</sub>) وطاقة أورباخ (E<sub>u</sub>) تقل (6.2-5.07) eV و ((476.87-266.10) meV) على التوالي بزيادة تركيز (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O)، الجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل يزداد بزيادة تركيز (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O) ضمن حافة الأمتصاص (235-250)، التحليل الحراري الوزني (TGA) و التحليل الحراري الوزني التفاضلي (DTGA) يظهر أن الأستقرار الحراري للمترابك البوليمري يزداد بزيادة تركيز (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.5H<sub>2</sub>O)، طيف تحويلات فورير للأشعة تحت الحمراء (FTIR) بين وجود زحف بسيط لأواصر (PVA) [42].

❖ درس (Raheem) عام (2013) فجوة الطاقة لأغشية (PVA) المدعمة بأملاح يوديد الصوديوم (NaI) وكلوريد الصوديوم (NaCl) بنسب وزنية (0.14, 0.59, 1.5) wt% والمحضرة بطريقة الصب، وضحت النتائج أن الامتصاصية تزداد مع زيادة تركيز كل من (NaI) و (NaCl). وكذلك وُجد أن قيم فجوة الطاقة لـ (PVA-NaCl) أقل من (PVA-NaI)، حيث إن قيم فجوة الطاقة لـ (PVA-NaI) تقل (5.05-4.55) eV بينما لـ (PVA-NaCl) تقل (5.05-4.48) eV [43].

❖ درس (Mustafa) عام (2013) الخصائص البصرية لأغشية بولي فنانيل الكحول (PVA) المدعمة بيوديد الصوديوم (NaI) بنسب وزنية (1,2,3 and 4) wt% والمحضرة بطريقة الصب، الخصائص البصرية للعينات درست من خلال قياس طيف الأمتصاص البصري ضمن مدى الأطوال

الموجية nm (190-850) عند درجة حرارة الغرفة بأستخدام مطياف (UV-VIS). وضحت النتائج أنّ فجوة الطاقة للأغشية المحضرة تقل مع زيادة تركيز (NaI). (الأمْتصاصية و معامل الأمْتصاص و معامل الخمود و معامل الأنكسار) لـ (PVA) المدعم بـ (NaI) يزداد مع زيادة تركيز (NaI) ماعدا النفاذية و الجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل يزداد مع زيادة تركيز (NaI). فجوة الطــــاقــــة البصرية للأنتقالات غير المباشرة المسموحة للأغشية المدعمة و غير المدعمة تم حسابها وكانت كالاتي  $(5.05, 4.91, 4.79, 4.70 \text{ and } 4.55) \text{ eV}$ ، بينما فجوة الطاقة للانتقالات غير المباشرة الممنوعة كانت  $(4.91, 4.82, 4.75, 4.65 \text{ and } 4.54) \text{ eV}$  [44].

❖ درس (Li et al.) عام (2014) أمكانية تحسين الخصائص الميكانيكية والحرارية لمتراكبات (PVA) المدعمة بالألياف النانوية السليلوزية الخيطية (NCF) والمحضرة بطريقة الصب. تم أعداد الألياف النانوية السليلوزية الخيطية بأستعمال الموجات فوق الصوتية. وتم التحقق من مساهمة الألياف النانوية السليلوزية الخيطية في تحسين الأستقرار الحراري والخصائص الميكانيكية لأغشية (PVA). أظهرت (NCF) ارتفاعاً في البلورية بنسبة (73.9%) بالمقارنة مع غشاء (PVA) النقي ذي بلورية مقدارها (61.5%)، وكان لـ (NCF) أقطار تتراوح بين (50-120) nm. ووجد بأن عند تركيز (6%) من (NCF) فسوف يؤدي الى أفضل أستقرار حراري و أفضل نفاذية للضوء وأفضل الخصائص الميكانيكية لمتراكبات (PVA/NCF). وأظهرت المتراكبات أيضاً نفاذية للضوء المرئي بنسبة (73.7%)، وتحسنت بدرجة كبيرة قوة الشد ومعامل يونك، إذ كانت القيم أكبر بـ (2.8) و (4.8) مرات على التوالي من تلك التي يملكها غشاء (PVA) النقي [45].

❖ درس (Chandrakala et al.) عام (2014) الخصائص الكهربائية والبصرية و التركيبية والمورفولوجية للمتراكبات النانوية (بوليمر (PVA) المدعم بأوكسيد الخارصين (ZnO) وأوكسيد السيريوم (Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) النانويان) و التي حُضرت بطريقة الصب. و أظهرت نتائج القياسات الكهربائية بأن سماحية العزل و خسارة العزل والتوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) للـ (PVA) تزداد بزيادة حشوة (ZnO-Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) و التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) للمتراكبات النانوية تزداد بزيادة التردد. وقد أظهرت نتائج القياسات البصرية و التي تضمنت قياس طيف النفاذية ظهور ثلاث قمم بارزة عندة nm (253 و 257 و 278) في منطقة الأشعة فوق البنفسجية (220-300)nm للمتراكبات النانوية [46].

❖ درس (Luo et al.) عام (2015) تأثير نترات الالمنيوم (Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9 H<sub>2</sub>O) على الخصائص البلورية و الحرارية والميكانيكية لاغشية (PVA) المحضرة بطريقة الصب، وأن التفاعل

بين (PVA) و  $(Al(NO_3)_3 \cdot 9 H_2O)$  تم فحصه بواسطة مطياف تحويل فوريرر للاشعة تحت الحمراء (FTIR) وأن تأثير  $(Al(NO_3)_3 \cdot 9 H_2O)$  على الخصائص البلورية والحرارية والميكانيكية لـ (PVA) درست بواسطة حيود الاشعة السينية (XRD) والمسعر الحراري التفاضلي (DSC) و التحليل الحراري الوزني (TGA) وأختبار الشد على التوالي. وتشير النتائج الى أن  $(Al(NO_3)_3 \cdot 9 H_2O)$  تستطيع ان تتفاعل مع مجموعة الهيدروكسيل لسلسلة (PVA). من خلال حيود الاشعة السينية (XRD) درست بلورية (PVA) ووجد أنها تتحطم بواسطة  $(Al(NO_3)_3 \cdot 9 H_2O)$ ، وأظهرت الدراسة من خلال المسعر الحراري التفاضلي (DSC) أن  $(Al(NO_3)_3 \cdot 9 H_2O)$  تستطيع أن تزيد من مرونة سلاسل (PVA) وتقلل درجة الانتقال الزجاجي  $(T_g)$  لـ (PVA). أما اختبار الشد أظهر انه بعد إضافة  $(Al(NO_3)_3 \cdot 9 H_2O)$  فإن متانة الشد لاغشية (PVA) تقل مع الزيادة بالاستطالة حد الكسر، واظهرت جميع النتائج أن  $(Al(NO_3)_3 \cdot 9 H_2O)$  هي ذات كفاءة عالية على أغشية (PVA) بعد التلدين [47].

❖ درس (Mohamed) عام (2016) تأثير كلوريد المنغنيز ( $MnCl_2$ ) بتراكيز وزنية مختلفة ((0,2,4,6,8 and 10) wt%) على الخصائص التركيبية والبصرية لأغشية (PVA:PEG) النقية والتي حُضرت بطريقة الصب. الخصائص البصرية تضمنت دراسة الامتصاصية و معامل الامتصاص و معامل الانكسار و معامل الخمود و ثابت العزل الحقيقي والخيالي، بيّنت النتائج زيادة هذه الثوابت البصرية بزيادة تركيز  $(MnCl_2)$ . وان فجوة الطاقة للانتقالات الالكترونية المباشرة و غير المباشرة المسموحة تقل بزيادة تركيز  $(MnCl_2)$  [48].

❖ قام (Puyou et al.) عام (2016) بدراسة الية التلدين وتأثير كلوريد الألمنيوم ( $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ ) والجليسرين على أغشية (PVA) المحضرة بطريقة الصب، حيث تم تحضير نوعين من الملدنات المعقدة هما الغليسرين/ $(AlCl_3 \cdot 6H_2O)$  و بولي الغليسرين/ $(AlCl_3 \cdot 6H_2O)$ . أن المورفولوجيا المجهرية لاغشية (PVA) النقية وأغشية (PVA) الملدنة بالملدنات المعقدة تم ملاحظتها بواسطة المجهر الالكتروني الماسح (SEM). ان التفاعل بين الملدنات المعقدة و جزيئات (PVA) تم التحقق منها بواسطة مطياف تحويل فوريرر للاشعة تحت الحمراء (FTIR) وان تأثير الملدنات المعقدة على الخواص البلورية والحرارية والميكانيكية لاغشية (PVA) تم دراستها بواسطة حيود الاشعة السينية (XRD) و المسعر الحراري التبايني (DSC) و التحليل الحراري الوزني (TGA) وأختبار الشد على التوالي. وأظهرت النتائج ان كلا من الملدنات المعقدة الغليسرين/ $(AlCl_3 \cdot 6H_2O)$  و بولي الغليسرين/ $(AlCl_3 \cdot 6H_2O)$  تستطيع أن تتفاعل مع جزيئات (PVA) ومن ثم تدمر بلورية (PVA)

بشكل فعال. وكذلك تصبح أغشية (PVA) الملدنة بالملدنات المعقدة أكثر ليونة ومطيلية مع أقل متانة شد وأعلى استطالة لحد الكسر مقارنة بأغشية (PVA) النقية [49].

❖ قام (Salman et al.) عام (2016) بتحضير ودراسة بعض الخصائص البصرية لأغشية المترابكات (PVA-FeCl<sub>3</sub>) بنسب وزنية (1, 3, 5, 7 and 10) wt% والمحضرة بطريقة الصب. الخصائص البصرية للعينات درست من خلال قياس طيف النفاذية ضمن مدى الأطوال الموجية nm (250-1100) عند درجة حرارة الغرفة باستخدام مطياف (UV-VIS). أوضحت النتائج العملية للأغشية المترابكة (PVA-FeCl<sub>3</sub>) بأن النفاذية تقل مع زيادة تركيز (FeCl<sub>3</sub>) بينما زيادة في الامتصاصية ومعامل الامتصاص ومعامل الانكسار ومعامل الخمود والجزء الحقيقي والخيالي لثابت العزل البصري مع زيادة تركيز المادة المدعمة. وكذلك أظهرت النتائج بأن الانتقالات الإلكترونية هي انتقالات غير مباشرة مسموحة وأن فجوة الطاقة وطاقة أورباخ تقل مع زيادة تركيز (FeCl<sub>3</sub>) وكالتالي eV (5.953-2.505) و MeV (971.005-364.203) على التوالي [50].

❖ درس (Aziz et al.) عام (2017) الخصائص البصرية لأغشية من خلائط بوليمرية (PVA:PEO) النقية والمدعمة بالألمنيوم والمحضرة بطريقة الصب. تم اقتراح طريقة تجريبية مبتكرة في هذا العمل لحساب فجوة الطاقة ولتحديد أنواع الانتقالات الإلكترونية. كما لوحظ أن الأمتصاص البصري ازداد مع زيادة تركيز ملح الألمنيوم وزحف نحو الأطوال الموجية العالية (الطاقات الفوتونية الواطئة)، وأن هذا الزحف يشير إلى أن هناك تفاعل جيد بين الخليط البوليمري وملح الألمنيوم والذي يتضح في نقصان فجوة الطاقة. ولوحظ أيضاً زيادة في معامل الانكسار للعينات المدعمة. ويمكن فهم قابلية الأمتزاج جيداً بين ملح الألمنيوم والخليط البوليمري من خلال العلاقة الخطية بين معامل الانكسار والكسر الحجمي للملح المضاف. وتم ملاحظة زيادة في معامل الخمود عند الأطوال الموجية العالية للعينات المدعمة. وقد تم إجراء مقارنة لفجوة الطاقة التي تقاس من خلال رسم  $(\alpha hv)^2$  كدالة لطاقة الفوتون (hv) بتلك الفجوة المحددة من فقدان العزل الكهربائي البصري. ولقد وجد أن طاقة أورباخ تزداد بزيادة تركيز ملح الألمنيوم [51].

❖ قام (Du et al.) عام (2019) بتحضير ودراسة الخصائص التركيبية الحرارية والميكانيكية لأغشية (PVA) النقية والمدعمة بملح (MgCl<sub>2</sub>) والمحضرة بطريقة الصب. فُحصت الخصائص التركيبية للأغشية المترابكة باستخدام حيود الأشعة السينية (XRD)، حيث بينت النتائج أن المجالات المتبلورة لبوليمر (PVA) تنخفض مع زيادة تركيز ملح (MgCl<sub>2</sub>)، وفحص طيف تحويلات فورير للأشعة تحت الحمراء (FTIR) لغشاء بوليمر (PVA) النقي والأغشية المدعمة بملح

(MgCl<sub>2</sub>) والتي كشفت التغيرات الأهتزازية التي حدثت بسبب تأثير الملح في البوليمر. وقد أظهرت نتائج التحليل الحراري الوزني (TGA) والتي تم تعيينها باستخدام المسعر الحراري التفاضلي (DSC)، ان الثبات الحراري لبوليمر (PVA) انخفض مع إضافة ملح (MgCl<sub>2</sub>) وتغيرت عملية التحلل الحراري، وأظهر تأثير التدعيم بملح (MgCl<sub>2</sub>) على بعض الخصائص الميكانيكية (الشدة والاستطالة) لأغشية بوليمر النقية (PVA)، ان قوة الشد تقل والاستطالة حد الكسر تزداد مع زيادة النسبة الوزنية لملح (MgCl<sub>2</sub>) [52].

❖ درست (Nazal et al.) عام (2019) الخصائص الحرارية وثابت العزل الكهربائي والسماحية الكهربائية لأغشية بولي فنانيل الكحول (PVA) المدعمة بتراكيز وزنية مختلفة (0, 3, 5, 7 and 10 wt%) من ملح كلوريد النحاس (CuCl). تم التحضير باستخدام تقنية الموجات فوق الصوتية لغرض توزيع المسحوق وتجانسه في البوليمر المستخدم كأساس للمقارنة، ومن ثم تم استعمال طريقة الصب لتحضير الاغشية، قيست التوصيلية الحرارية (W/ m K) للأغشية المرسبة. أظهرت النتائج ان التوصيلية الحرارية قد زادت بزيادة تركيز كلوريد النحاس وعند تركيز (5wt %) تم ملاحظة صعود عالي للتوصيلية الحرارية ثم هبوط بالقيم التي تليها. وتم قياس ثابت العزل الكهربائي والسماحية الكهربائية كدالة للنسبة الوزنية لمادة التدعيم، أوضحت النتائج تحسن تدريجي في متانة العزل الكهربائي بزيادة تركيز ملح كلوريد النحاس [53].

❖ درست (Ibrahim et al.) عام (2019) الخواص البصرية لأغشية (PVA) النقية وخليط (PVA/Phenol Red) باستخدام طريقة الصب وبنسب وزنية مختلفة من الفينول الأحمر ((5,10,15,20 and 25)wt %)، وقد تم قياس الخواص البصرية في مدى الطول الموجي (200-650) nm. وأظهرت النتائج أن امتصاص أغشية (PVA / Phenol Red) زاد مع زيادة نسبة مادة الفينول الأحمر. ووجد أن قيمة فجوة الطاقة (E<sub>g</sub>) قد قلت مع زيادة نسبة الفينول الأحمر [54].

❖ درست (Sweah et al.) عام (2020) خواص خليط (بوليمر PVA/النشا) والمدعم بالجليسرين والمدعم أيضا بصبغة (Rhodamine-B.)، أذ حضرت الأغشية بواسطة طريقة الصب. تم خلط بوليمر (PVA) مع النشا بنسبة (1:1)wt % مع نسب وزنية مختلفة من الجليسرين ((0,25,30,35,40)wt%) . وجد أن عند النسبة (30wt%) تكون الخصائص الميكانيكية هي الأنسب من حيث القوة والمرونة، وعند المزج بنسبة (1:1)wt% من خليط (النشا/PVA) ووزن (30wt%) من الجليسرين وكذلك نسب وزنية مختلفة من صبغة (Rhodamine-B.) ((1,2,3,4,5,6) wt%).

أظهرت نسبة (5wt%) من صبغة Rhodamine-B إلى وجود خلائط بوليمرية ذات موصلية عالية تصل إلى ( $1 \times 10^{-3}$  s/cm). وبشكل عام، زادت الموصلية الكهربائية مع ارتفاع درجة الحرارة، وهو ما يشبه سلوك البوليمرات شبه الموصلة [55].

❖ قام (Bulinsk) عام (2021) بتحضير ودراسة بعض الخصائص البصرية لمترابكات بوليمر (PVA) المدعمة بأملاح معدنية مختلفة، وقد تمت دراسة الخصائص البصرية بواسطة UV-VIS-IR وتقنيات القياس الأخرى، وكذلك مع استعمال تطبيقات مثل التصوير ثلاثي الأبعاد و أجهزة الليزر الدقيقة أو المستشعرات الضوئية أو التصوير النانوي. ويعد كحول البولي فينيل فريداً بين البوليمرات بصرف النظر عن تحضيره، فإنه لا يتراكم في تفاعلات البلمرة من المونومرات، على عكس معظم بوليمرات الفينيل، وهو قابل للتحلل البيولوجي في وجود الكائنات الحية الدقيقة التي تتأقلم بشكل مناسب، كما إنها مادة صديقة للبيئة لمجموعة واسعة من التطبيقات الطبية، بناءً على توافقها الحيوي إلى البصريات المتكاملة [56].

## The Aim of the Study

### (4-1) الهدف من الدراسة

تهدف الدراسة الحالية الى:

1- تحسين الخصائص الفيزيائية لبوليمر بولي فنيل الكحول (PVA) من خلال إضافة أملاح معدنية متمثلة بملحي كلوريد المغنسيوم  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  وكلوريد الكروم الثلاثي  $CrCl_3 \cdot 6H_2O$  بنسب وزنية مختلفة (wt%) (3, 5, 7, 9, 11, 13, 15) من خلال تحضير أغشية بطريقة صب المحلول

2- دراسة بعض الخصائص الفيزيائية (البصرية والحرارية والميكانيكية والكهربائية والمسامية الظاهرية) لأغشية بوليمر بولي فينيل الكحول (PVA) النقية والمدعمة بملحي كلوريد المغنسيوم  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  و كلوريد الكروم الثلاثي  $CrCl_3 \cdot 6H_2O$  بنسب وزنية مختلفة.





# الفصل الثاني

## الجزء النظري



**Introduction**

**(1-2) المقدمة**

يتضمن هذا الفصل الجانب النظري لموضوع البحث، الذي يضم القوانين والمعادلات الرياضية التي استعملت في البحث الحالي، ودراسة الخصائص البصرية والحرارية والكهربائية (الخصائص العزلية) والميكانيكية.

**Optical Properties**

**(2-2) الخصائص البصرية**

الهدف من دراسة الخصائص البصرية للبوليمر هو التعرف على الخصائص البصرية للمادة والمتغيرات البصرية من خلال دراسة طيف الامتصاصية والنفاذية على مدى واسع من الأطوال الموجية. ويتم تحديد الخصائص البصرية للبوليمرات من خلال طبيعة الشحنات وكيفية توزيعها في داخلها وان طيف الامتصاصية ينتج من ظاهرة الفقد في الطاقة الناتجة عن التفاعل الحاصل بين الضوء والشحنات التي تحتويها المادة. عندما يسقط ضوء على المادة من الممكن أن تحدث عدد من العمليات بسبب التفاعل الذي يحدث بين الضوء الساقط وهذه المادة، ومتى ما يتفاعل الشعاع الكهرومغناطيسي الساقط بسطح المادة فإنه تحدث ثلاث عمليات قد تكون بصورة منفردة أو مزدوجة، فالشعاع الساقط ربما يمتص (Absorbed) أو ينعكس (Reflected) أو ينفذ (Transmitted) [6,57]

أن معلومات الخصائص البصرية الأساسية للمواد تقع في الجزء المرئي (VIS) من الطيف الكهرومغناطيسي وممكن في المنطقة فوق البنفسجية (UV) وتحت الحمراء (IR) أذ أن الشدة الكلية لجميع حالات الشعاع الساقط المصطدم بالسطح ( $I_0$ ) هي مجموع الشدة الامتصاصية ( $I_A$ ) والانعكاسية ( $I_R$ ) والنفاذية ( $I_T$ ) كما في العلاقة الآتية [58]:

$$I_0 = I_A + I_R + I_T \quad \dots \dots \dots (1 - 2)$$

وأن الشدة تعرف بأنها عدد الفوتونات المصطدمة بالسطح لوحدة المساحة والزمن، وإذا قسمت العلاقة (1-2) على شدة الشعاع الساقط فسنحصل على الشكل الآتي للعلاقة:

$$A+R+T=1 \quad \dots \dots \dots (2-2)$$

أذ أن A هي الامتصاصية  $(\frac{I_A}{I_0})$ ، R هي الانعكاسية  $(\frac{I_R}{I_0})$  و T هي النفاذية  $(\frac{I_T}{I_0})$ . ومن المستحيل أن يكون هناك امتصاصية ونفاذية وانعكاسية عالية في أن واحد في المادة نفسها.

## (1-2-2) حافة الامتصاص الأساسية Fundamental Absorption Edge

وتعرف حافة الامتصاص الأساسية بأنها الزيادة السريعة الحاصلة بمعدل الامتصاص عندما تكون طاقة الإشعاع الممتصة تساوي تقريبا فجوة الطاقة، وتمثل حافة الامتصاص الأساسية اقل فرق في الطاقة بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل في المواد البلورية [59,60]. أذ أن مناطق حافة الامتصاص الأساسية تقسم الى ثلاث مناطق وكما موضحة بالشكل (1-2) الذي يبين العلاقة بين معامل الامتصاص  $(\alpha)$  وطاقة الفوتون  $(\nu h)$  [61].

### High Absorption Region منطقة الامتصاص العالي

أن معامل الامتصاص في هذه المنطقة  $(\alpha \geq 10^4 \text{ cm}^{-1})$ ، و أن الشكل (1-2a) يبين منطقة الامتصاص العالي، أذ أن هذه المنطقة تنتج عندما تحدث الانتقالات بين المستويات الممتدة في حزمة التكافؤ الى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل، ومن خلال هذه المنطقة يمكن التعرف على فجوة الطاقة  $(E_g)$  [59]، ويمكن التعبير عن معامل الامتصاص في هذه المنطقة من خلال العلاقة الآتية [62]:

$$\alpha h\nu = P(h\nu - E_g)^r \quad \dots\dots\dots(3-2)$$

إذ أن:

P: ثابت يعتمد على طبيعة المادة.

hν: طاقة الفوتون بوحدات (eV).

E<sub>g</sub>: فجوة الطاقة.

r: معامل أُسِّي يعتمد على طبيعة الانتقال.

### Exponential Absorption Region

### b- منطقة الامتصاص الأسي

في هذه المنطقة قيمة معامل الامتصاص تتراوح  $cm^{-1}$  ( $1 < \alpha < 10^4$ ) وأن هذه المنطقة موضحة بالشكل (1-2b) وتحدث الانتقالات فيها بين المستويات الموضعية في قمة حزمة التكافؤ الى المستويات الممتدة في حزمة التوصيل [63]. وتحدث في هذه المنطقة حافة الامتصاص تزداد أسياً وذلك بسبب حدوث زيادة تدريجية في الامتصاص تمتد لبضعة إلكترون فولت، ويمكن التعبير عن معامل الامتصاص في هذه المنطقة بعلاقة أورباخ (Urbach) والعلاقة المستخدمة في هذه المنطقة هي [62]:

$$\alpha = \alpha_0 \exp(h\nu/E_u) \dots\dots\dots (4-2)$$

إذ إن:

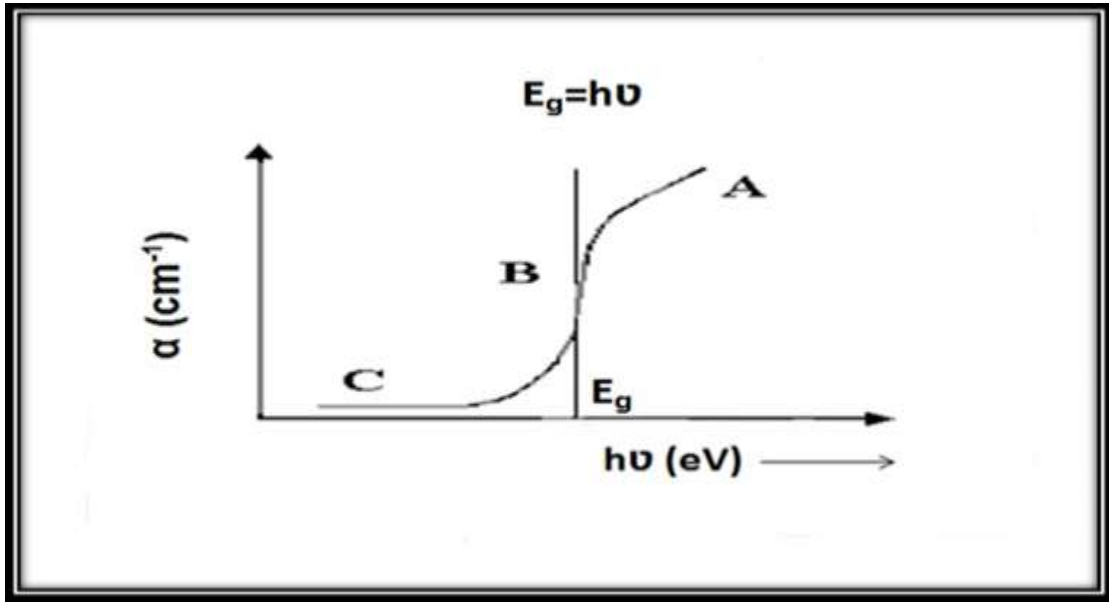
$\alpha_0$ : ثابت التناسب.

$E_u$ : تمثل عرض الذبول للمستويات الموضعية في منطقة فجوة الطاقة (طاقة ذبول أورباخ) وهي مساوية إلى مقلوب ميل المستقيم ( $Ln\alpha$ ) مقابل طاقة الفوتون ( $h\nu$ ).

### Low Absorption Region

### c- منطقة الامتصاص الواطئ

أن معامل الامتصاص ( $\alpha$ ) في هذه المنطقة صغيراً جداً ( $\alpha < 1cm^{-1}$ ) إذ يكون الامتصاص ضعيفاً، وأن هذه المنطقة تمثل الانتقالات بين الذبول داخل فجوة الطاقة، وان منطقة الامتصاص هذه تعتمد على طبيعة المادة من ناحية الترسيب. وان هذه المنطقة موضحة بالشكل (1-2c) [61].



الشكل (1-2): مناطق حافة الامتصاص الأساسية [61].  
(A) منطقة الامتصاص العالي (B) منطقة الامتصاص الأسّي (C) منطقة الامتصاص الواطئ

## Electronic Transitions

## (2-2-2) الانتقالات الإلكترونية

أن الانتقالات الإلكترونية تكون على نوعين وهي الانتقالات المباشرة والانتقالات غير المباشرة اعتماداً على موقع أعلى نقطة في قمة حزمة التكافؤ وأوطاً نقطة في قعر حزمة التوصيل [64].

## Direct Transitions

## (1-2-2-2) الانتقالات المباشرة

يحدث هذا الانتقال المباشر عندما ينتقل الإلكترون عند النقطة نفسها في فضاء متجه الموجة (k-space) من قمة حزمة التكافؤ إلى قعر حزمة التوصيل أي إن  $(\Delta k=0)$  فإن الامتصاص سوف يظهر في هذه الحالة عند  $(hu=E_g^{opt})$  و هذا النوع يحدث من دون تغيير ملحوظ في الزخم [65,66] ويحدث مع هذا النوع من الانتقال تفاعل بين الفوتون الساقط والإلكترون في حزمة التكافؤ فقط بحيث يكون كل من الطاقة والزخم محفوظين [67]، وكما في العلاقة الآتية:

$$E_f - E_i = hu \quad \dots\dots\dots (5-2)$$

$$K_f - K_i = q \quad \dots\dots\dots (6-2)$$

إذ إن:

$E_i$ : تمثل الطاقة الابتدائية للإلكترون في حزمة التكافؤ.

$E_f$ : تمثل الطاقة النهائية للإلكترون في حزمة التوصيل.

$K_i$ : متجه الموجة الابتدائي للإلكترون في حزمة التكافؤ.

$K_f$ : متجه الموجة النهائي للإلكترون في حزمة التوصيل.

$h\nu$ : طاقة الفوتون الممتص.

$q$ : تمثل متجه الموجة للفوتون الساقط.

وأن قيمة  $(q)$  صغيرة جداً بالمقارنة مع قيمة الإلكترون لذلك فإنها تهمل وتصبح العلاقة (6-2) كالآتي:

$$K_f = K_i \quad \dots\dots\dots (7-2)$$

ويعرف هذا الانتقال بالانتقال المباشر المسموح (Allowed Direct Transition)، أو يسمى بالانتقال العمودي في بعض الأحيان وكما مبين بالشكل (2-2a).

وعندما يحدث انتقال الإلكترون لأعلى وأوطأ نقطة في حزمتي التكافؤ والتوصيل على التوالي بين النقاط المجاورة فإن هذا النوع من الانتقال يعرف بالانتقال المباشر الممنوع (Forbidden Direct Transition) وكما مبين بالشكل (2-2b). ويمكن حساب معامل الامتصاص لهذا النوع من الانتقالات من علاقة تاوس (Tauc's Relationship) والمتمثلة بالعلاقة (3-2) [62].

ويتضح من المعادلة (3-2) بأن قيمة  $(r)$  هي التي تحدد نوع الانتقال الإلكتروني، فإذا كانت قيمة  $(r=1/2)$  فإن الانتقال يكون مباشر مسموح أما إذا كانت قيمة  $(r=3/2)$  فإن الانتقال يكون مباشر ممنوع [68].

### Indirect Transitions (2-2-2-2) الانتقالات غير المباشرة

يعرف الانتقال غير المباشر بالانتقال الذي يحدث عند عدم تطابق طاقتي قمة حزمة التكافؤ وقعر حزمة التوصيل في فضاء متجه الموجة  $(k\text{-space})$ ، ويكون هذا الانتقال بين نقطة في حزمة التكافؤ وأي نقطة في حزمة التوصيل وهذا النوع من الانتقال يكون غير عمودي ولذلك فإن قيمة متجه الموجة للإلكترون تكون غير متساوية قبل الانتقال وبعده  $(\Delta k \neq 0)$  [67,69]. ويصاحب هذا النوع من الانتقال

تغير في زخم البلورة وهذا التغير في الزخم يعوض من قبل الشبكة، و يحدث هذا الانتقال بمساعدة الفونون من اجل تحقيق قانون حفظ الطاقة والزخم، ويطلق على المواد التي تمتلك هذا النوع من الانتقال بالمواد ذات فجوة الطاقة غير المباشرة (Indirect-Energy Gap)، و يمكن الحصول على معامل الامتصاص في الانتقالات غير المباشرة من العلاقة الآتية [72,73]:

$$\alpha h\nu = P' (h\nu - E'_g{}^{opt} \pm E_p)^r \dots\dots\dots(8-2)$$

إذ إن:

$P'$ : ثابت ويعتمد على نوع المادة.

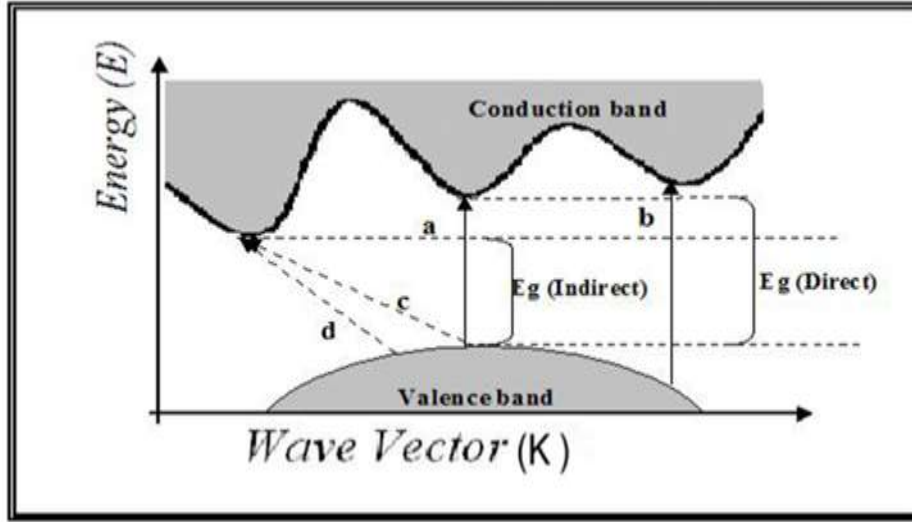
$E'_g{}^{opt}$ : بوحدات (eV) وتمثل فجوة الطاقة البصرية للانتقال غير المباشر.

$E_p$ : بوحدات (eV) وتمثل طاقة الفونون المساعد.

الإشارة (+): وتعني امتصاص فونون.

الإشارة (-): وتعني انبعاث فونون.

وأن الانتقالات غير المباشرة تكون على نوعين، الأول يسمى بالانتقال غير المباشر المسموح عندما ينتقل الإلكترون بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل وكما مبين بالشكل (2-2c) و تكون فيه قيمة  $r=2$ ، أما النوع الثاني ويسمى بالانتقال غير المباشر الممنوع فيحدث عندما تكون الانتقالات بين نقاط مجاورة لأعلى وأوطأ نقطة في حزمة التكافؤ والتوصيل على التوالي وكما مبين بالشكل (2-2d) و تكون فيه قيمة  $r$  مساوية إلى (3). أن عملية الامتصاص أو الانبعاث في هذه الانتقالات تكون معتمدة على درجة الحرارة على خلاف ما هو عليه في الانتقالات المباشرة [72,73].



الشكل (2-2): أنواع الانتقالات الإلكترونية [74].  
 (a) انتقال مباشر مسموح (b) انتقال مباشر ممنوع  
 (c) انتقال غير مباشر مسموح (d) انتقال غير مباشر ممنوع

### Transmittance

### (3-2-2) النفاذية

تعرف النفاذية (T) بأنها النسبة بين شدة الإشعاع النافذ عبر الغشاء ( $I_t$ ) إلى الشدة الأصلية للإشعاع الساقط عليه ( $I_0$ )، وهي أيضاً كمية خالية من الوحدات [75]، وتعطى بالعلاقة الآتية [44]:

$$T = I_t / I_0 \quad \dots\dots\dots (9-2)$$

أن العوامل التي تعتمد عليها النفاذية منها سمك الغشاء المحضر، إذ إن السمك يؤدي دوراً كبيراً وفعالاً، إذ بزيادة السمك تقل نفاذية الغشاء، ويرجع السبب في ذلك إلى أن السمك الكبير يؤدي إلى حصول ظاهرة الامتصاص البصري، وبذلك زيادة توهين جزء كبير من الإشعاع الساقط على الغشاء [76].

### Absorbance

### (4-2-2) الامتصاصية

تعرف الامتصاصية (A) بأنها النسبة بين شدة الإشعاع الممتص الذي يمتصه الغشاء ( $I_A$ ) إلى الشدة الأصلية للإشعاع الساقط عليه ( $I_0$ )، وتكون الامتصاصية كمية خالية من الوحدات، وتعطى بالعلاقة الآتية [77]:

$$A = I_A / I_0 \quad \dots\dots\dots (10 - 2)$$



## Thermal Properties

## (3-2) الخصائص الحرارية

لقد شاع استعمال المواد المترابطة ذات الوسط البوليمري في اغلب التصميمات العامة و الحديثة نظراً لما تمتاز به من خصائصها الحرارية على بقية المواد الأخرى ودراسة مدى تحملها درجات الحرارة. فهناك تطبيقات عدة برزت فيها الحاجة إلى مواد ذات قابلية عالية على تحمل درجات حرارية مرتفعة التي قد تتعرض لها المادة أثناء الخدمة إذ يمكن استعمالها بوصفها واقيات حرارية لتحملها الأجهادات الحرارية [78]، لذلك نجد أنّ الهدف الأساس من دراسة الخصائص الحرارية هو التعرف على السلوك الحراري لهذه المواد لكي يحدد لها أدواراً مناسبة في المجالات العلمية والتطبيقية.

## Thermal Conductivity

## (1-3-2) التوصيلية الحرارية

الطاقة الحرارية تنتقل عبر المادة بآليات مختلفة بالاعتماد على الحالة التي نتعامل معها، ان انتقال الطاقة الحرارية في حالة المادة الصلبة التي تتكون من ذرات في ترتيب دوري يدعى بالشبيكة (Lattice) ينتج عن تأثيرين هما هجرة الإلكترونات الحرة والموجات الاهتزازية للشبيكة، وهذا يعني ان التوصيلية الحرارية هي مجموع المركبة الالكترونية والمركبة الشبيكية، ففي المواد الموصلة للحرارة (المعادن) تكون المركبة الالكترونية اكبر بكثير من المركبة الشبيكية اما بالنسبة للمواد العازلة والتي تنتمي لها البوليمرات فتحدد التوصيلية الحرارية بالموجات المرنة (Elastic Waves) الناتجة عن تذبذب الجزيئات، إذ تنتقل هذه الذبذبة من الجزيئة الى الجزيئات التي تجاورها نتيجة ارتباطها معاً بالأواصر وبذلك تنتقل الذبذبة من الطرف الساخن الى الطرف البارد بهيأة موجات مرنة مكممة تسمى الفونونات (Phonons) [4].

ان الحرارة تنتقل في المواد المترابطة بواسطة الطرائق الثلاث للانتقال وهي (التوصيل والحمل والإشعاع)، وان كل واحدة من هذه الطرائق تشارك في عملية نقل الطاقة الحرارية إذ تكمل أحداها الأخرى للحفاظ على المسار المستمر لانتقال الفيض الحراري، إذ يأخذ الفيض الحراري مسارا متعرجاً نتيجة مروره بين أطوار مختلفة (مادة الأساس ومواد التدعيم والطور البيئي) [79]، إذ ان السطح البيئي بين المادة الأساس ومادة التدعيم يعمل على إعاقة حركة ومرور الموجات المرنة وان انتقال الطاقة الحرارية بهيأة موجة مرنة تبقى عملية صعبة ومعقدة بسبب وجود انقطاع في البنية والتحول من بنية الى أخرى، أي ان الموجة تخسر جزء من طاقتها عند السطوح البيئية ما بين مادة الأساس ومادة التدعيم

والطور البيني وجزء آخر يضيع أثناء انتقال الموجة من مادة الى أخرى مختلفة عن المادة الأولى [80].  
والتوصيل الحراري هي الظاهرة التي بوساطتها تنتقل الحرارة في المادة من المناطق ذات درجات الحرارة العالية الى المناطق ذات درجات الحرارة الواطئة وكمية الحرارة المنتقلة يمكن ان يعبر عنها بوساطة تطبيق قانون فوريير (Fourier's Law) [4]:

$$Q = -k A \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (11-2)$$

إذ ان:

Q: الجريان الحراري عبر وحدة مساحة مقطع المادة في وحدة الزمن (الحرارة المنتقلة) (J/s).

k: معامل التوصيل الحراري بوحدات (W/m. K).

$\frac{dT}{dx}$ : معدل انتقال الحرارة لوحدة المسافة.

A: مساحة المقطع العمودي على اتجاه انتقال الحرارة بوحدات (m<sup>2</sup>).

والأشارة السالبة تشير الى أن الأنتقال الحراري يكون من المنطقة ذات درجات الحرارة العالية الى المنطقة ذات درجات الحرارة الواطئة.

بصورة عامــــــــــــــــة تختلف طرائق قياس التوصيلية الحرارية (k) تبعا لنوع المادة موصلة كانت أم عازلة وكما يأتي:

1- تقاس التوصيلية الحرارية لمادة جيدة التوصيل الحراري مثل النحاس باستعمال طريقة سيرل (Searle's Method) إذ إن مبدأ القياس هو تطبيق لقانون فوريير.

2- تقاس التوصيلية الحرارية لمادة رديئة التوصيل الحراري على شكل قرص مثل المواد ذات الأساس البوليمري باستعمال قرص لي (Lee's Disc Method) كما في الشكل (2-3) وفيها يوضع النموذج (S) بين قرصين من النحاس (A,B) ويمس القرص (B) المسخن الكهربائي (H) ثم يليه القرص (C) وبالإعتماد على حساب كمية الحرارة المارة خلال عينة من المادة والمتمثلة بالقرص (S)، إذ يتم حساب قيمة (k) من العلاقة الآتية [80]:

$$k \{ (T_B - T_A) / ds \} = e [ T_A + 2/r (d_A + I/4ds) T_A + 1/2r ds T_B ] \dots\dots\dots (12-2)$$

إذ إن  $e$ : تمثل كمية الطاقة الحرارية المارة عبر وحدة مساحة مادة القرص لكل ثانية ( $W/m^2.K$ ) وتحسب من العلاقة الآتية:

$$IV = \pi r^2 e (T_A + T_B) + 2\pi r e [d_A T_A + d_S \frac{1}{2} (T_A + T_B) + d_B T_B + d_C T_C] \dots (13-2)$$

إذ إن:

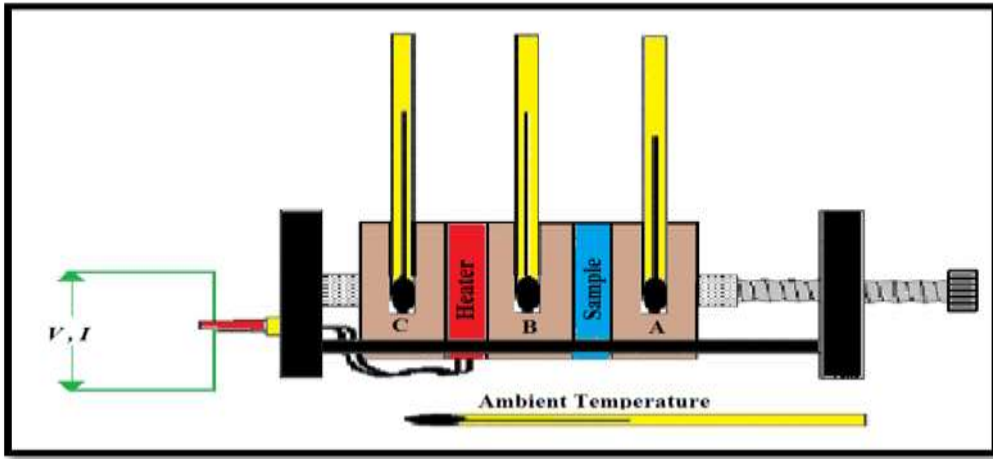
$T_A, T_B, T_C$ : تمثل درجة حرارة القرص (A, B and C) على التوالي.

$d$ : سمك القرص بوحدات (m).

$r$ : نصف قطر القرص بوحدات (m).

$I$ : التيار المار في ملف المسخن بوحدات (Ampere).

$V$ : فرق الجهد على طرفي ملف المسخن بوحدات (Volt).



الشكل (2-3): مخطط جهاز قياس التوصيلية الحرارية (قرص لي) [81].

### (2-3-2) درجة الانتقال الزجاجي ( $T_g$ ) Glass – Transition Temperature

أن خصائص الحالة الزجاجية في البوليمرات تغير صفاتها الميكانيكية والفيزيائية عند درجة حرارة معينة تدعى بدرجة الانتقال الزجاجي والتي يرمز لها عادة ( $T_g$ ) ويمكن تعريفها بأنها الدرجة الحرارية التي يتحول عندها البوليمر من مادة صلبة قوية الى مادة مرنة وفوق درجة الانتقال الزجاجي يكون البوليمر مرناً (Flexible) [82].

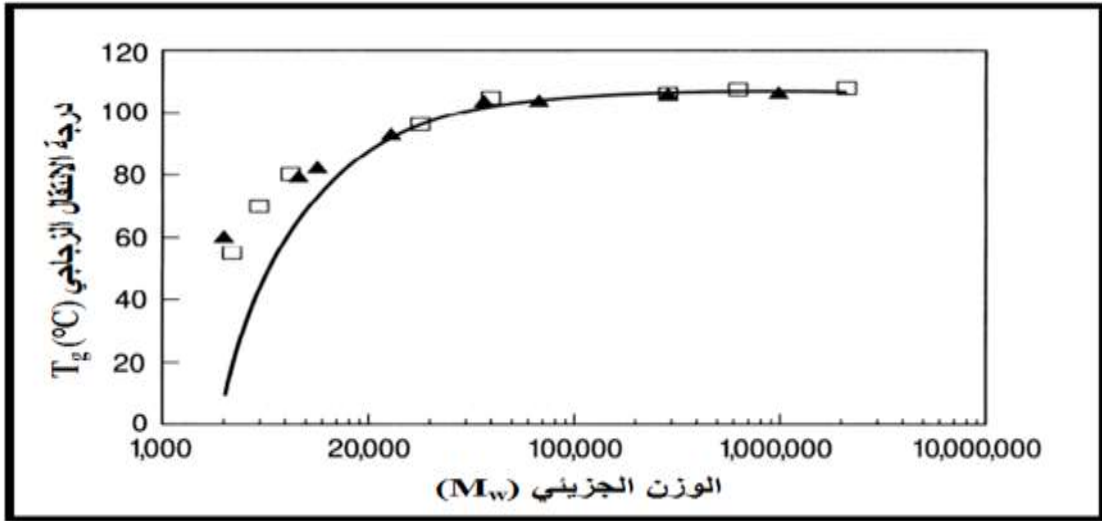
تمتلك اللدائن مجموعة تحولات ( $Transitions$ ) مختلفة تحت تأثير ارتفاع درجات الحرارة، عند درجات حرارة أقل من درجة الانتقال الزجاجي تكون المادة اللدائنية عبارة عن مادة صلبة قوية،

تتحول عند الانتقال الى مادة لدائنية لينة ومرنة ومن ثم تتحول الى الحالة المطاطية في حالة اللدائن غير المطاوعة للحرارة، وسوائل عالية اللزوجة في حالة اللدائن المطاوعة للحرارة [82,83]. تعتمد درجة الانتقال الزجاجي على حركة مجاميع الذرات والجزيئات في المادة اللدائنية وبالتالي فكلما تعقد الربط وازدادت قوة الأواصر وزاد الوزن الجزيئي امتلكت المادة اللدائنية درجة انتقال زجاجي أعلى كما في الشكل (4-2)، وسنحتاج الى طاقة أعلى لتحريك المجاميع الجزيئية [83]. حيث ترتبط درجة حرارة الانتقال الزجاجي للبوليمر مع معدل الوزن الجزيئي له بالعلاقة الاتية [84]:

$$T_g = T_{g\infty} - A/M_w \quad \dots\dots\dots (14-2)$$

إذ ان:

$M_w$ : معدل الوزن الجزيئي.



الشكل (4-2): العلاقة بين درجة حرارة الانتقال الزجاجي والوزن الجزيئي [85].

### 3-3-2) درجة الأنصهار البلورية ( $T_m$ ) Crystalline Melting Temperature

تعتبر درجة الانصهار البلورية والتي يرمز لها بالرمز ( $T_m$ ) من الثوابت الفيزيائية المهمة بالنسبة للبوليمرات المتبلورة من الناحية التكنولوجية لأنه تحصل عند هذه الدرجة تغيرات كبيرة في الخصائص الفيزيائية للبوليمر مثل تغير الحجم النوعي (Specific Volume) والسعة الحرارية (Heat Capacity) ولزوجة البوليمر (Polymer Viscosity). وعليه، يمكن أستعمال تغير هذه الخصائص

كوسائل لقياس درجة أنصهار البوليمر المتبلور غير أن البوليمرات المتبلورة تنصهر عادة ضمن مدى من درجات الحرارة، وذلك لتغير تراكيب المناطق المتبلورة من حيث حجمها ومن حيث تكاملها. فالتركيب البلورية غير المتكاملة صغيرة الحجم تنصهر قبل غيرها.

وأن مصطلح درجة الأنصهار البلورية تمثل الدرجة الحرارية التي تختفي عندها آخر التراكيب البلورية. إن درجة الأنصهار البلورية تعتمد على الكثير من العوامل منها ما يتعلق بتركيب البوليمر ومنها ما يتعلق بطرق قياس درجة الأنصهار البلورية مثل سرعة التسخين (Heating Rate). ولغرض الحصول على درجة انصهار بلورية دقيقة يجب أن تكون سرعة التسخين بطيئة جداً لأن درجة الأنصهار المعينة تكون أعلى كلما ازدادت سرعة التسخين لأن معظم البوليمرات رديئة التوصيل للحرارة [14].

### Mechanical Properties

### (4-2) الخصائص الميكانيكية

إن منافسة المواد البوليمرية المترابطة للمواد الأخرى تعتمد على خصائصها الميكانيكية المرغوبة من حيث قوتها العالية ومرونتها إضافة إلى سهولة تصنيعها ورخصها نسبياً. والخصائص الميكانيكية تميز المواد عندما تسلط قوة على المادة، عادة تتعلق بالسلوك المرن واللدن للمادة. فعند اختيار البوليمر المناسب لاختبارات معينة يجب دراسة مدى مقاومة البوليمر إلى أنواع الاجهادات المختلفة التي يمكن ان تكون ثابتة كما في اختبار الزحف أو تكون متحركة كما في اختبار الصدمة أو تكون إجهادات قوى ساكنة كالانحناء والانضغاط [14].

### Hardness Test

### (1-4-2) اختبار الصلادة

تعرف الصلادة بأنها مقاومة المادة للتشوه اللدن الموضعي مثل الغرز أو الخدش وهي من الخصائص السطحية المهمة التي من الواجب معرفتها نظراً لتعرض المواد اللدائنية إلى أخترق أو خدش من قبل معدات أصلد [86]، وهناك طرائق عدة لاختبار الصلادة منها:

- 1- صلادة برينيل (Brinell Hardness).
- 2- صلادة فيكرز (Vickers Hardness).
- 3- صلادة شور (A,D,C,O) Hardness (Shore (A,D,C,O) Hardness).
- 4- صلادة روكويل (Rockwell Hardness).
- 5- صلادة شور سكليرسكوب (Shore Scleroscope Hardness).

ويعد اختبار الصلادة اختبار غير إتلافي لعدم إتلاف العينة إذ ان العينة لا تتكسر اثناء الاختبار ولا تتشوه بشكل مفرط اذ يكون التشوه بشكل ثقب صغير جدا فوق سطح العينة. وفي الدراسة الحالية تم اعتماد صلادة شور لان صلادة شور تعتمد لقياس صلادة المواد البوليمرية وهناك أربعة أنواع من صلادة شور وهما: النوع الأول يعرف بشور (Shore A) ويستعمل للدائن اللينة (Softer) والنوع الثاني يعرف بشور (Shore D) ويستعمل للدائن الصلدة (Harder) والنوع الثالث يعرف بشور (Shore C) ويستعمل للجلود والنوع الرابع يعرف بشور (Shore O) ويستعمل للأسفنج، وأيضا من أسباب الأفضلية لأختيار الصلادة هو سهولة الأختبار ورخص الأجهزة المستعملة نوعا ما ولا يحتاج الى تحضير عينة خاصة [86,87]. وتتأثر الصلادة بعوامل كثيرة منها درجة الحرارة و الزمن و متغيرات الأختبار الأخرى و طرق تصنيع المادة و المعاملة الحرارية التي اجريت لها [86].

### Tensile Test

### (2-4-2) أختبار الشد

يعد اختبار الشد من الفحوصات الميكانيكية المهمة للمواد المتراكبة لمعرفة خصائصها الهندسية، ومن خلال هذا الفحص نستطيع معرفة معامل المرونة (Elastic Modulus) أو معامل يونك (Young's Modulus) ومقدار مطيلية المادة والانفعال (Strain) ونقطة الخضوع (Yield Point) والأجهاد (Stress) فضلاً عن متانة المادة (Strength). هناك عوامل عدة تؤثر بفحص الشد هي [88]:

- 1- درجة الحرارة (كلما ازدادت درجة الحرارة زادت قيمة الشد للمادة).
- 2- الوزن الجزيئي للمادة (العلاقة طردية بين الوزن الجزيئي للمادة المتراكبة وقوة الشد لها حتى تبلغ نهاية عظمى بعدها يكون لزيادة الوزن الجزيئي تأثير طفيف في قوة الشد).
- 3- درجة التشابك (Cross-Linking): تزداد قوة الشد كلما زاد التشابك، وبالتالي تزداد الاستطالة والعكس صحيح.

من الطبيعي أن المادة عند شدها تقل أبعادها العمودية على اتجاه تسليط القوة، وبهذا فإن مساحة المقطع العرضي سوف تقل. تحسب مقاومة الشد للمادة بقسمة أقصى قيمة للحمل على مساحة المقطع العرضي الابتدائي للعينة وتسمى هذه بمقاومة الشد الهندسية، أما مقاومة الشد الحقيقية للمادة فتحسب بالقسمة على مساحة المقطع الحقيقية، وبما أن مساحة المقطع العرضي للمواد المطيلية أقل قبل تمزقها فإن مقاومة المقطع (Breaking Strength) تكون اقل من مقاومة الشد [89]. يمكن حساب متانة الشد (Tensile Strength) من العلاقة الآتية [90]:

$$T.S_{max} = F/A \quad \dots\dots\dots (15-2)$$

إذ أن:

$T.S_{max}$ : أقصى متانة شد بوحدة (N/mm<sup>2</sup>).

F: القوة عند الفشل بوحدة (N).

A: مساحة المقطع العرضي للعينة عند الفشل بوحدة (mm<sup>2</sup>).

### (Stress-Strain) Curve

### (1-2-4-2) منحنى (الاجهاد – الانفعال)

عند تسليط حمل معين على عينة الاختبار بحيث يكون منطبقاً على المحور الطولي للعينة فإنها سوف تعاني استطالة معينة حسب مقدار القوة المسلطة عليها وبذلك نحصل على منحنٍ هندسي يدعى بمنحنى (اجهاد – انفعال) والذي يبينه الشكل (2-5) [91].

يعرف الإجهاد (Stress) بأنه القوة المسلطة على وحدة المساحة العمودية أو نسبة الحمل المسلط على مساحة المقطع المستعرض للعينة، ويرمز للإجهاد بالرمز (σ) ووحدات قياس الإجهاد (N/m<sup>2</sup>) ويقاس من خلال العلاقة الآتية [91]:

$$\sigma = F/A \quad \dots\dots\dots(16-2)$$

إذ إن:

F: القوة المسلطة بوحدة (N).

A: مساحة مقطع العينة بوحدة (m<sup>2</sup>).

يعد الإجهاد من الخصائص الميكانيكية المهمة لجميع البوليمرات فعند تسليط جهد ما على نموذج من البوليمر بسرعة ثابتة وقياس التشوه (Deformation) الحاصل، إما بدلالة تغير في الطول أو تغير في المساحة أو تغيير في الحجم فيمكن الحصول على سلوك البوليمر تحت تأثير الإجهاد.

أما الانفعال (Strain) (ε) فهو نسبة التغير في الطول إلى الطول الأصلي للعينة تحت الفحص ويمكن التعبير عنه بالعلاقة الآتية [91]:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \quad \dots\dots\dots(17-2)$$

إذ إن:

$L$ : الطول النهائي للعينة بوحدات (mm).

$L_0$ : الطول الأصلي للعينة بوحدات (mm).

$\Delta L$ : مقدار التغير في الطول بوحدات (mm).

إن النسبة بين الاجهاد المسلط إلى الانفعال المقابل له هي مقدار ثابت وذلك في حدود منطقة المرونة و يسمى بمعامل المرونة (Modulus of Elasticity) أو معامل يونك (Young's Modulus) و يمكن التعبير عنه بالعلاقة الآتية [91]:

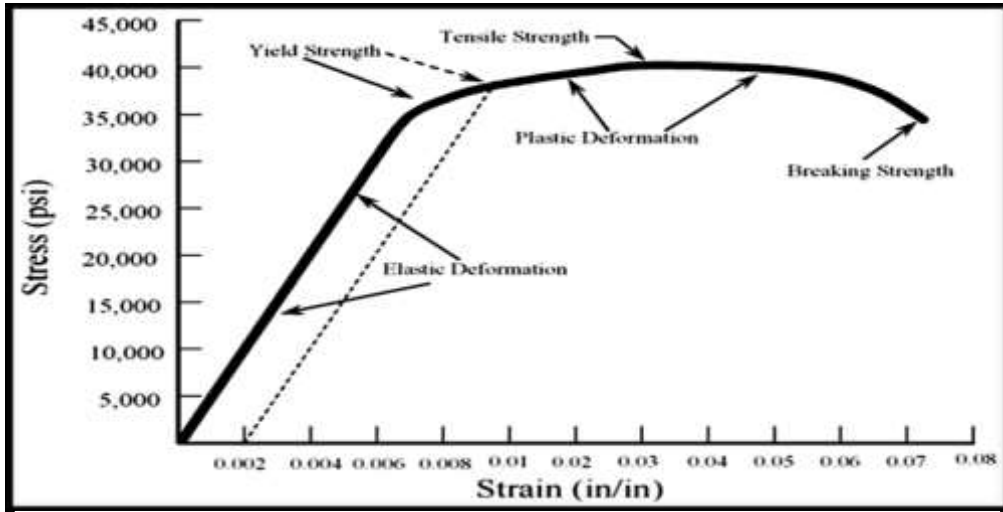
$$E = \sigma/\varepsilon \quad \dots\dots\dots(18-2)$$

إذ إن:

$E$ : معامل يونك بوحدات (N/m<sup>2</sup>).

يمكن الاستفادة من منحنى الإجهاد ( $\sigma$ ) والانفعال ( $\varepsilon$ ) في دراسة السلوك الميكانيكي للمادة وتحديد المتانة والمقاومة ومعامل المرونة إذ يقسم منحنى (الإجهاد – الانفعال) إلى ثلاثة أجزاء الخط المستقيم يمثل منطقة المرونة (Elastic Region) إذ يتناسب الإجهاد مع الانفعال وميل هذا الجزء يمثل معامل المرونة. وضمن هذه المنطقة تستعيد المادة أبعادها وشكلها الأصلي عند زوال الإجهاد وتسمى هذه المنطقة منطقة العمليات العكوسة (Reversible) التي تخضع لقانون هوك. بعد هذا الجزء تكون زيادة الانفعال غير خطية مع الإجهاد وأما أن تنكسر العينة إذا كانت مادتها هشة (Brittle) أو تخضع عند نقطة تدعى نقطة الخضوع (Yield Point) التي يقل عندها الإجهاد الذي تتحملة المادة. بعدها ستعاني المادة من تشوه لدن (Plastic Deformation) لا يزول برفع الإجهاد عن المادة بسبب استهلاك طاقة الإجهاد في فك الارتباط بين السلاسل البوليميرية وقد تكسر بعض الأواصر الرئيسية. ونتيجة لترتيب السلاسل باتجاه الحمل الخارجي تحصل زيادة في الإجهاد، وهذه الزيادة تمثل أقصى مقاومة شد (Ultimate Tensile Strength) بعدها يقل الإجهاد تدريجياً بسبب تكسر الأواصر ضمن السلاسل الرئيسية حتى يحصل الفشل عند نقطة معينة من منحنى (الإجهاد – الانفعال) يعتمد على عدة عوامل منها ما يتعلق بظروف إجراء الفحص مثل درجة الحرارة، سرعة الشد، سرعة الفحص، الضغط .. الخ وعوامل أخرى تتعلق بتركيب البوليمر مثلاً الوزن الجزيئي ودرجة التشابك.... الخ [91].





الشكل (5-2): منحنى (الاجهاد - الانفعال) لمادة بوليميرية [91].

## Impact Test

## (3-4-2) إختبار الصدمة

يُعدُّ إختبار الصدمة من الطرق التي تعطي علاقة واضحة عن قوة المادة ومقاومتها للكسر تحت تأثير اجهادات بسرور عالية. يعرف الكسر بأنه انفصال الجسم الى قسمين او عدة اقسام بسبب تأثير قوى طبيعية خارجية ويتولد عن الانفصال سطوح جديدة. ان عملية كسر المادة بصورة عامة أمر غير مرغوب فيه، والاسباب التقنية التي تحول دون اجراء إختبارات الكسر هي ما يأتي: الظروف المعطاة ومقارنة خصائص الكسر لمادة معينة ضد معيار محدد وتأثير الظروف المحيطة في متانة المادة وعلى دراسة تأثير التغيرات التركيبية المايكروية (Micro Structural) في متانة المادة. يبدأ الكسر في إختبار الصدمة عادة بتكوين الشق (Crack Initiation) ثم يبدأ بإمتداد الشق (Crack Propagation) [92].

تكون الكسور على نوعين:

أولاً: الكسور الهشة (Brittle Fractures).

ثانياً: الكسور المطيلية (Ductile Fractures).

إذ تعد الكسور الهشة من الكسور الخطرة وتحدث بصورة مفاجئة دون المرور بالتشوه اللدن. أما الكسور المطيلية فتكون أقل خطورة لأنها تحصل بصورة بطيئة ويمكن ملاحظتها. تعتمد درجة الكسر الهش أو المطيلي بالدرجة الأساس على القيم النسبية لقوة

القص وقوة التماسك للمادة، فإذا كانت قوة القص أكبر من قوة التماسك عندئذ تنهار المادة بطريقة هشّة ولكن إذا كانت قوة القص أقل من قوة التماسك تصبح المادة مطيلية وتتشوه بصورة لدنة. و تبدي المواد المتصلدة حرارياً كسراً هشاً بينما تبدي المواد المطاوعة للحرارة كسراً مطيلياً [92].

ويعتمد نوع الفشل الذي يحدث في المادة على عدة عوامل وتشمل الآتي [92]:

- 1- طبيعة المادة وتركيبها.
- 2- نوع الاجهاد (Type of Stress).
- 3- معدل الاجهاد (The rate of Stress).
- 4- درجة الحرارة (Temperature).
- 5- الوسط (Environment).

وهناك عدة إختبارات قياسية للصدمة المطبقة في الوقت الحاضر وهي:

1- إختبار چاربي (Charpy Test): في هذا الاختبار يتم وضع العينة أفقياً وتضرب في وسطها بالمطرقة من خلف العينة بوزن معين.

2- إختبار آيزود (Izod Test): في هذا الاختبار يتم وضع العينة عمودياً في جهة معينة وتضرب العينة من الجهة نفسها.

3- إختبار قياس الصدمة بطريقة الاجسام الساقطة (Falling Body Impact Test): هو اختبار لقياس الطاقة المطلوبة للكسر بأستعمال أثقال بكتل مختلفة وتأثير التعجيل الارضي (السقوط الحر) [93,94]. وهو الاختبار المتبع في الدراسة الحالية.

كل من اختباري (Charpy و Izod) يتضمن السماح لبندول ذي وزن معلوم بالسقوط من ارتفاع ( $h_0$ ) ليصطدم بعينة الاختبار القياسية في أوطأ نقطة من تأرجحه ليقاس بعدها الارتفاع ( $h$ ) وهو الارتفاع الذي يصله البندول بعد اصطدامه بعينة الاختبار والذي يمثل قياساً لطاقة الكسر، فإذا كانت هذه الطاقة كبيرة، يكون مقدار الفقدان كبيراً، وبهذا يصبح الارتفاع ( $h$ ) الذي يصله البندول بعد اصطدامه بعينة الاختبار قليلاً، في الوقت نفسه يُسجل المؤشر على الطاقة اللازمة للكسر لتقسّم على مساحة المقطع فيتم الحصول على قيمة متانة الكسر. ان أهم مساوئ اختبار الصدمة بالبندول تكمن في أن طاقة السقوط

الزائدة عن الطاقة اللازمة للكسر تُخزن في عينة الاختبار نفسها، وبهذا فقد نحصل على قيمة عالية للطاقة المقاسة.

بما ان عينة إختبار چاربي لا تحتاج للتثبيت في موضعها (كما هو الحال في عينة اختبار أيزود) فإنها تستعمل بسهولة للاختبار عند درجات حرارة مختلفة، وتبعاً لذلك حل إختبار چاربي حالياً بشكل كبير محل اختبار أيزود [92].

متانة الصدمة تحسب من العلاقة الآتية [17]:

$$I.S = U/A \quad \dots\dots\dots (19-2)$$

اذ ان:

$I.S =$  متانة الصدمة وتقاس بوحدات  $(KJ/m^2)$ .

$U =$  طاقة الكسر بوحدات  $(KJ)$ .

$A =$  مساحة المقطع بوحدات  $(m^2)$ .

أما فيما يخص إختبار الصدمة بالوزن الساقط، فيتم اجراؤه بإسقاط أداة صدم (Impactor) بحرية من ارتفاع معلوم [93,95]. ويمكن حساب طاقة الكسر (E) في هذه الحالة من العلاقة الآتية [93]:

$$E=mgh \quad \dots\dots\dots (20-2)$$

اذ أن:

$m:$  كتلة الثقل بوحدات  $(kg)$ .

$g:$  التعجيل الارضي  $(9.806 m/sec^2)$ .

$h:$  مسافة السقوط بوحدات  $(m)$ .

## Dielectrical Properties

## (5-2) الخصائص الكهربائية (العزلية)

يعد ثابت العزل الكهربائي للبوليمرات ذا أهمية كبيرة وقد ازدادت أهميته عندما استعملت البوليمرات بوصفها مواد عازلة لما لها من أهمية للتطبيقات الهندسية، ويقاس ثابت العزل الكهربائي من سعة المكثف الكهربائي الذي يتضمن المادة البوليمرية كوسط عازل الى سعة المكثف الكهربائي عندما يتضمن الهواء

فقط كوسط عازل [96,97]. إذ تعتمد التوصيلية الكهربائية بصورة عامة على وجود الايونات او الالكترونات الحرة وحركتها، وتكون هذه الايونات أو الالكترونات في المواد العازلة مقيدة نتيجة الارتباط القوي بين الذرات والذي يكون بوساطة أو اصر تساهمية قوية، أي بمعنى اخر ان الالكترونات تكون عالية التمرکز في الذرات ولا تكون حرة الحركة [4]، وبسبب هذا الارتباط القوي للالكترونات في حالة المواد العازلة ومنها البوليمرات سوف يؤدي إلى وجود فجوة طاقة كبيرة مما يسبب في توصيلية كهربائية واطئة، وتختلف هذه التوصيلية من بوليمر إلى آخر ففي البوليمرات ذات الربط ألتشابكي ترتفع قيمة التوصيلية الكهربائية بمقدار معين نتيجة الربط ألتشابكي الذي يجعل الالكترونات تتحرك بسهولة اكبر [79].

عند تسليط فولتية على لوحين موصلين مفصولين عن بعضهما بوساطة الفراغ (Vacuum) سوف يتوقع عدم مرور تيار كهربائي ولكن عوضا عن ذلك، فالشحنة الكهربائية الناتجة بوساطة الفولتية سوف تبقى مخزونة في الدائرة الكهربائية وقيمة هذه الشحنة المخزونة بين اللوحين الموصلين تدعى السعة (Capacitance) ويرمز لها (C) وتتناسب مع الفولتية بوساطة العلاقة الآتية [98]:

$$q = C V \quad \dots\dots\dots (21-2)$$

إذ ان:

q: الشحنة الكهربائية المخزونة بوحدات (C).

V: الفولتية عبر اللوحين الموصلين بوحدات (V).

C: السعة بوحدات (C/V) أو بوحدات (F).

السعة تعتمد على المادة الموجودة بين اللوحين الموصلين والحجم والشكل الهندسي والمسافة الفاصلة بينهما, فعندما يكون الفاصل هو الفراغ فالسعة تعطى بالعلاقة الآتية:

$$C_o = \epsilon_o (A/d_{dis}) \quad \dots\dots\dots (22-2)$$

إذ ان:

$\epsilon_o$ : سماحية الفراغ وتساوي  $(8.85 \times 10^{-12})$  بوحدات (F/m).

$d_{dis}$ : المسافة الفاصلة بين اللوحين الموصلين بوحدات (m).

A: المساحة السطحية للوح الموصل بوحدات ( $m^2$ ).

$C_o$ : السعة بوجود الفراغ بوحدات (F).

فعندما يكون السطح الفاصل بين اللوحين الموصلين مادة عازلة يحصل استقطاب في العازل  
ويسمح بشحنة إضافية ان تخزن وبذلك تزداد السعة حسب العلاقة الآتية:

$$\dot{C} = \varepsilon (A/d_{dis}) \dots\dots\dots (23-2)$$

إذ ان:

$\varepsilon$ : سماحية المادة العازلة بوحدات (F/m).

$\dot{C}$ : السعة بوجود مادة عازلة بوحدات (F).

ولوصف قابلية المادة للإستقطاب وخرن الشحنة الكهربائية فتعطى بوساطة السماحية النسبية (Relative Permittivity) أو ثابت العزل (Dielectric Constant) ( $\varepsilon_r$ ). وتعرّف على أنها النسبة بين سماحية المادة العازلة الى سماحية الفراغ [99].

$$\frac{\dot{C}}{C_0} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \varepsilon_r \dots\dots\dots (24-2)$$

فان سعة المتسعة ( $\dot{C}$ ) المقاسة تستخدم لحساب ثابت العزل ( $\varepsilon_r$ ) وذلك باستخدام العلاقة الآتية:

$$\varepsilon_r = \dot{C} d_{dis} / \varepsilon_0 A \dots\dots\dots (25-2)$$

وإن الفقد العزلي ( $\varepsilon_r''$ ) (Dielectric Loss) فيعطى بالعلاقة الآتية [88]:

$$\varepsilon_r'' = \tan \delta * \varepsilon_r' \dots\dots\dots (26-2)$$

أذ ان:

$\tan \delta$ : عامل الفقد (Dissipation Factor).

يتضح مما تقدم أن ثابت العزل الكهربائي ( $\varepsilon_r$ ) هو كمية غير حقيقية لكنه كمية عقدية (Complex) تمتلك جزءا حقيقيا يمثل ( $\varepsilon_r'$ ) وهو مقياس السعة والاستقطاب وجزءا خياليا ( $\varepsilon_r''$ ) وهو مقياس الفقد في العوازل.

ان التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) يمكن ان تحسب باستعمال العلاقة الآتية:

$$\sigma_{a.c} = \omega \varepsilon_0 \varepsilon_r'' \dots\dots\dots (27-2)$$

نحصل من العلاقة (27-2) على علاقة تربط بين التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) وفقدان العازل ( $\epsilon_r''$ ) والتردد الزاوي ( $\omega = 2\pi f$ ) [100]. ويجدر أن نوضح هنا أمراً بالغ الأهمية قد يغفله الكثيرون وهو أن التوصيلية الكهربائية المبينة بالعلاقة (27-2) لا تمثل التوصيلية الكهربائية في المعادن وأشباه الموصلات بل تمثل التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ )، التي هي مقياس للقدرة المفقودة عند تسليط مجال كهربائي متناوب عبر العازل وليست هي مقياس لكمية الشحنات الكهربائية التي يمكن ان تنتقل خلال المادة من قطب إلى آخر. إذن فالتوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) في العازل هي مقياس للحرارة التي قد تتولد نتيجة دوران ثنائيات الأقطاب في مواضعها، أو اهتزاز الشحنات الكهربائية بتغير اتجاه المجال الكهربائي المتناوب، ولهذا نجد أن التوصيلية الكهربائية المتناوبة ( $\sigma_{a.c}$ ) في العلاقة (27-2) تعتمد على التردد، ويمكن أخذ التوصيلية الكهربائية التي تنجم عن إنتقال الشحنات الكهربائية خلال المادة عندما يكون التيار الكهربائي مستمراً أو عند الترددات الواطئة، وفي كل الأحوال يمكن عدّ التوصيلية الكهربائية للمادة مكوّنة من مركبتين [100]:

$$\sigma = \sigma_{a.c} + \sigma_{d.c} \quad \dots\dots\dots(28-2)$$

إذ ان:

$\sigma_{d.c}$ : توصيلية المادة الكهربائية للتيار المستمر.

$\sigma_{a.c}$ : توصيلية المادة الكهربائية للتيار المتناوب والتي تعبر عن الفقد في العازل.

يعتمد ثابت العزل الكهربائي على الاستقطاب (Polarization) الذي يحصل داخل المادة العازلة. و يعتمد مقدار ثابت العزل الكهربائي للمادة العازلة على عدة عوامل وهي:

### 1- درجة الحرارة Temperature

عند زيادة درجة حرارة المواد العازلة اللاقطبية فان نسبة عدد الجزيئات لوحدة الطول تتناقص بسبب التمدد الحراري لتلك المواد وبالتالي يتناقص مقدار ثابت العزل الكهربائي. اما بالنسبة للمواد العازلة القطبية فان ثنائيات الاقطاب تجد صعوبة في تدوير نفسها عند درجات الحرارة الواطئة جداً، وعند زيادة درجة حرارتها فان دوران هذه الثنائيات يصبح سهلاً وهذا يزيد من قيمة ثابت العزل الكهربائي لتلك المادة. اما عند الاستمرار في زيادة درجة الحرارة فان درجة ترتيب ثنائيات الاقطاب تقل بسبب الاهتزاز الحراري مما يؤدي إلى تناقص في مقدار ثابت عزلها الكهربائي [101].

## Frequency

## 2- التردد

ان تناوب المجال الكهربائي المتمثل بتردد الفولتية المسلطة على المادة العازلة ينعكس تأثيره في مدى تأثير استقطابية المادة بمدى تردد الفولتية على الخصائص العزلية للمادة من خلال التغيرات في استقطابية المادة وان هذا التغير يعتمد على نوع الاستقطاب وكما يأتي [101]:

## Electronic Polarization

## أولاً: الإستقطاب الإلكتروني

يُعرف بأنه إجهاد في الذرة، يحدث نتيجة لحصول تشويه في توزيع الشحنة الكهربائية كما في الشكل (6-2a)، ناشئ عن وجود مجال كهربائي خارجي، يعمل على إزاحة الإلكترونات (الشحنات الكهربائية السالبة الموجودة في أغلفة الذرة) بالاتجاه المعاكس للمجال الكهربائي في حين تبقى نواة الذرة (الشحنة الكهربائية الموجبة) باتجاه المجال الكهربائي نفسه، وبالتالي يحدث الاستقطاب بسبب تولّد ثنائيات قطبية محتثة، ولا يعتمد الاستقطاب الإلكتروني على درجة الحرارة، ويعرف هذا النوع من الاستقطاب بالاستقطاب البصري، لأنّ حدوثه يتمّ عند الترددات العالية (الترددات البصرية)، أو الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Ray) [102,103]. ويتناسب عزم ثنائي القطب  $\vec{m}_e$  الناتج من الاستقطاب الإلكتروني طردياً مع شدة المجال الكهربائي المسلط ( $\vec{E}$ )، ويمكن تمثيل ذلك بالعلاقة الآتية:

$$\vec{m}_e = \alpha_e \vec{E}_e \dots\dots\dots(29-2)$$

إذ إن:

$\alpha_e$ : ثابت الاستقطابية الإلكترونية.

هذا النوع من الاستقطاب يحدث خلال مدة زمنية وجيزة بحدود  $(10^{-15} \text{ s})$  [78].

## Ionic Polarization

## ثانياً: الاستقطاب الأيوني

يعرّف بأنه إجهاد إلكتروني يتولد في مركب كيميائي يمتلك الصفة الأيونية كما في الشكل (6-2b)، ويحدث الاستقطاب الأيوني عند وقوع المادة تحت تأثير مجال كهربائي، إذ يعمل المجال الكهربائي على تغيير طول الأواصر الأيونية عن طريق إزاحة الأيون الموجب إلى اليمين باتجاه المجال الكهربائي

والأيون السالب إلى اليسار [81,82]، ونتيجة لذلك يتولد صافي عزم ثنائي القطب في الجزيئة ويتناسب عزم ثنائي القطب ( $\vec{m}_i$ ) طردياً مع شدة المجال الكهربائي كما في العلاقة الآتية [86]:

$$\vec{m}_i = \alpha_i \vec{E} \quad \dots\dots\dots(30-2)$$

إذ إن:

$\alpha_i$ : ثابت الاستقطابية الأيونية.

ولا يعتمد هذا النوع من الاستقطاب على درجة الحرارة، ويعرف هذا النوع من الاستقطاب باستقطاب الأشعة تحت الحمراء (Infrared Polarization)، أو الاستقطاب الذري، لأنه يحدث نتيجة للإزاحة النسبية الحاصلة في الذرات نفسها داخل الجزيئة، وضمن مدى التردد الواطئ (Low Frequency). لا يمكن فصل الاستقطاب الذري عن الاستقطاب الإلكتروني إلا في حالة الجزيئة أحادية الذرة (Monatomic Molecule) إذ أن الاستقطاب الأيوني لا يحدث في مثل هذه الجزيئات وإن الزمن المستغرق لتكوين ثنائيات الأقطاب هو بحدود  $s(10^{-13}-10^{-12})$ .

### ثالثاً: الاستقطاب الاتجاهي Orientational Polarization

هو ذلك النوع من الاستقطاب الذي يحدث في الجزيئات التي تمتلك عزماً ثنائياً القطب الدائم حتى في حالة غياب المجال الكهربائي كما في الشكل (6-2c)، وتدعى هذه الجزيئات بالجزيئات القطبية (Polar Molecules) أو المواد ثنائية القطبية، وفي هذه المواد وعلى الرغم من أن الجزيئات المنفردة فيها تمتلك عزوماً دائمية فإن صافي الاستقطاب يكون صفراً، بسبب أن العزوم الجزيئية تكون عشوائية الاتجاهات مما يؤدي إلى إلغاء عزوم بعضها البعض. أما في حالة تسليط مجال كهربائي على المواد الثنائية القطبية فإن الثنائيات ستميل باتجاه المجال الكهربائي إذ يعمل المجال الكهربائي على تراصف الجزيئات (ثنائية القطبية) باتجاهه [102,103]، ومن المعروف أنه بزيادة درجة الحرارة تزداد صعوبة التحكم في توجيه الجزيئات من قبل المجال الكهربائي لذا فإن هذا النوع من الاستقطاب ( $\vec{m}_d$ ) يعتمد بشكل كبير على درجة الحرارة وكما في العلاقة الآتية [86]:

$$\vec{m}_d = \sqrt{3\alpha_d k_B T} \quad \dots\dots\dots(31.2)$$



إذ إن:

$\alpha_d$ : ثابت الاستقطابية الاتجاهية.

$k_B$ : ثابت بولتزمان ( $1.38 \times 10^{-23}$  J/K).

T: درجة الحرارة المطلقة.

وإن زمن الاسترخاء (Relaxation Time) المرتبط بهذا النوع من الاستقطاب طويل نسبياً، إعتماًداً على شدة المجال الكهربائي ونوع المادة.

## Interfacial Polarization

## رابعاً: الاستقطاب البيني

هذا النوع من الاستقطاب يحدث في المواد متغايرة الخصائص (Heterogeneity) كما في الشكل (6-2d)، نتيجة لأحتواء معظم بلورات هذه المواد على عيوب (Defects) والتي قد تكون على شكل ذرات شائبة أو فراغات في البلورة أو فقاعات هوائية في السائل أو مناطق غير متجانسة من المادة. وقد تتخلل المادة حواجز تتجم عن هذه العيوب أو قد تكون الحواجز ناجمة عن وجود شقوق. وإن وقوع مثل هذه الشوائب تحت تأثير مجال كهربائي، ولكونها مشحونة سيمكّنها ذلك من الانتقال خلال البلورة مما يجعلها سهلة الاضطهاد من قبل العيوب الأخرى، أو أنها تتراكم عند هذه العيوب، وبالتالي فأنها تؤدي إلى خلق تراكم محلي للشحنات الكهربائية، والذي يعمل على حث شحنات كهربائية معاكسة في الجهة الأخرى مؤدية بذلك إلى نشوء ثنائيات قطبية في المادة، وهذه الثنائيات سوف لا تقتصر على ذرة واحدة، أو جزيئة بل تمتد ضمن مناطق كبيرة في المادة. ويعتمد هذا النوع من الاستقطاب على مقدار تجانس المادة، ونسبة خلوها من العيوب بخلاف الأنواع الأخرى من الاستقطاب التي تعتمد على التركيب الكيميائي ومكوناتها، يحدث هذا النوع من الاستقطاب في الترددات الراديوية، وقد تمتد حتى الترددات الواطئة دون الموجات السمعية، اعتماداً على نوع العيوب أو فقد التجانس المسبب للاستقطاب وإن الزمن الذي يستغرق لحدوث ظاهرة الاستقطاب البيني ( $\bar{m}_s$ ) هي بحدود ثوان أو دقائق [102,103]، ينشأ عزم ثنائي الاستقطاب بوحدة الحجم للمادة العازلة من خلال إسهام الأنواع المختلفة للاستقطاب، ويمكن تمثيله بمجموعة الاستقطابات المختلفة إذ ينشأ كل منها بميكانيكية خاصة كما هو مبين في العلاقة الآتية [86]:

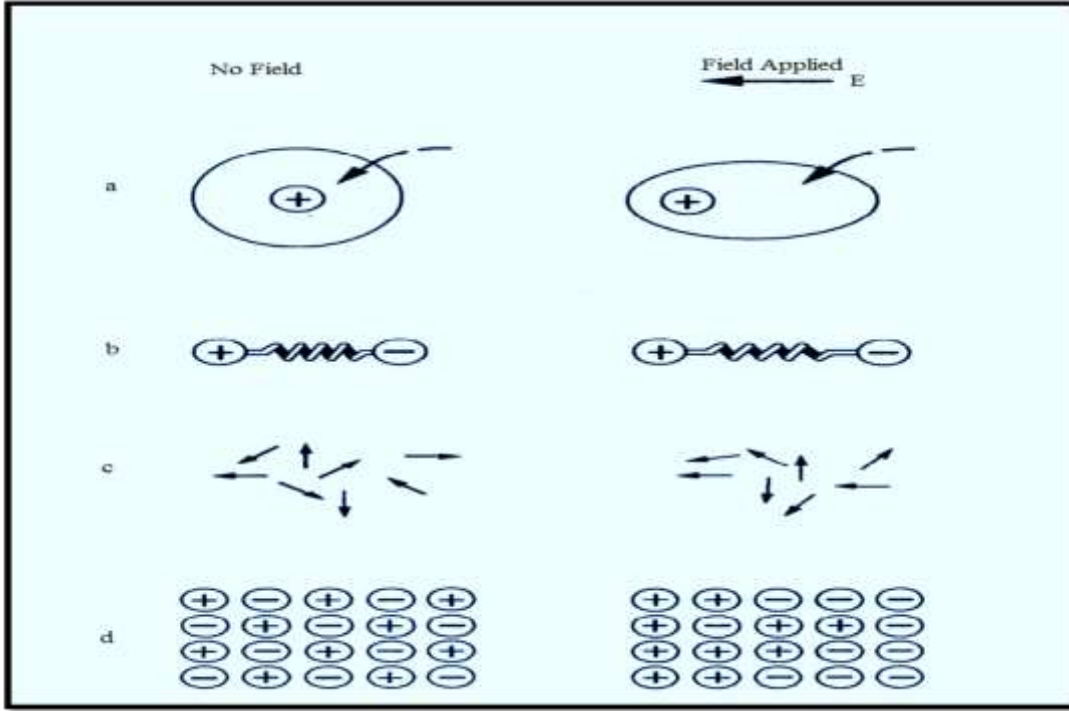
$$\vec{p} = \frac{\sum \vec{m}_e + \sum \vec{m}_i + \sum \vec{m}_d + \sum \vec{m}_s}{V} \quad \dots \dots \dots (32 - 2)$$

$$\vec{P} = \vec{P}_e + \vec{P}_i + \vec{P}_d + \vec{P}_s \quad \dots \dots \dots (33 - 2)$$

إذ إن:

$$\vec{P}_s, \vec{P}_d, \vec{P}_i, \vec{P}_e$$

الاستقطاب الإلكتروني والايوني والاتجاهي والبيني على التوالي [104].



الشكل (6-2): أنواع الاستقطاب: (a) الإلكتروني (b) الأيوني (c) الاتجاهي (d) البيني [105].

## (6-2) الكثافة والمسامية الظاهرية Density and Apparent Porosity

اختيار أو تعديل صيغة تركيبية معينة أو طريقة تصنيع أو عملية احتراق أو معالجة حرارية للحصول على منتج له بعض الخصائص المفيدة. وهذا يتطلب فهما جيدا للمواد ودراسة الخصائص، والتي يجب أن تبدأ بالخصائص الفيزيائية.

### (1-6-2) الكثافة Density

أن حجم الشكل والتوزيع ومقدار المسامية الكلية يمكن أن يحدد من التركيب المجهرى. ويمكن أيضاً قياس المسامية الكلية عند تحديد الكثافة الظاهرية للعينة (الوزن الإجمالي / الحجم الكلي، بما في ذلك المسام). أن كثافة المواد مختلفة مثل العلاقة بين الكتلة (الوزن) وحجمها.

$$\text{Density} = \frac{\text{mass}}{\text{volume}} \quad \dots \dots (34-2)$$

بالنسبة للجسم الزجاجي، يوجد وزن وحجم واحد فقط (أي كثافة واحدة)، بينما بالنسبة للمادة الصلبة المسامية، هناك طريقة مختلفة للتعبير عن الكثافة، ويمكن تعريف هذه بدقة على النحو الآتي:

الكثافة الظاهرية: هي نسبة كتلة إجمالي حجم المواد (حجم المكون الصلب + المسام المفتوحة + المسام المغلقة).

الكثافة الظاهرية الصلبة: هي نسبة الكتلة إلى الحجم الظاهر الصلب للمادة (حجم المكون الصلب + المسام المغلقة).

تتأثر الخصائص الكهربائية والميكانيكية بالكثافة والتي تتأثر بدورها بالتركيب الكيميائي و حجم الجسيمات وتقنية التصنيع وتشكيل الضغط وظروف الحرق و ظروف التشكيل [106].

يتم تحديد الكثافة الظاهرية من خلال مقارنة قطعة الاختبار (العينة) بسائل له كثافة معروفة (ماء أو زئبق) ويمكن عمل ذلك بوزن المادة في الهواء ثم تعليقها في سائل. أن تحديد الحجم الظاهر الصلب بواسطة طريقة أرخميدس هي إحدى طرق اختبار الجمعية الأمريكية لأختبار المواد (ASTM (C20).

$$\text{Apparent solid density} = \frac{W_D}{W_D - W_I} \quad \dots \dots (35.2)$$

حيث:  $W_D$  هو وزن القطعة العينة الجافة بوحدة (g)،  $W_I$  هو وزن القطعة المغمورة المنقوعة بوحدة (g).

## Apparent Porosity (2-6-2) المسامية الظاهرية

القياس الكمي للمسامية الموجودة هو واحدة من خصائص السيراميك التي تشكلت عن طريق ضغط المسحوق والحرق. يمكن أن تتكون المسام بأحجام مختلفة وتوزيع وكمية مختلفة التوصيف وهو ليس سهلاً دائماً. في كثير من الحالات، تكون أفضل طريقة هي استخدام الأقسام المصقولة مع التحليل الخطي أو المساحي، أن هذه الطريقة فعالة للحراريات و البورسلين و المينا و الصقيل و المواد الكاشطة. مقدار المسامية يمكن أن تختلف من صفر إلى أكثر من (90%) من الحجم الإجمالي [107]. تعتمد العديد من الخصائص على شكل المسام وتوزيعها، والتي منها، الخواص الميكانيكية والتوصيل الكهربائي

والحراري. إحدى الطرق الشائعة لوصف المسامية هي المسامية الظاهرة أي المسام المتصلة بالسطح أو المسام المفتوحة. تشمل المسامية الكلية كل من المسام المفتوحة والمغلقة. من الواضح أن المسام المفتوحة تؤثر بشكل مباشر على الخصائص مثل النفاذية والسطح المتاح للتفاعلات التحفيزية والكيميائية. في حين أن المسام المغلقة قليلة التأثير على هذه الخصائص [108]. يمكن حساب المسامية الظاهرة على أنها نسبة حجم المسام المفتوحة إلى الحجم الكلي [109]:

$$\text{Percentage apparent porosity} = \frac{\text{open pore volume}}{\text{total volume}} * 100\% \quad \dots \dots \dots (36 - 2)$$

$$\text{A.P \%} = \frac{W_S - W_D}{W_S - W_I} * 100\% \quad \dots \dots \dots (37 - 2)$$

أذ:  $W_S$  تمثل وزن العينة المبللة بوحدات (g).



# الفصل الثالث

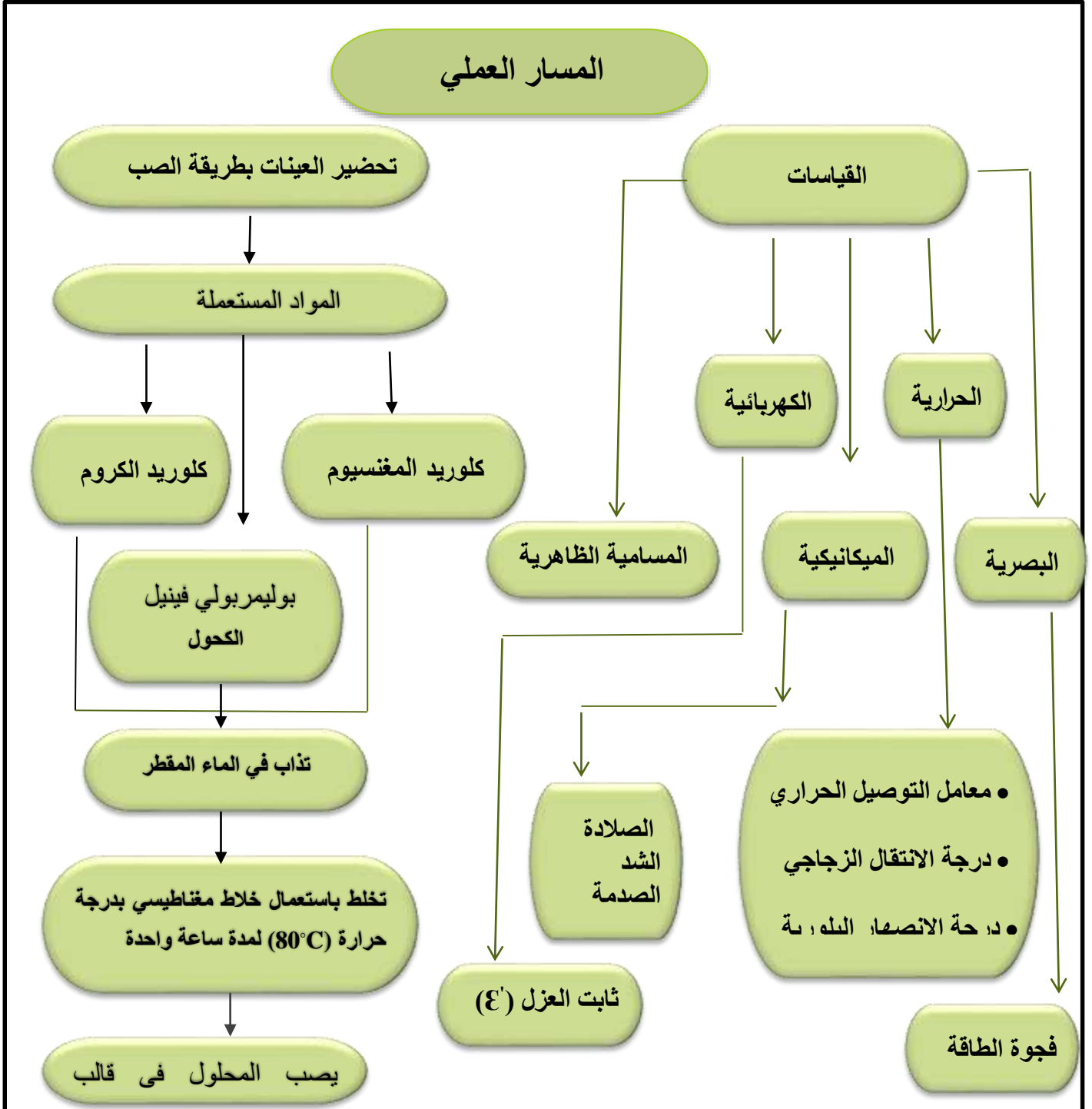
الجزء العملي



Introduction

(1-3) المقدمة

هذا الفصل يتضمن شرحا مفصلا للمواد المستعملة في تحضير المادة المترابكة والخطوات العملية المتبعة في تحضير المادة المترابكة وأهم مواصفاتها والأجهزة المستعملة في اختباراتها. الشكل (1-3) يوضح مخطط مراحل هذه الخطوات.



الشكل (1-3): مخطط طريقة العمل والاختبارات المنجزة.

**Materials Used**

(2-3) المواد المستعملة

**Matrix Material**

(1-2-3) مادة الأساس

استعملت المادة الأساس وهي بوليمر بولي فنائيل الكحول (PVA) في تحضير المادة المترابطة وهي على شكل حبيبات لونها أبيض والمنتج من شركة (Central Drug House (P) Ltd) الهندية ومعدل الوزن الجزيئي له (13.000 g/mol). الشكل (2-3) يظهر صورة بوليمر (PVA).



الشكل (2-3): بوليمر (PVA).

**Renforcement Materials**

(2-2-3) مواد التدعيم

**Magnesium chloride**

(1-2-2-3) كلوريد المغنسيوم

كلوريد المغنسيوم هو مركب كيميائي ذو الصيغة الجزيئية  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  وهو من أملاح الهاليدات الأيونية النموذجية، كونها قابلة للذوبان في الماء بدرجة كبيرة وهو منتج من شركة (THOMAS BAKER) الهندية ومعدل الوزن الجزيئي له (203.30g/mol). الشكل (3-3) يظهر صورة ملح  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ .

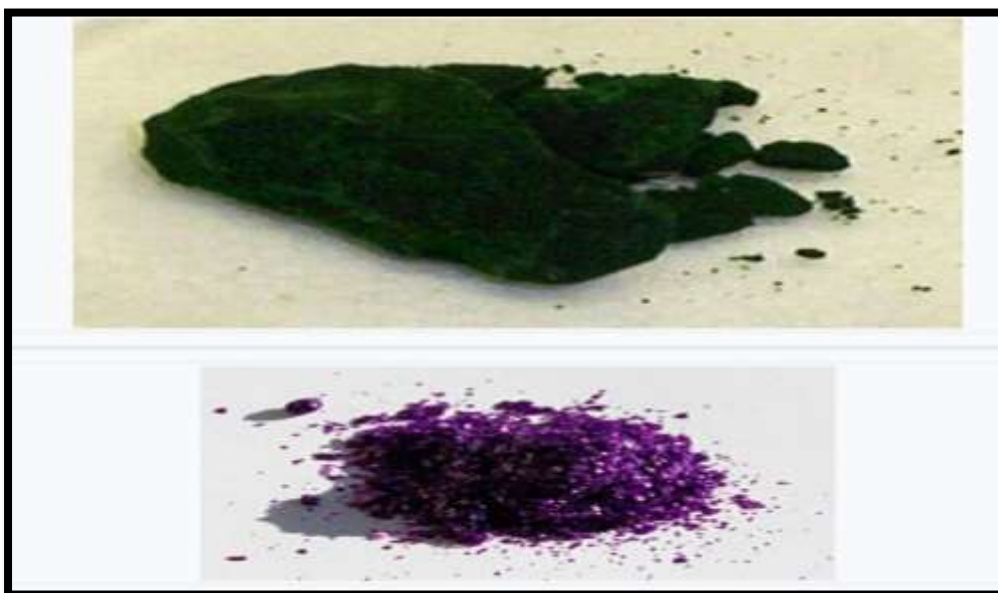


الشكل (3-3): ملح  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ .

### Chloride Chromium (III)

### (2-2-2-3) كلوريد الكروم

هو مركب كيميائي ذو صيغة الجزيئية  $CrCl_3 \cdot 6H_2O$  ويكون على شكل مسحوق بلوري ذي لون اخضر داكن وذو وزن جزيئي (266.45 g/mol) وهو منتج من شركة (Central Drug House (P) Ltd) الهندية. ويوجد على شكلين أما خالٍ من الماء (لامائي)، أو مرتبط مع ست جزيئات من الماء  $6 H_2O$ . الشكل (4-3) يظهر صورة ملح  $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ .



الشكل (4-3): ملح  $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ .



(3-3) الاجهزة المستعملة وطريقة تحضير العينات

**The Equipments Used and the Samples Preparation Method**

**The Equipments Used**

**(1-3-3) الأجهزة المستعملة**

الاجهزة التي استعملت في تحضير أغشية بوليمر (PVA) النقية والمدعمة بأملح المغنسيوم والكروم ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) هي على النحو الآتي:

**Sensitive Electronic Balance**

**1- الميزان الالكتروني الحساس**

هو من الأجهزة المهمة في المختبرات العلمية لتحديد الكتل المطلوبة للمواد المستعملة في عملية التحضير، وله عدّاد رقمي يعطي نتيجة الوزن بشكل مباشر وبدقة عالية، وأستعمل ميزان كهربائي حساس من نوع (KERN PLE) الالمانى ذي حساسية  $(10^{-3} \text{g})$ .

**Magnetic Stirrer**

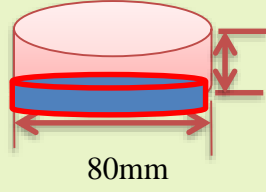
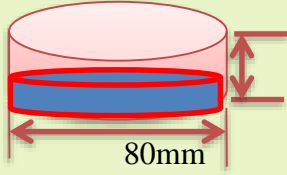
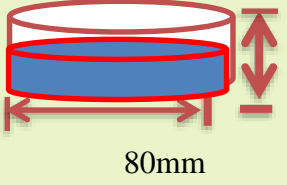
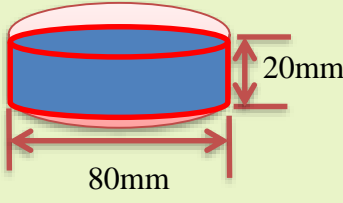
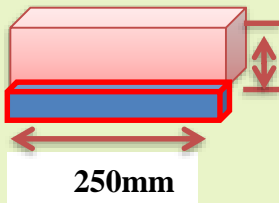
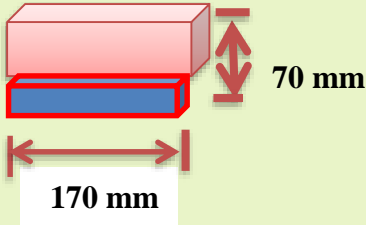
**2- الخلاط المغناطيسي**

هو أداة مختبرية تعمل على تدوير المحاليل الكيميائية و خلطها، ويتكون الخلاط المغناطيسي من محرك كهربائي مثبت به مغناطيس دائمي واطباق حرارية أو وسيلة أخرى لتسخين السائل، الخلاطات المغناطيسية تعد ذات كفاءة وأقل ضوضاء وصغيرة الحجم ولهذا تفضل على نظيرتها من الخلاطات الميكانيكية، واستعمل الخلاط المغناطيسي نوع (Wisd) المصنع من شركة (Wincom) الألمانية.

**Molds Preparation**

**3- تهيئة القوالب**

وتم تهيئة القوالب زجاجية دائرية (Petridish) ومستطيلة الشكل، ويتم تنظيف القوالب جيداً وتوضع على سطح مستوٍ ومعتدل، والشكل (3-5) يوضح مخطط الابعاد القياسية للقوالب والعينات المجهزة.

سمك العينة	الابعاد القياسية للقالب	نوع الفحص أو الاختبار
40 $\mu\text{m}$		الفحص البصري (UV-VIS)
80 $\mu\text{m}$		فحص التوصيلية الحرارية
150 $\mu\text{m}$		فحص درجة الإنتقال الزجاجي (T <sub>g</sub> ) ودرجة الانصهار البلورية (T <sub>m</sub> )
1450 $\mu\text{m}$		اختبار الصلادة والمسامية الظاهرية والفحص الكهربائي LCR Metter
110 $\mu\text{m}$		اختبار الشد
100 $\mu\text{m}$		اختبار الصدمة

الشكل (5-3): مخطط الابعاد القياسية للقوالب والعينات المجهزة.

## Preparation of Composites

### (2-3-3) تحضير المتراكبات

لتحضير نموذج نقي من بوليمر (PVA) وكذلك لتحضير المتراكبات (بوليمر (PVA) - ملح كلوريد المغنسيوم  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  - ملح كلوريد الكروم  $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ ) استعملت طريقة الصب (Casting Method) وتم استعمال قوالب خاصة مصنوعة من الزجاج وأجريت لهذه القوالب عملية التنظيف للتخلص من الأتربة والأوساخ و وضعها على سطح معتدل. وتم تحضير نموذج بوليمر (PVA) النقي عن طريق إضافة وزن (1g) من بوليمر (PVA) الى (15ml) من الماء المقطر وتمت عملية الخلط باستعمال الخلاط المغناطيسي (Magnetic Stirrer) لمدة (1h) بدرجة حرارة ( $60^\circ C$ ) لضمان الحصول على محلول متجانس ثم صب المحلول في قالب زجاجي خاص موضوع على سطح معتدل ويترك الى أن يتبخر المذيب للحصول على نموذج بوليمر (PVA) النقي.

وتم تحضير المتراكبات (بوليمر (PVA) - ملح كلوريد المغنسيوم - ملح كلوريد الكروم) من خلال خلط نسب وزنية معينة من بوليمر (PVA) مع نسب وزنية معينة من ملح كلوريد المغنسيوم وملح كلوريد الكروم وإضافة الماء المقطر اليها بمقدار (15ml) واستعمال الخلاط المغناطيسي لمدة (1h) بدرجة حرارة ( $60^\circ C$ ) لغرض عملية الخلط للحصول على محاليل متجانسة، وبعد ذلك تم صب المحاليل في قوالب زجاجية خاصة موضوعة على سطح معتدل وتركت الى أن يتبخر المذيب وبعدها نحصل على العينات المطلوبة. الجدول (1-3) يوضح النسب الوزنية المستعملة في تحضير المتراكبات (بوليمر (PVA) - ملح كلوريد المغنسيوم - ملح كلوريد الكروم).

الجدول (1-3): النسب الوزنية للمتراكبات (بوليمر (PVA) - ملح كلوريد المغنسيوم - ملح

كلوريد كروم).

Weight ratio of additive (wt%)	Polymer (PVA) (g)	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$ Salts (g)	$CrCl_3 \cdot 6H_2O$ (g) Salts
Pure	1	0	0
1	0.99	0.005	50.00
3	0.97	0.015	0.015
5	0.95	0.025	0.025
7	0.93	0.035	0.035
9	0.91	0.045	0.045
11	0.89	0.055	0.055
13	0.87	0.065	0.065
15	0.85	0.075	0.075

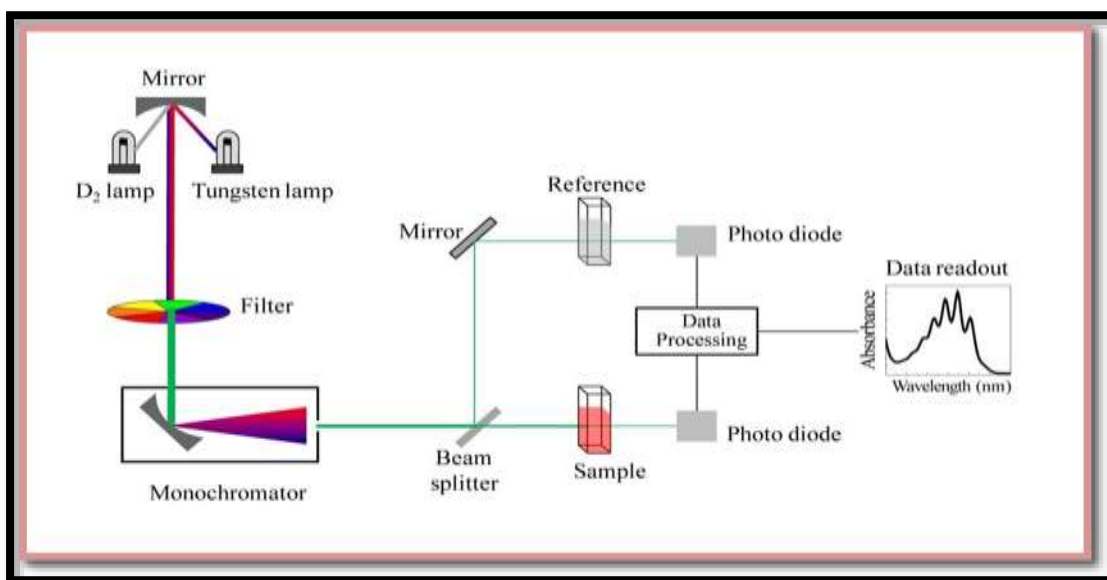
(4-3) الفحوصات والاختبارات والاجهزة المستعملة

Tests and Equipments Used

Optical Tests

(1-4-3) الفحوصات البصرية

تسجيل طيفي النفاذية والامتصاصية لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملحي  
(CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية مختلفة ضمن مدى الأطوال الموجية (190  
1100) nm - بدرجة حرارة الغرفة وذلك باستعمال جهاز (UV-  
Visible1800 double beam Spectrophotometer) المصنع في شركة  
(Shimadzu, Japanese) والموجود في جامعة ديالى/ كلية العلوم/ المختبر المركزي.  
الشكل (6-3) يوضح مخطط جهاز (UV-VIS) المستعمل، وتم استعمال برنامج حاسوبي  
خاص في حساب قيمة (فجوة الطاقة).



الشكل (6-3): مخطط جهاز (UV-VIS) [113].

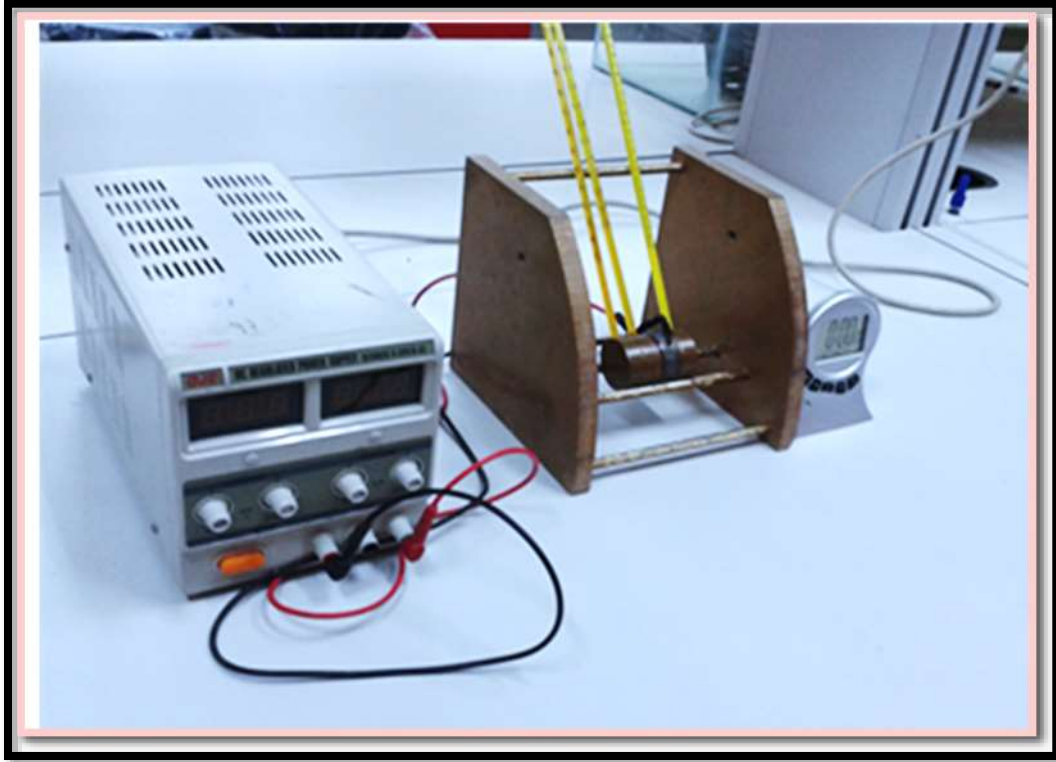
**Thermal Tests**

**(2-4-3) الفحوصات الحرارية**

**Thermal Conductivity Test**

**(1-2-4-3) فحص التوصيلية الحرارية**

في هذا الفحص تم حساب معامل التوصيل الحراري لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )، بنسب وزنية مختلفة باستعمال طريقة قرص لي (Lee's Disc) الخاصة بحساب التوصيلية الحرارية للمواد العازلة وذلك باستعمال الجهاز المصنع في شركة (Griffen and George) الانكليزية الموجود في جامعة ديالى/ كلية العلوم/ قسم الفيزياء والمبين بالشكل (7-3) والذي يتكون من ثلاثة أقراص (A,B,C) ومسخن كهربائي (Heater) يربط الى دائرة كهربائية، أذ توضع العينة بين القرصين (A,B) ويوضع المسخن الكهربائي بين القرصين (B,C)، وعند تشغيل جهاز القدرة لتشغيل المسخن الكهربائي تسخن الأقراص ويبدأ انتقال الحرارة من المسخن الى القرص الذي يليه حتى تصل الى القرص الأخير وعند الوصول الى حالة الاتزان الحراري تسجل قراءة المحارير الموجودة في كل قرص وهي ( $T_a, T_b, T_c$ ).



الشكل (7-3): جهاز قياس التوصيلية الحرارية (قرص لي).

## (2-2-4-3) فحص المسعر الحراري التفاضلي

**Differential Scanning Calorimetry (DSC) Test**

تم حساب درجة الانتقال الزجاجي ( $T_g$ ) ودرجة الانصهار البلورية ( $T_m$ ) لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملحي ( $CrCl_3 \cdot 6H_2O$  ,  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) وبنسب وزنية مختلفة باستعمال جهاز المسعر الحراري التفاضلي (DSC) (Differential Scanning Calorimeter) من نوع (DSC-60) ذو المنشأ (Shimadzu- Japan) والموجود في مختبر الحرارية / دائرة بحوث المواد / وزارة العلوم والتكنولوجيا. وهو احد التقنيات المستعملة للتعرف على الخصائص الحرارية للعينة من خلال قياس الفرق في كمية الحرارة عند رفع درجة حرارتها، إذ يتم وصف ارتفاع درجة الحرارة بعلاقة خطية مع الزمن، إذ يوفر المساح الحراري معلومات عن العينة منها درجة الانتقال الزجاجي ( $T_g$ ) و درجة الانصهار البلورية ( $T_m$ ) و درجة التبلور ( $T_c$ ) والتحليل الحراري الوزني (TGA).

يؤخذ نموذج بوزن لا يزيد عن (10 mg) ويتم وضعه بالجهاز بوجود الهواء الجوي، ويتكون الجهاز من وعاءان احدهما توضع المادة المراد قياسها فيه، والآخر يترك فارغاً وهو الوعاء المرجعي ومن ثم يوضع الوعائين في فرن يسخن عادة بمعدل (10) درجات في الدقيقة. يحتوي كل وعاء على لاقط حراري موصل إلى شاشة الحاسوب يسجل التغير في درجات الحرارة اللازمة لوصول العينة لدرجة حرارة مادة العينة الموضوعه نفسها وينشأ هذا الفرق في درجات الحرارة من أنّ أحد الوعائين يحتوي على المادة والثاني فارغ. كلما كانت المادة أكبر احتجنا إلى زمن اطول لتسخينها، وتسجل درجات الحرارة وترسم بيانياً ومن خلال الرسوم البيانية يمكن معرفة درجة الانتقال الزجاجي ( $T_g$ ) ودرجة الانصهار البلورية ( $T_m$ ) ودرجة التبلور ( $T_c$ ) والفقد بالوزن مع ارتفاع درجة الحرارة (TGA). وكذلك يحسب الحاسب الالي الفرق في درجة الحرارة بين العينة والوعاء الفارغ المرجعي ويحولها إلى تدفق حراري. الشكل (3-8) يظهر صورة جهاز (DSC) المستعمل.



الشكل (8-3): جهاز (DSC).

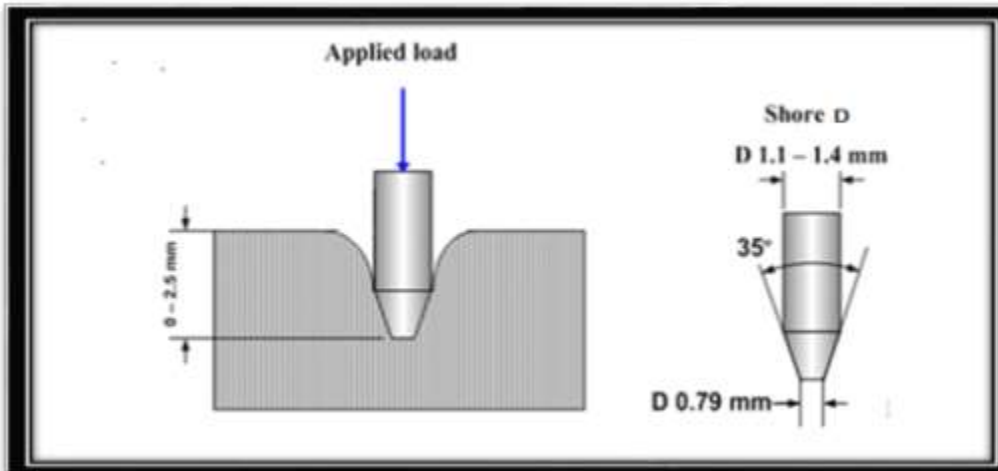
## Mechanical Tests

## (3-4-3) الاختبارات الميكانيكية

### Hardness Test

### (1-3-4-3) اختبار الصلادة

تم إجراء اختبار الصلادة لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملحي ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) ، ( $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ ) بنسب وزنية مختلفة واستعمل جهاز (Shore D) من نوع (Check-line-dd-100) ذي المنشأ الأمريكي الموجود في وزارة العلوم والتكنولوجيا / قسم التعبئة والتغليف، وهو عبارة عن جهاز يدوي يتكون من نابض محمل بأداة غرز بشكل إبرة، ويتغلغل أداة الغرز داخل سطح العينة تحت تأثير حمل معين يؤدي الى انحراف مؤشر الجهاز وأن هذا الانحراف هو مقياس لمقدار الخدش لسطح العينة وبعدها يسجل الرقم الذي يظهر على شاشة الجهاز، وكما هو مبين بالشكل (9-3) يوضح مخطط جهاز اختبار الصلادة (Shore D) المستعمل.



الشكل (9-3) مخطط جهاز اختبار الصلادة.

## Tensile Test

### (2-3-4-3) اختبار الشد

تم إجراء اختبار الشد لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملحي ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) ، ( $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ ) بنسب وزنية مختلفة وأستعمل الجهاز المبين بالشكل (3-10)، والموجود في المركز الوطني للتعبئة والتغليف/ وزارة الصناعة وهو جهاز من نوع (Tinuis Olsen- H10K) ذي المنشأ الإنكليزي. أذ يتم تثبيت العينة في المكان المخصص لها بين الفكين لمسك العينة بثبات وضمان عدم تحركها في أثناء إجراء الاختبار، عند تشغيل الجهاز تبدأ المقابض بشد العينة من الأعلى والأسفل بسرعة ( $10mm/min$ ) ويسجل الرقم من خلال شاشة الجهاز لحظة كسر (فشل) العينة.



الشكل (3-10): جهاز اختبار الشد.

## Impact Test

### (3-3-4-3) اختبار الصدمة

تم إجراء اختبار مقاومة الصدمة لأغشية بوليمر (PVA) النقي و المدعمة بملحي ( $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) بنسب وزنية مختلفة، تم استعمال جهاز اختبار مقاومة الصدمة للأغشية البلاستيكية والقصاصات الورقية (Filling Darte Impact Tester) من نوع (FDI-01) كندي المنشأ والموجود في المركز الوطني للتعبئة والتغليف / وزارة الصناعة، وهو جهاز حديث لاختبار قوة الاختراق بواسطة السقوط الحر الكترونياً، ويتم اختبار قوة الصدمة للعينة بارتفاع ( $100\text{ cm}$ )، وهذا



الجهاز يستعمل نظام التعليق الكهرومغناطيسي والافلات الميكانيكي لسقوط الكتلة، إذ يتم تثبيت العينة بواسطة انبوب هواء مضغوط و الذي يضمن متانة العينة ضمن عملية الاختبار وتحسن دقة الاختبار بتكرار عملية الاختبار، ويحتوي الجهاز على شاشة لمس والتي تسمح بأجراء الاختبار بطريقة سهلة وسريعة. عملية الاختبار كلها يتم التحكم بها بواسطة حاسوب صغير والذي يعطي نتائج الاختبار تلقائياً وهذا الاختبار يقيس وزن الصدمة وطاقة السقوط الحر للعينة بارتفاع معين (للأغشية البلاستيكية والقصاصات الورقية) تحت ظروف معينة. الشكل (3-11) يظهر صورة جهاز اختبار مقاومة الصدمة المستعمل.



الشكل (3-11): جهاز اختبار مقاومة الصدمة.

## Electrical Tests

## (4-4-3) الفحوصات الكهربائية (العزلية)

تم إجراء الفحص الكهربائي (العزلي) المتمثل بثابت العزل الكهربائي ( $\epsilon'$ ) كدالة للتردد لأغشية بوليمر (PVA) النقي و المدعمة بملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}, \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) بنسب وزنية مختلفة باستعمال جهاز من نوع (LCR-8105G) والمصنع في شركة (GWINSTEK) ذي المنشأ الانكليزي والموجود في قسم الفيزياء / كلية العلوم / جامعة ديالى وبمدى تردد (50Hz-5MHz) وبدرجة حرارة الغرفة. الشكل (12-3) يظهر صورة جهاز (LCR Metter) المستعمل.



الشكل (12-3): جهاز (LCR Metter).

## Apparent Porosity Tests

## (5-4-3) الفحوصات المسامية الظاهرية

المسامية الظاهرية مهمة من أجل تقييم الأغشية المحضرة لبوليمر (PVA) النقي و المدعمة بملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}, \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) بنسب وزنية مختلفة وفهم سلوك الخصائص الأخرى (الكهربائية والميكانيكية). وبذلك تم قياس الخصائص الفيزيائية لجميع العينات وفق طرق اختبار (ASTM) على النحو الآتي:

1- تم وزن العينات لإيجاد الوزن الجاف ( $W_D$ ).

2 – تم وضع العينات في دورق مملوء بالماء المقطر وتركت العينات به لساعات عدة وبدرجه حرارة الغرفة.

3 – تمت إزالة العينات من الماء واحدة تلو الأخرى ومسحها بدقة ثم تم وزن الغشاء المبلل لمعرفة الوزن المنقوع ( $W_s$ ).

4 – وبعد حساب الوزن الجاف ( $W_D$ ) والوزن المنقوع ( $W_s$ ) تم تعليق عينات الاختبار المنقوعة واحدة تلو الأخرى من ذراع الميزان عن طريق خيط، وغمرها في دورق مملوء بالماء المقطر، والذي تم وضعه على منصة تمر عبر وعاء التوازن. كان الوزن الذي تم الحصول عليه ( $W_1$ ) هو الوزن المغمور وبتطبيق المعادلة (2-37) تم الحصول على المسامية. الشكل (3-13) يظهر صورة جهاز ميزان الغمر المستعمل.



الشكل (3-13): جهاز ميزان الغمر.



# الفصل الرابع

النتائج والمناقشة والاستنتاجات والمشاريع المستقبلية



## Introduction

## (1-4) المقدمة

يتضمن هذا الفصل عرض ومناقشة النتائج التي تم التوصل إليها من خلال اختبار نماذج بوليمر (PVA) النقية والمدعمة بملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )، والتي تشمل الفحوصات والأختبارات البصرية والحرارية والكهربائية والميكانيكية.

## Optical Tests

## (2-4) الفحوصات البصرية

تمت دراسة الخصائص البصرية لآغشية بوليمر (PVA) النقي و المدعمة بملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) بنسب وزنية مختلفة، إذ تم تسجيل طيفي النفاذية والامتصاصية عند درجة حرارة الغرفة، وكذلك حساب قيمة فجوة الطاقة للآغشية كافة.

## (1-2-4) فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح

## Energy Gap of the Allowed Indirect Transition

تعد مسألة حساب فجوة الطاقة للمادة المحضرة المعيار الذي يتم على أساسه تحديد طبيعة التطبيق الكهرو بصري الذي يمكن استعمال المادة المحضرة فيه كالخلايا الشمسية والخلايا الضوئية والثنائيات الضوئية وكواشف الأشعة الكهرومغناطيسية و طلاءات المجمعات الشمسية بنوعها العاكس والنافذ. فالمواد التي يتم اختيارها لمثل هكذا تطبيقات يجب أن تمتلك فجوة طاقة ذات مدى يتلاءم مع طاقة الفوتونات الضوئية الساقطة عليها والمؤدية إلى تفعيل التطبيق المحدد لذلك.

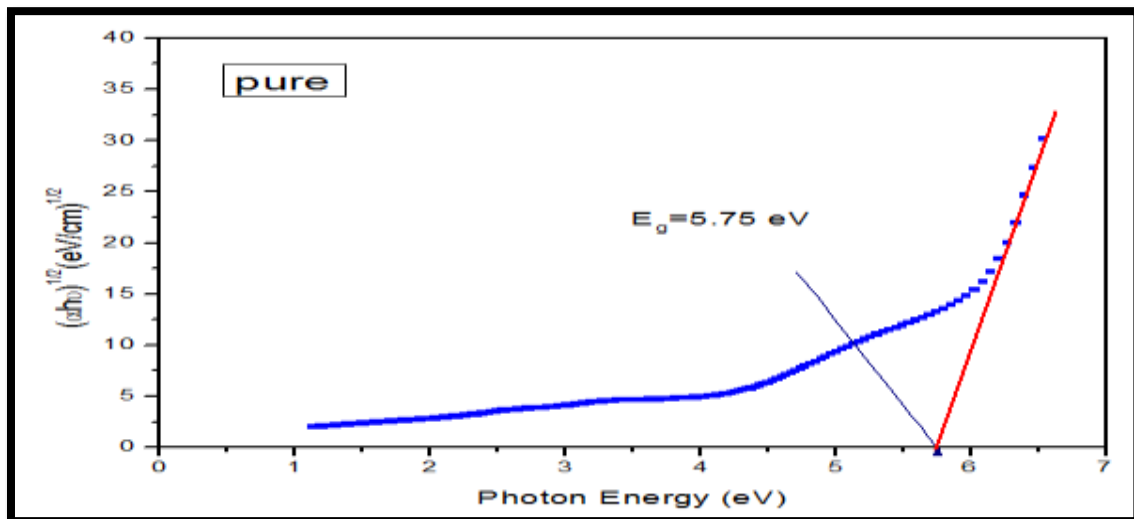
تم حساب فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح ( ) لان قيمة معامل الامتصاص هي  $(\alpha < 10^4 \text{cm}^{-1})$  اعتمادا على المعادلة (2-8) بعد وضع قيمة (r) مساوية الى (2) واعادة كتابتها بالصيغة الاتية:

$$(\alpha \text{ hv})^{1/2} = P^{1/2} (\text{hv} - E'_{g^{\text{opt}}} \pm E_p) \dots\dots\dots(1-4)$$

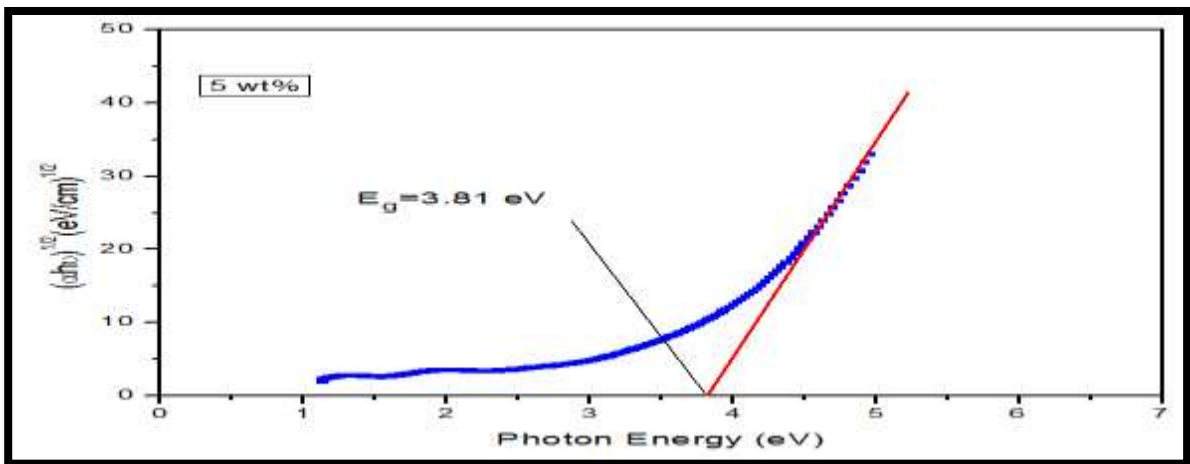
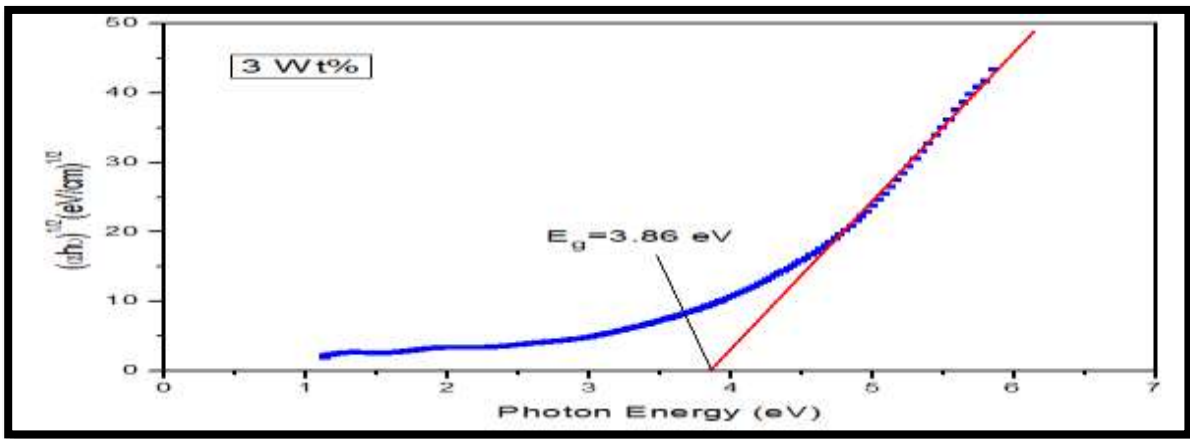
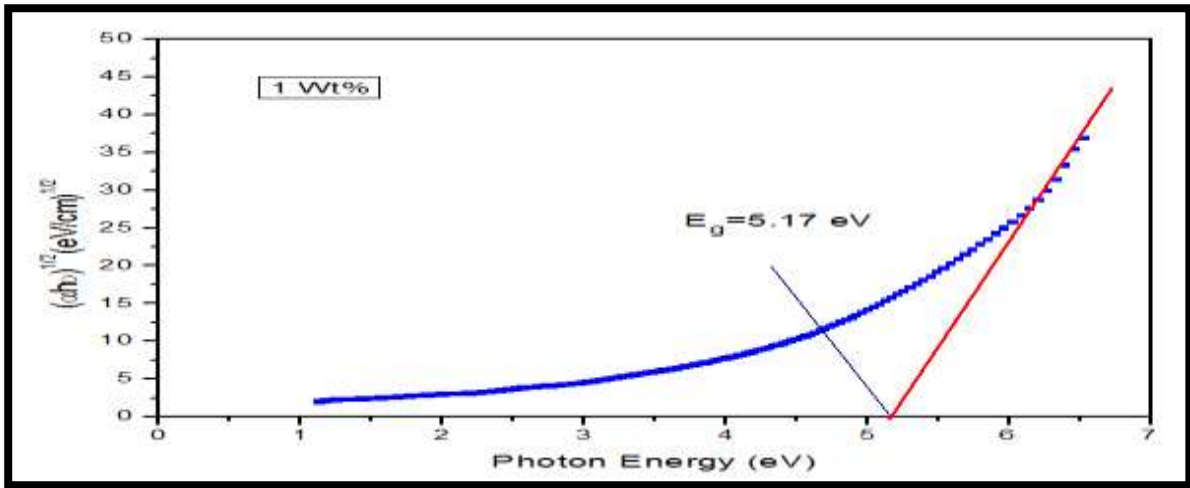
وبرسم العلاقة بين  $(\alpha \text{ hv})^{1/2}$  وطاقة الفوتون (hv) لآغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) بنسب وزنية مختلفة، ومن افضل خط مستقيم تمر به معظم النقاط بعد حافة الامتصاص نمد خط ليقطع محور طاقة الفوتون (x - axis) عند النقطة  $(\alpha \text{ hv})^{1/2}=0$

والتي تمثل قيمة فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح وكما مبين بالأشكال من (2-4) الى (4-4).  
الجدول (1-4) يوضح قيم فجوة الطاقة لاغشية المتراكبات كافة.

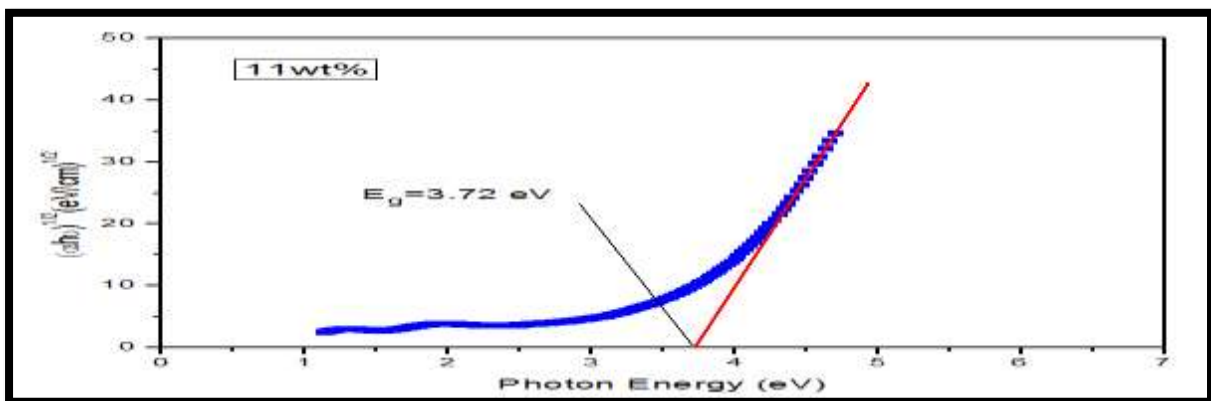
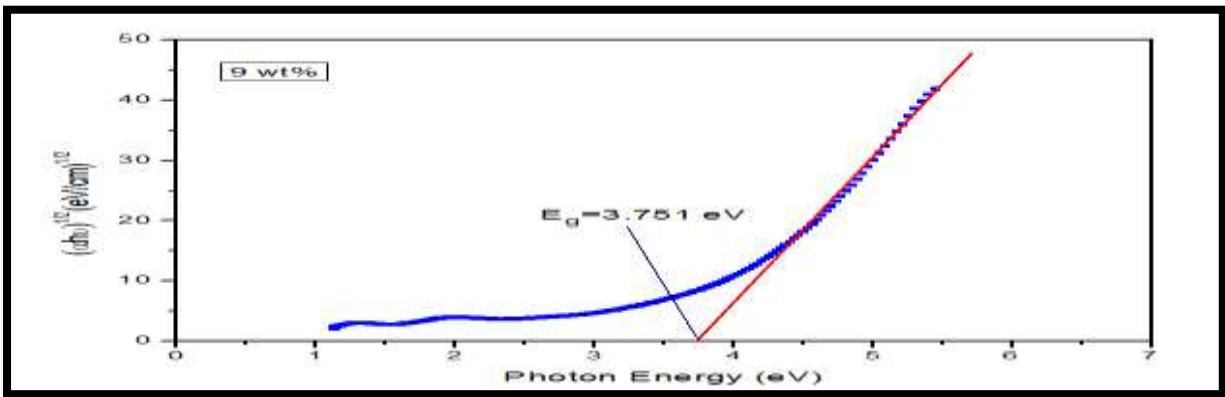
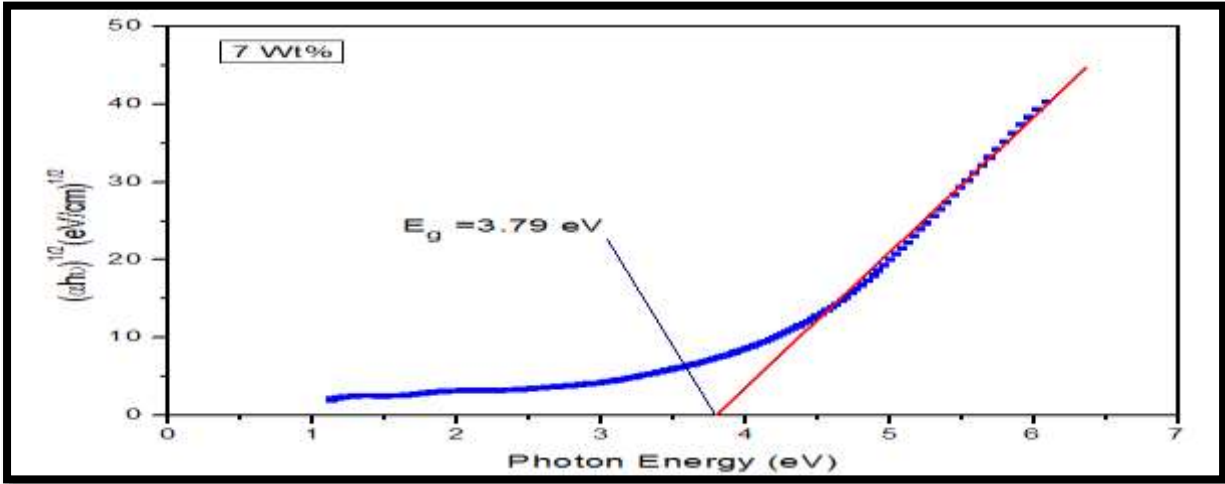
نلاحظ من الجدول (1-4) أن قيمة فجوة الطاقة لغشاء بوليمر (PVA) النقي تساوي (5.753eV) ولكن بعد التدعيم بملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) بنسب وزنية مختلفة فإن قيمة فجوة الطاقة تبدأ بالنقصان بشكل طفيف بزيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين. أن سبب نقصان قيمة فجوة الطاقة بزيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين يعزى الى أنشاء مستويات موضعية في فجوة الطاقة تسهل عبور الالكترون من حزمة التكافؤ الى المستويات الموضعية في حزمة التوصيل (هذا يعني اعتماد التوصيل الالكتروني على المواد المدعمة) [39]. أن نقصان قيمة فجوة الطاقة بزيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين قد يعكس دور مادة التدعيم في تعديل التركيب الالكتروني للمادة الاساس (بوليمر (PVA)) مسببة ظهور مادة مختلفة مستقطبة للضوء ومستويات عيبية [38]. كما أن سبب نقصان قيمة فجوة الطاقة مع زيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين يمكن أن يعزى على أساس حقيقة أن دمج كميات صغيرة من مادة التدعيم تشكل شحنات نقل في المادة الاساس (بوليمر (PVA))، وأن ناقلات الشحنة هذه تزيد التوصيلية الكهربائية من خلال توفير شحنات إضافية، حيث إن زيادة النسبة الوزنية للتدعيم فإن الجزيئات المدعمة سوف تبدأ بسد الفجوة الفاصلة بين المستويين الموضعيين وخفض حاجز الجهد بينهما مما يسهل انتقال ناقل الشحنة بين المستويين الموضعيين [40].



الشكل (1-4): فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح لغشاء بوليمر (PVA) النقي.

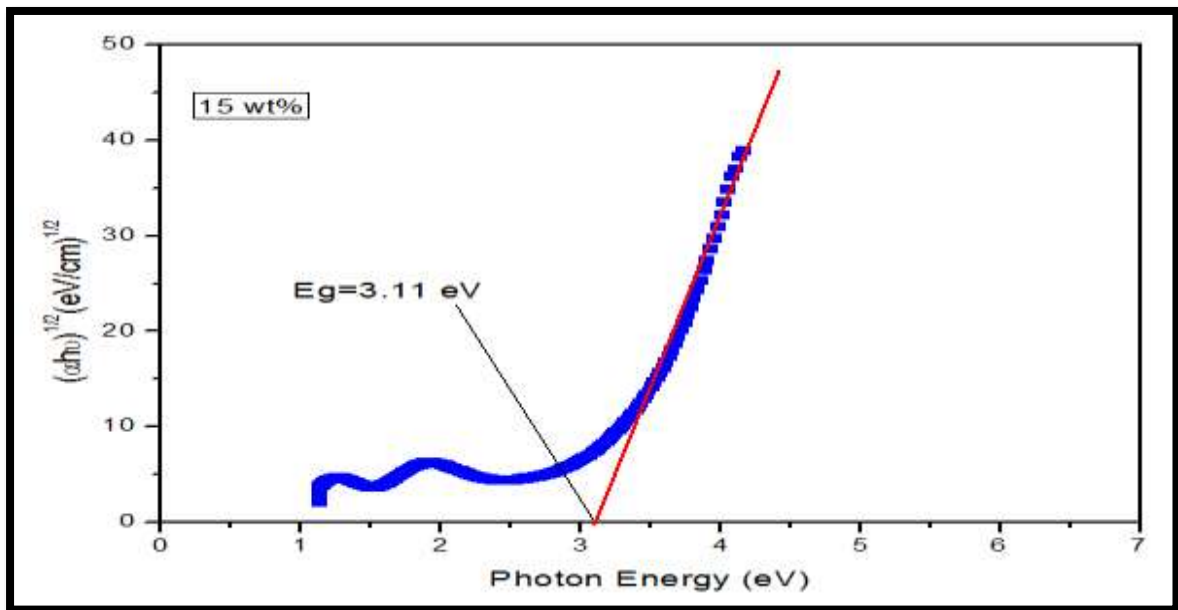
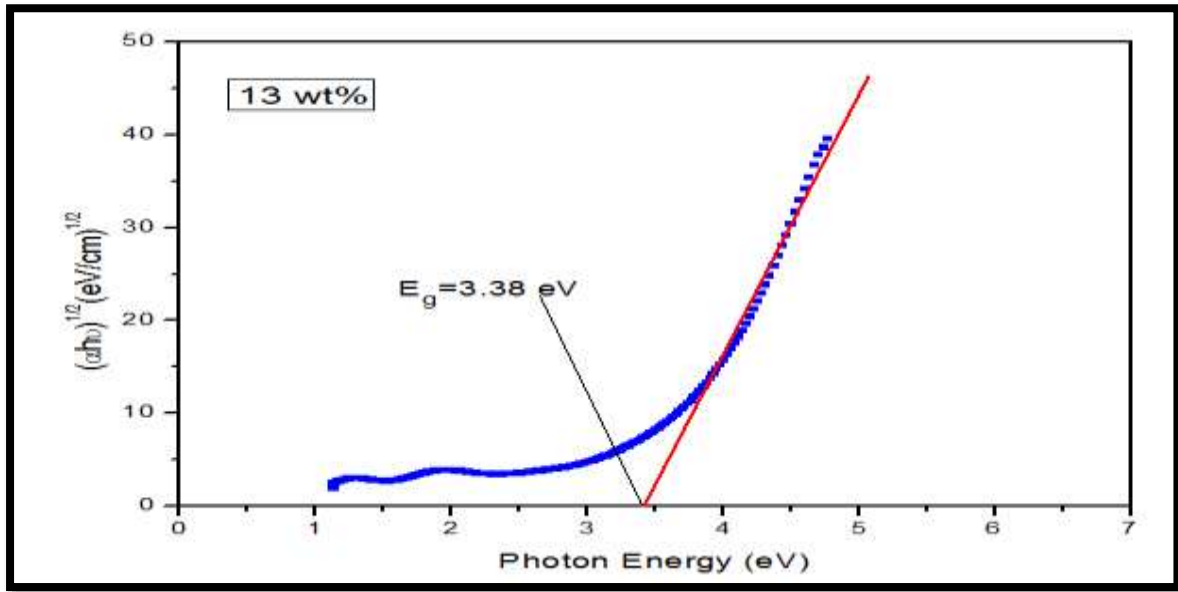


الشكل (2-4): فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية (1,3,5) wt% من ملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).



الشكل (3-4): فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية (7,9,11) wt% من ملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).





الشكل (4-4): فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح لأغشية المتراب (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية (13,15) wt% من ملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

الجدول (1-4): قيم فجوة الطاقة للانتقال غير المباشر المسموح لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) مع النسبة الوزنية لمليحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

Weight Ratio (wt%) of Salts	(PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) E <sub>g</sub> (eV)
Pure (PVA)	5.75
1	5.17
3	3.86
5	3.81
7	3.79
9	3.75
11	3.72
13	3.38
15	3.11

### Thermal Tests

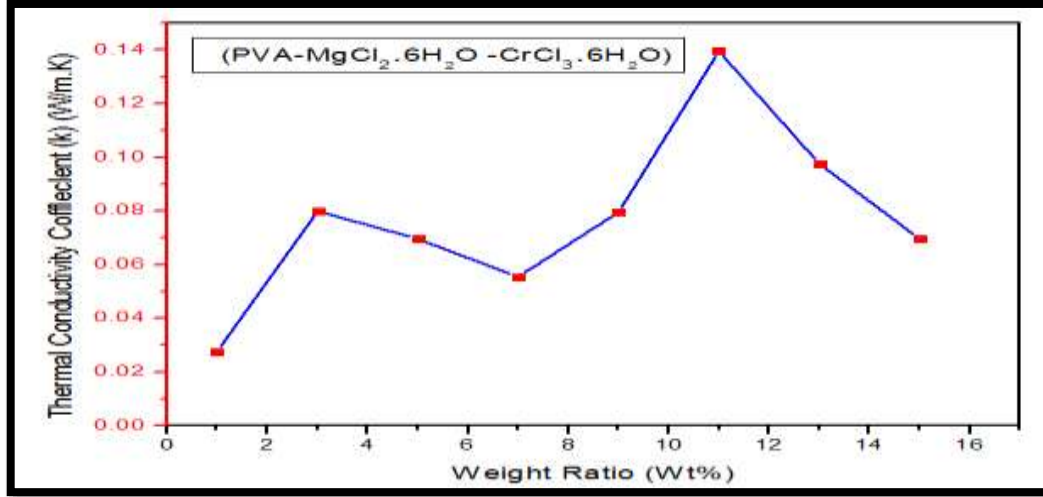
### (3-4) الفحوصات الحرارية

### Thermal Conductivity Test

### (1-3-4) فحص التوصيلية الحرارية

تم حساب معامل التوصيل الحراري (k) بأستعمال طريقة قرص لي (Lee's Disc Method) وبالاعتماد على العلاقتين (12-2) و (13-2) على التوالي. الشكل (4-5) يوضح معامل التوصيل الحراري لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بمليحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية مختلفة، حيث نلاحظ من خلال الشكل أن قيمة معامل التوصيل الحراري لغشاء بوليمر (PVA) النقي تكون (0.023 W/m.K) وعند التدعيم بمليحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) تتغير قيمة معامل التوصيل الحراري وتبدأ بالزيادة بشكل غير منتظم مع زيادة النسبة الوزنية لمليحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) المضامين لتبلغ أعلى قيمة له وهي (0.139 W/m.K) عند النسبة الوزنية (11wt%) من التدعيم. وبصورة عامة فإن عملية التدعيم بمليحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) بكافة النسب الوزنية أدت إلى زيادة قيمة معامل التوصيل الحراري لغشاء بوليمر (PVA) النقي. أن عدم استقرار قيمة معامل التوصيل الحراري ربما يكون بسبب عدم التجانس بين المادة الأساس (بوليمر (PVA)) ومواد التدعيم (مليحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O)) بسبب كبر المساحة

السطحية لملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) [111]. الجدول (2-4) يوضح قيم معامل التوصيل الحراري لأغشية المترابكات كافة.



الشكل (4-5) معامل التوصيل الحراري لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O,) كدالة للنسبة الوزنية لملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

الجدول (2-4): قيم معامل التوصيل الحراري لأغشية المترابك مع النسبة الوزنية لملحي (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O,) (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

Weight Ratio (wt%) of Salts	(PVA- MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O ) k (W/m.K)
Pure (PVA)	0.023
1	0.027
3	0.080
5	0.069
7	0.055
9	0.079
11	0.139
13	0.097
15	0.069

(2-3-4) فحص درجة الانتقال الزجاجي ( $T_g$ )

Glass-Transition Temperature Test

تم قياس درجة الانتقال الزجاجي لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) بنسب وزنية مختلفة وذلك بأستعمال جهاز المسعر الحراري التفاضلي (DSC)، الاشكال من (6-4) الى (8-4) تظهر قيم درجة الانتقال الزجاجي للمتراكبات كافة وكما هو موضح بالجدول (3-4)، أذ نلاحظ أن قيمة درجة الانتقال الزجاجي لغشاء بوليمر (PVA) النقي تكون ( $96.31^\circ\text{C}$ ) [112]. وبعد التدعيم بملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) نلاحظ أن قيمة درجة الأنتقال الزجاجي تسلك سلوك غير منتظم مع زيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين بالمقارنة مع غشاء بوليمر (PVA) النقي. إن تحول موقع درجة الانتقال الزجاجي لغشاء بوليمر (PVA) النقي نحو درجات الحرارة العالية عند زيادة بعض النسب الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين يشير الى التوافق بين ملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) وبوليمر (PVA) بسبب وجود مجموعة الهيدروكسيل (-OH) في ملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ومجموعة الهيدروكسيل (-OH) في بوليمر (PVA) القادرة على الارتباط مع الهيدروجين [113]. وبصورة عامة أن القيمة اغير المستقرة في درجة الانتقال الزجاجي تعزى الى أن أذابة ملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ادت الى تقليل مرونة السلاسل لبوليمر (PVA) [114].

الجدول (3-4): قيم درجة الانتقال الزجاجي لأغشية المتراكب (PVA-MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O) مع

النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).

Weight Ratio (wt%) of Salts	(PVA-MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O) T <sub>g</sub> (°C)
Pure (PVA)	96.31
1	95.60
3	95.60
5	185.85
7	181.20
9	94.71
11	163.78
13	88.93
15	85.74

(3-3-4) فحص درجة الانصهار البلورية ( $T_m$ )

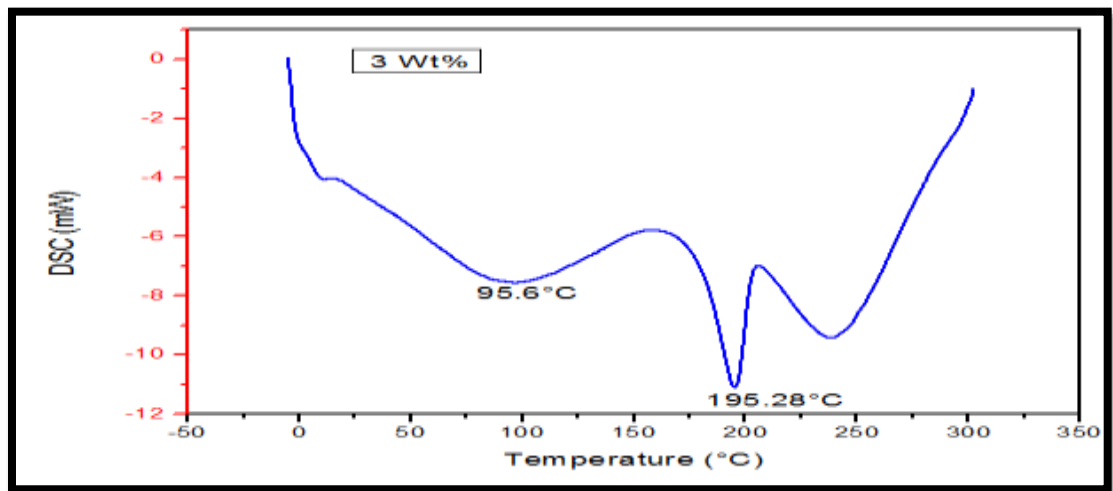
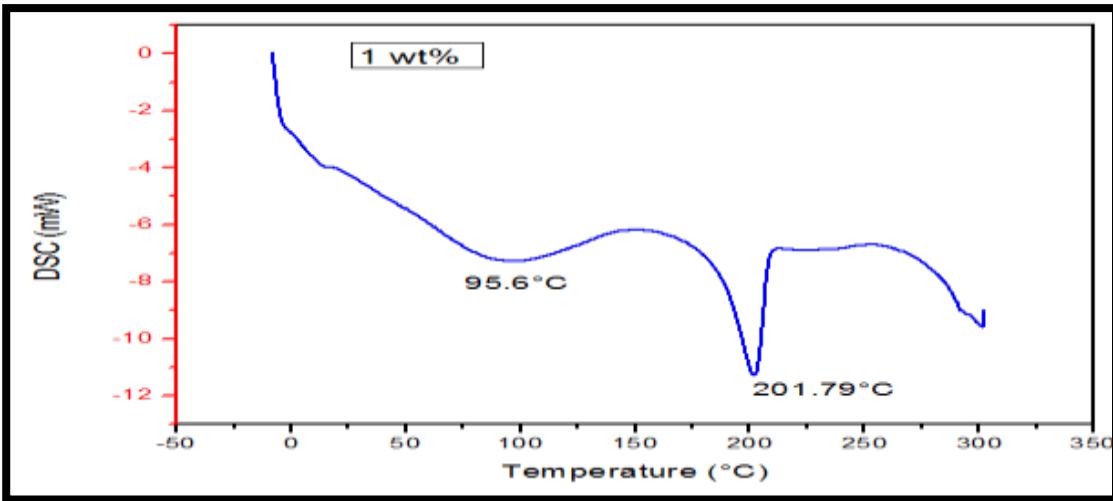
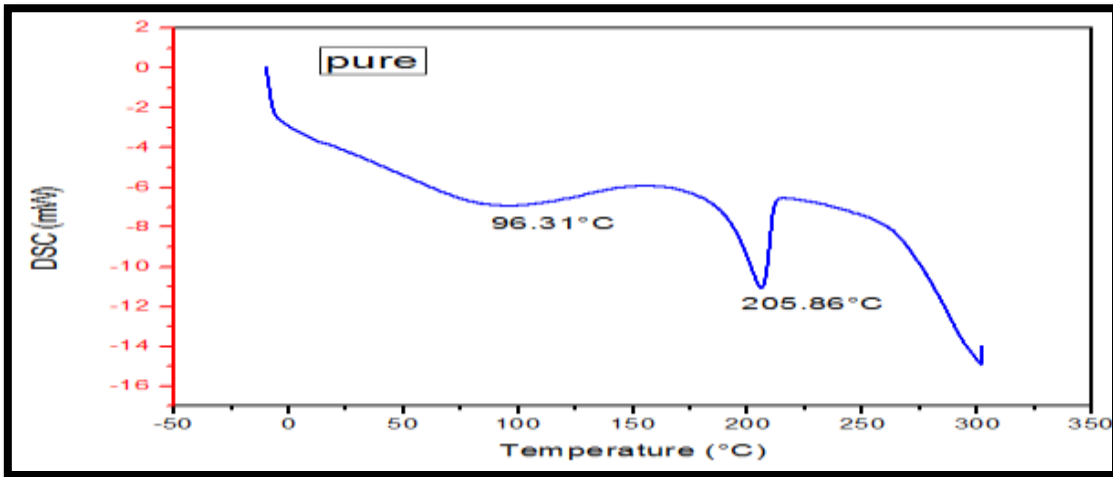
**Crystalline Melting Temperatur Test**

تم قياس درجة الانصهار البلورية لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملحي ( $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) بنسب وزنية مختلفة وذلك بأستعمال جهاز المسعر الحراري التفاضلي (DSC)، الأشكال من (6-4) الى (8-4) تظهر قيم درجة الانصهار البلورية للمتراكبات كافة وكما هو موضح بالجدول (4-4)، أذ نلاحظ أن قيمة درجة الانصهار البلورية لغشاء بوليمر (PVA) النقي تكون ( $205.86^\circ C$ ). وبعد التدعيم بملحي ( $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) لوحظ أن سلوك قيمة درجة الانصهار البلورية يكون غير منتظم مع زيادة النسبة الوزنية لملحي ( $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) المضافين بالمقارنة مع غشاء بوليمر (PVA) النقي. كما لوحظت أختلافات في شكل و درجة الانصهار البلورية، وتعزى هذه الاختلافات في الشكل والمساحة الى أختلاف درجات التبلور التي وجدت في المتراكبات كافة مع مختلف النسب الوزنية للتدعيم. أن هذا التزايد والتناقص في قيمة درجة الانصهار البلورية بالمقارنة مع غشاء بوليمر (PVA) النقي يبين أن التبلور العالي والتحسين لبنية البلورة يقلان مع زيادة درجة التشابك، وأن التغير في التركيب البلوري قد ينتج من التفاعل بين بوليمر (PVA) وملحي ( $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ) في الطور العشوائي وبالتالي يتم إنشاء اضطراب في البلورات [113].

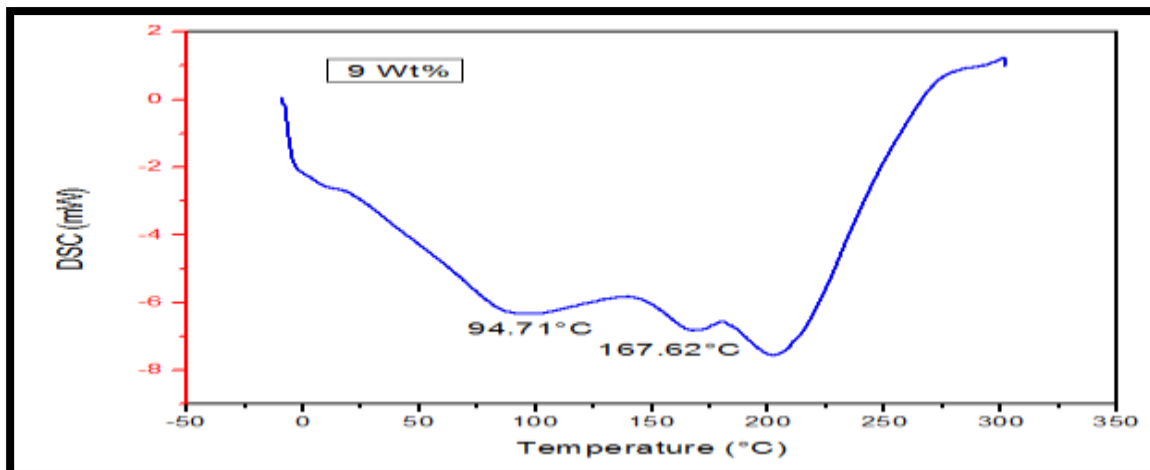
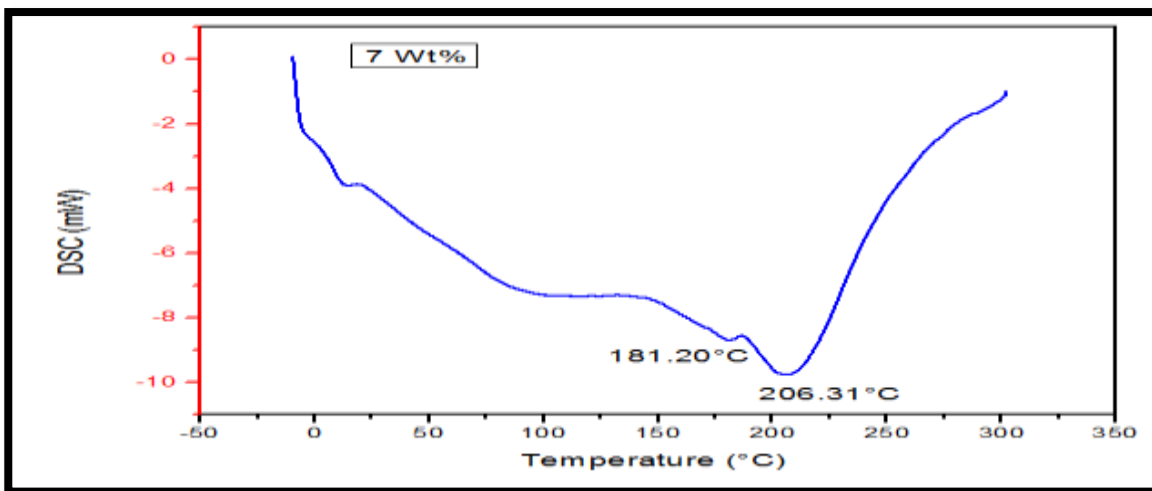
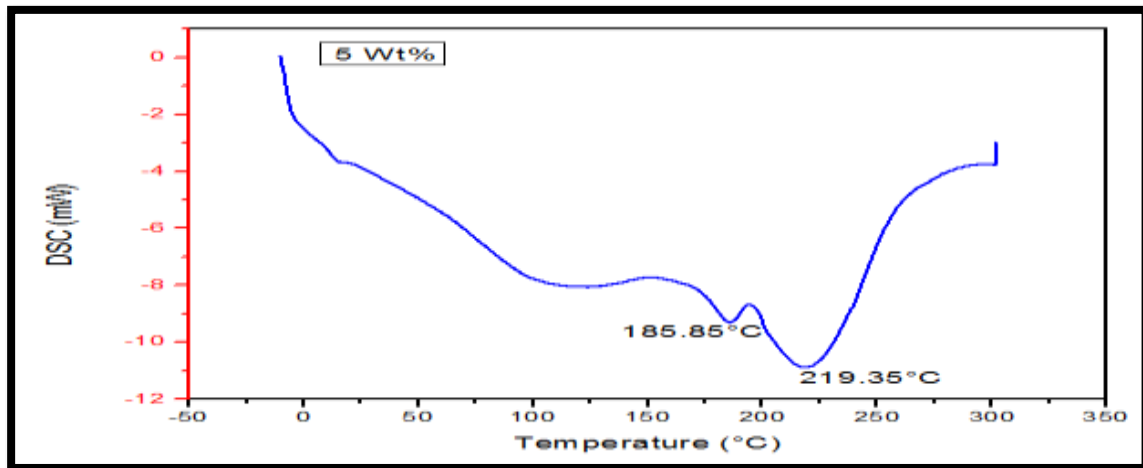
الجدول (4-4): قيم درجة الانصهار البلورية لأغشية المتراكب (PVA-MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O)

مع النسبة الوزنية لملحي ( $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ).

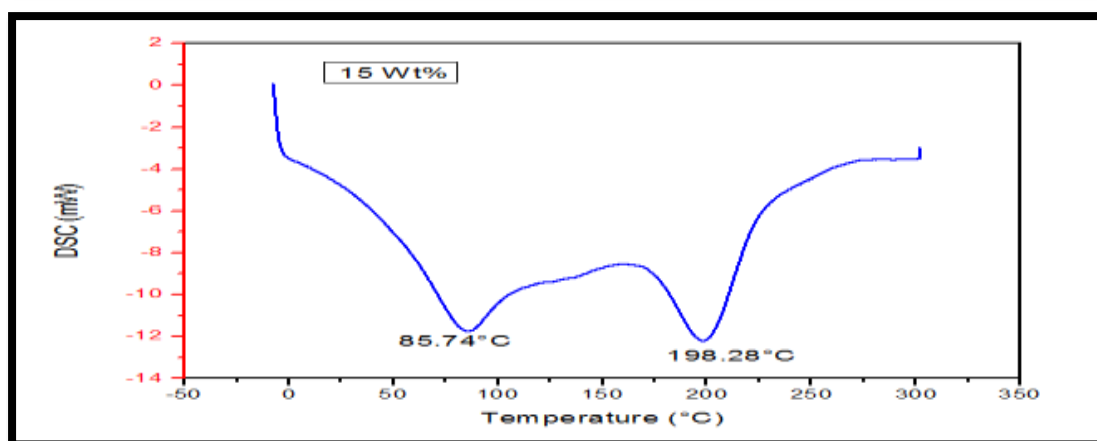
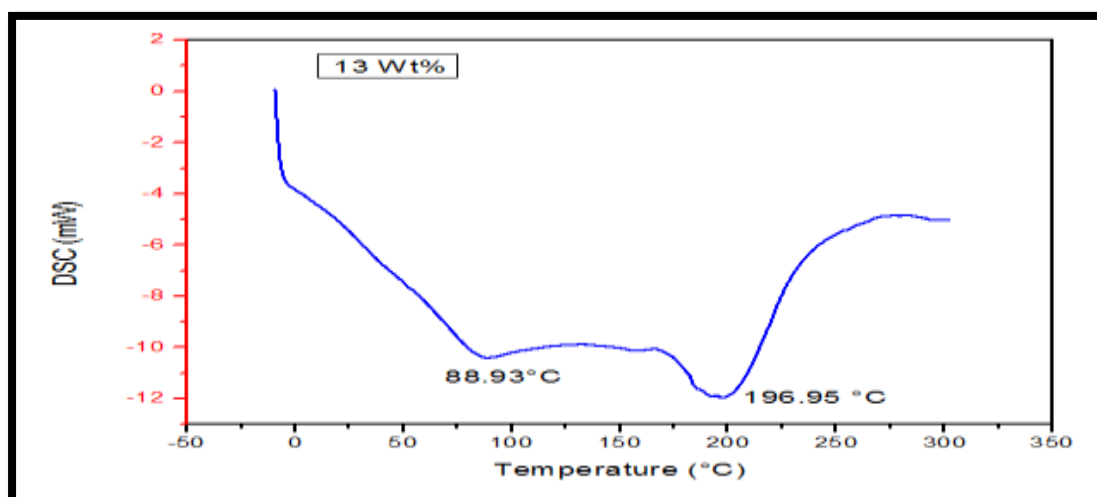
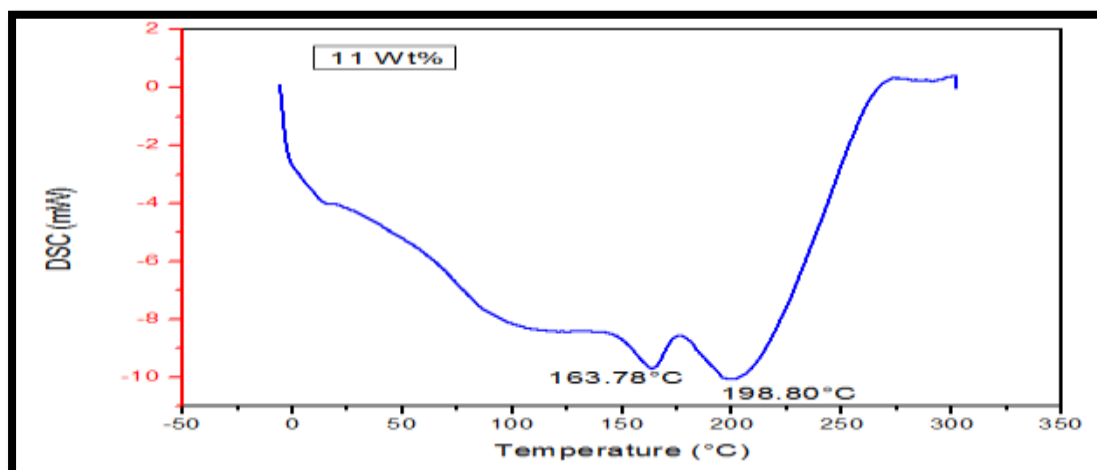
Weight Ratio (wt%) of Salts	(PVA-MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O ) $T_m$ (°C)
Pure (PVA)	205.86
1	201.79
3	195.28
5	219.35
7	206.31
9	167.62
11	198.80
13	196.95
15	198.28



الشكل (6-4): مخطط (DSC) الحراري الوزني لغشاء بوليمر (PVA) النقي والمدعم بنسب وزنية (1,3) wt% من ملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).



الشكل (7-4): مخطط (DSC) الحراري الوزني لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية 5,7,9 wt% من ملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).



الشكل (8-4): مخطط (DSC) الحراري الوزني لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية 11,13,15 wt% من ملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).



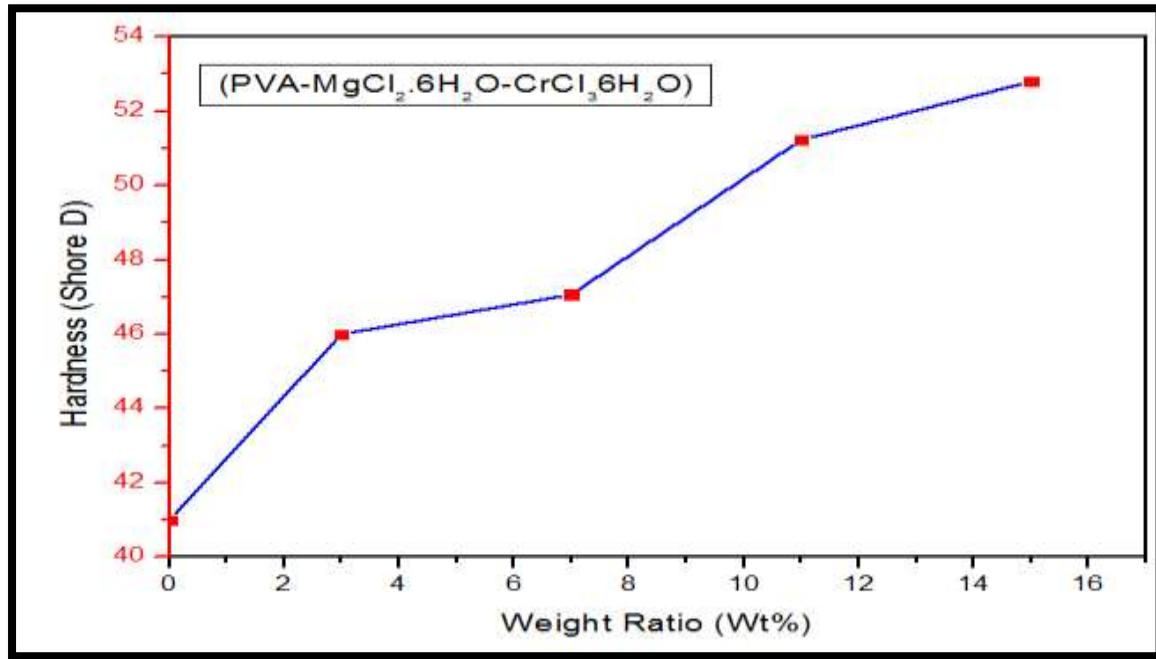
Mechanical Tests

(4-4) الفحوصات الميكانيكية

Hardness Test

(1-4-4) اختبار الصلادة

لقد أُتبع اختبار الصلادة نوع (Shore D) لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) بنسب وزنية مختلفة (3, 7, 11, 15 wt%)، وكما هو موضح بالشكل (9-4)، أذ نلاحظ من خلال الشكل أن قيمة الصلادة لغشاء بوليمر (PVA) النقي تزداد مع زيادة النسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين، ومن مفهوم الصلادة يمكن عدّها مقياساً للتشوه اللدن الذي يمكن أن تعاني فيه المادة تحت تأثير أجهاد خارجي وبذلك فإن إضافة مادة التدعيم الى المادة الاساس يزيد من صلادة المادة نتيجة لزيادة مقاومتها للتشوه اللدن [115]، وكذلك تغلغل مادة التدعيم الى داخل المادة الاساس والى داخل المسافات البينية والفراغات يؤدي الى زيادة مساحة التماس وبالتالي حصول ارتباط بين المادة الاساس ومادة التدعيم مما أدى الى تقوية المترابك ومن ثم زيادة الصلادة [116]. الجدول (5-4) يوضح قيم الصلادة لأغشية المترابكات كافة.



الشكل (9-4): الصلادة لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) كدالة للنسبة الوزنية لملحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).

الجدول (4-5): قيم الصلادة لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) مع النسبة الوزنية لملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

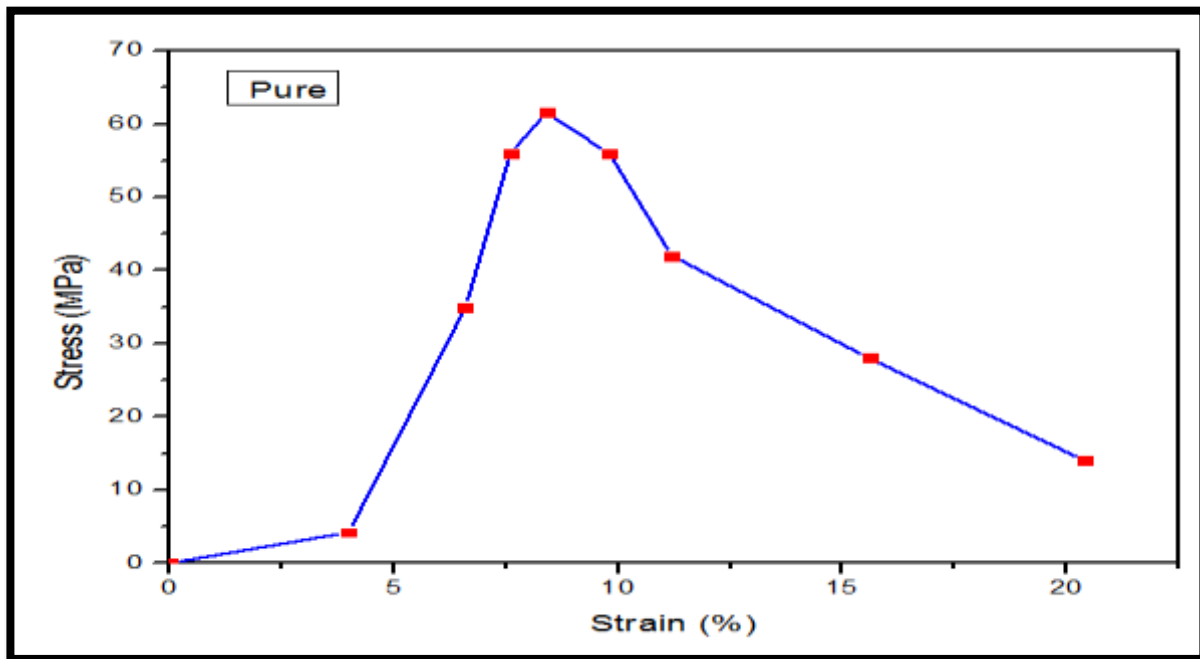
Weight Ratio (wt%) of Salts	(PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) Hardness
Pure (PVA)	41
3	46
7	47.07
11	51.23
15	52.80

## Tensile Test

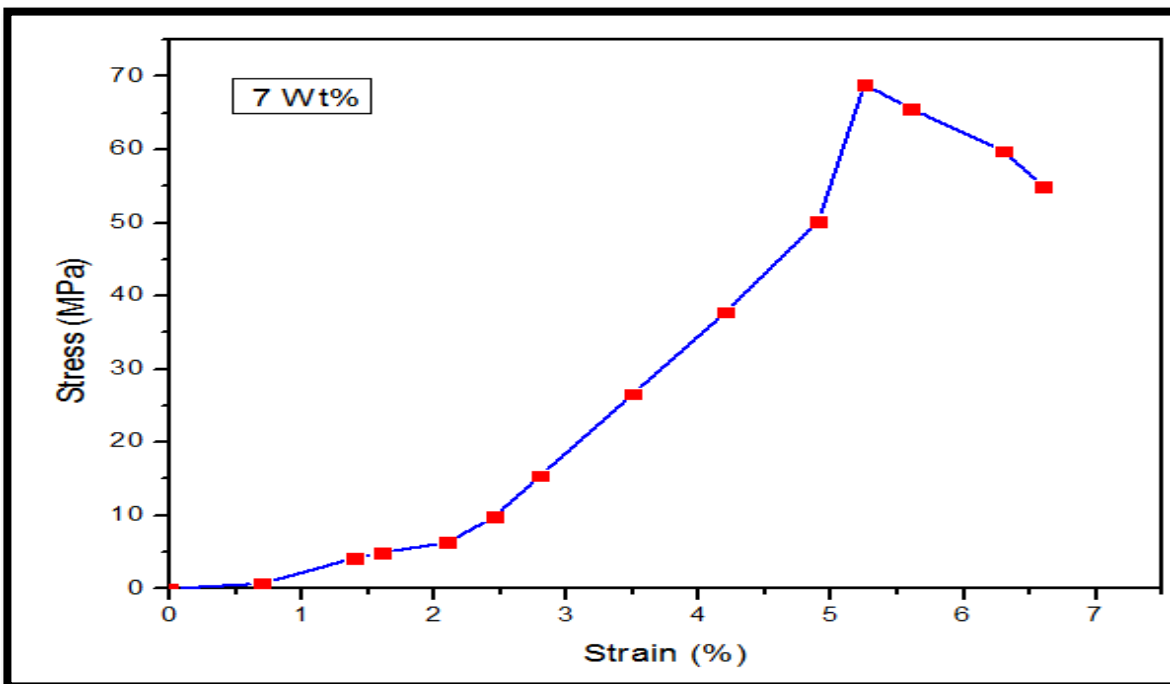
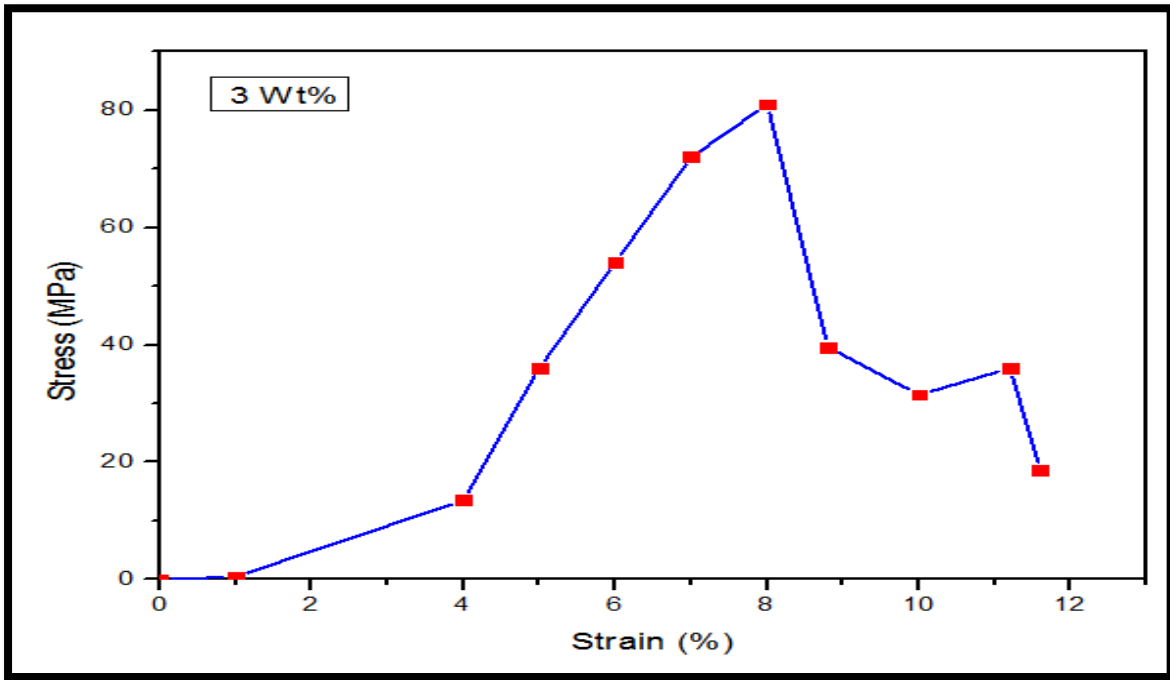
## (2-4-4) اختبار الشد

أجري اختبار الشد وتم الحصول على منحنيات (الاجهاد - الانفعال) لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية مختلفة (3, 7, 11, 15 wt%) يوضح الشكل (4-10) منحنى (الإجهاد - الانفعال) لغشاء بوليمر (PVA) النقي إذ نجد أنه يتكون من منطقة تشوه مرنة تتمثل بالعلاقة الخطية بين الإجهاد والانفعال ومن هذه المنطقة تم حساب معامل المرونة (معامل يونك) والذي يمثل ميل الخط المستقيم، وحساب منانة الشد القصوى والتي تمثل أعلى نقطة في المنحني، تعاني المادة البوليمرية ضمن حدود هذه المنطقة تشوهاً مرناً ناتجاً عن شد واستطالة للسلاسل البوليمرية من دون حصول تكسر في الأواصر، ينحرف بعدها هذا المنحني عن السلوك الخطي نتيجة تولد شقوق داخل المادة البوليمرية. تنمو هذه الشقوق وتتجمع مع زيادة الإجهاد مكونة شقوق أكبر حجماً وتستمر بالنمو مع الإجهاد المسلط حتى يحصل الكسر في العينة [117]. وفي حالات أخرى يبدأ الكسر عند السطوح الخارجية في مواقع التشوهات أو العيوب كالخدوش أو التلمات أو الشقوق الداخلية والتي تعمل كمناطق لتركيز الاجهادات والتي تؤدي إلى ارتفاع قيمة الإجهاد إلى حدود تتجاوز فيها قوة التآصر الداخلية وبالتالي يحدث الكسر. حيث إنه عند إضافة مواد التدعيم (ملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O)) إلى المادة الاساس (بوليمر (PVA)) النقي فإن منحنيات (الاجهاد - الانفعال) تتغير ونحصل على منحنيات ذات خصائص مختلفة اعتماداً على نوع مادة التدعيم المضافة ونسبتها الوزنية كما موضحة بالشكلين (4-11) و (4-12). الجدول (4-6) والشكلين (4-11) و (4-11) يوضحان قيم و سلوك

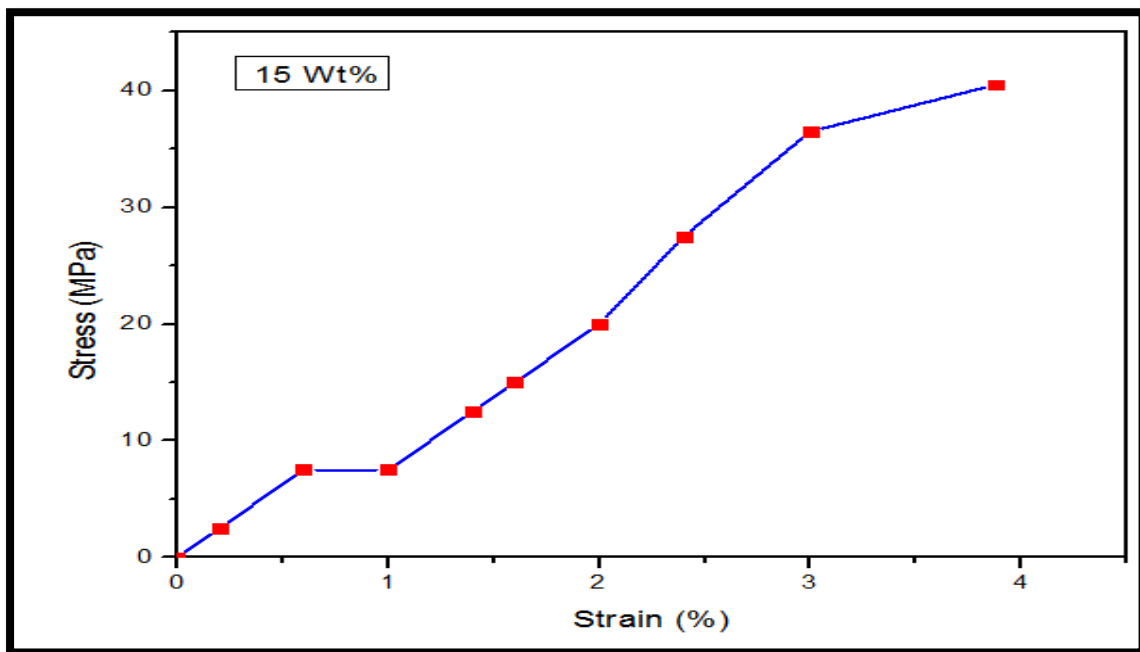
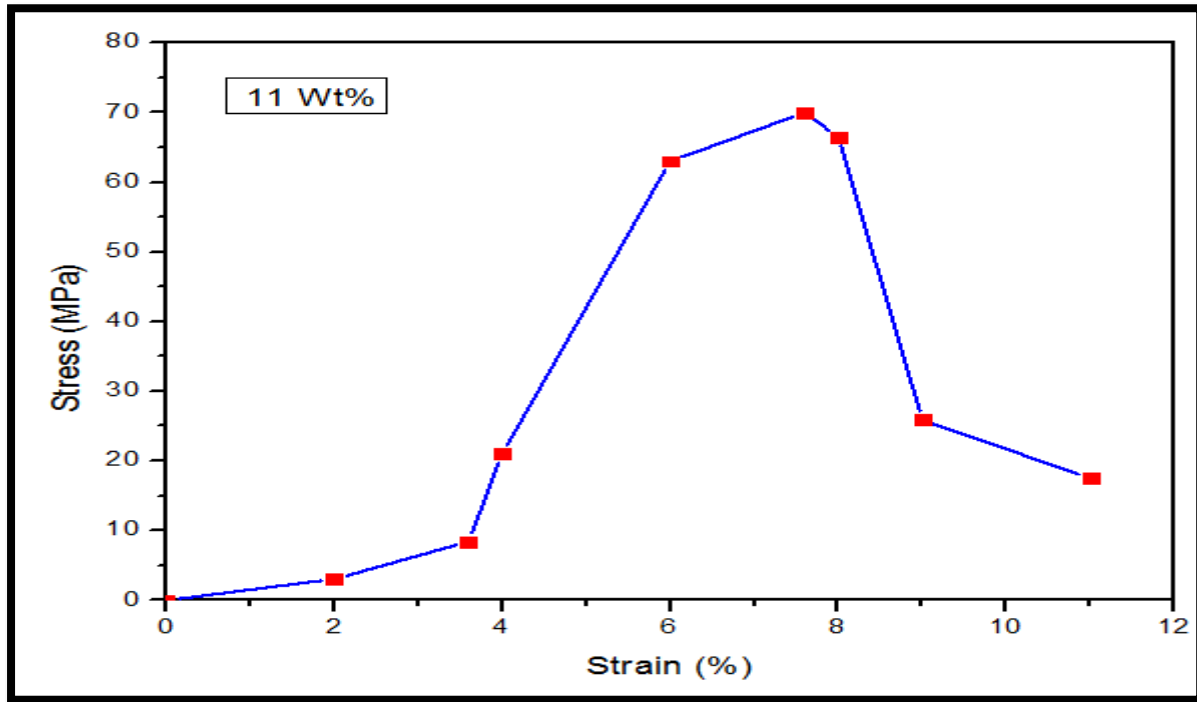
معامل يونك ( $Y_m$ ) ومتانة الشد القصوى (U.T.S) على التوالي لأغشية المترابكات كافة والتي حددت من منحنيات (الاجهاد - الانفعال)، إذ نلاحظ من خلال الجدول أن قيمة معامل يونك لغشاء بوليمر (PVA) النقي تكون (1780 MPa)، وقيمة متانة الشد القصوى لغشاء بوليمر (PVA) النقي تكون (62.3 MPa)، ولكن بعد التدعيم بملحي ( $CrCl_3.6H_2O$ ,  $MgCl_2.6H_2O$ ) فإنّ هذه القيمتان ستتغير. حيث نلاحظ زيادة قيمة كلا من معامل يونك ومتانة الشد القصوى مع زيادة النسبة الوزنية لملحي ( $CrCl_3.6H_2O$ ,  $MgCl_2.6H_2O$ ) المضافين لتبلغ اعلى قيمة لمعامل يونك وهي (2130 MPa) عند النسبة الوزنية (7wt%) من التدعيم، وأعلى قيمة لمتانة الشد القصوى وهي (82 MPa) عند النسبة الوزنية (3wt%) من التدعيم، وبعدها تبدأ قيمة كلا من معامل يونك ومتانة الشد القصوى بالنقصان مع زيادة النسبة الوزنية لملحي ( $CrCl_3.6H_2O$ ,  $MgCl_2.6H_2O$ ) المضافين. أن النقصان في قيم خصائص الشد المتمثلة بمعامل يونك ومتانة الشد القصوى عند النسبة الوزنية (15wt%) من التدعيم بالمقارنة مع غشاء بوليمر (PVA) النقي يعود الى ضعف التفاعل بين الجزيئات وقلة الالتصاق البيني بين مكونات المترابك مما يؤدي الى التقليل من خصائص الشد وهشاشة المترابك [47].



الشكل (10-4): منحنى (الاجهاد - الانفعال) لغشاء بوليمر (PVA) النقي.



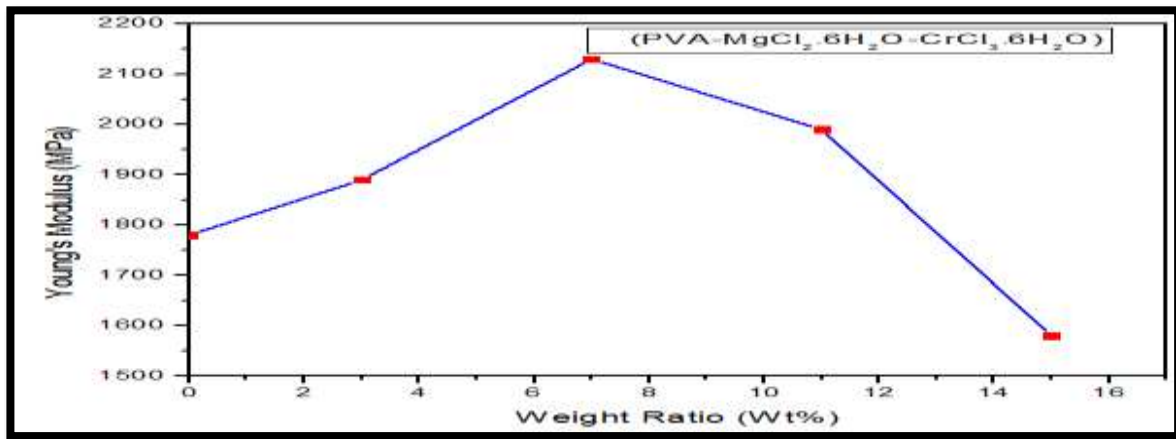
الشكل (11-4): منحنى (الاجهاد - الانفعال) لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية (3,7) wt% من ملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).



الشكل (12-4): منحنى (الاجهاد - الانفعال) لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية (11,15) wt% من ملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

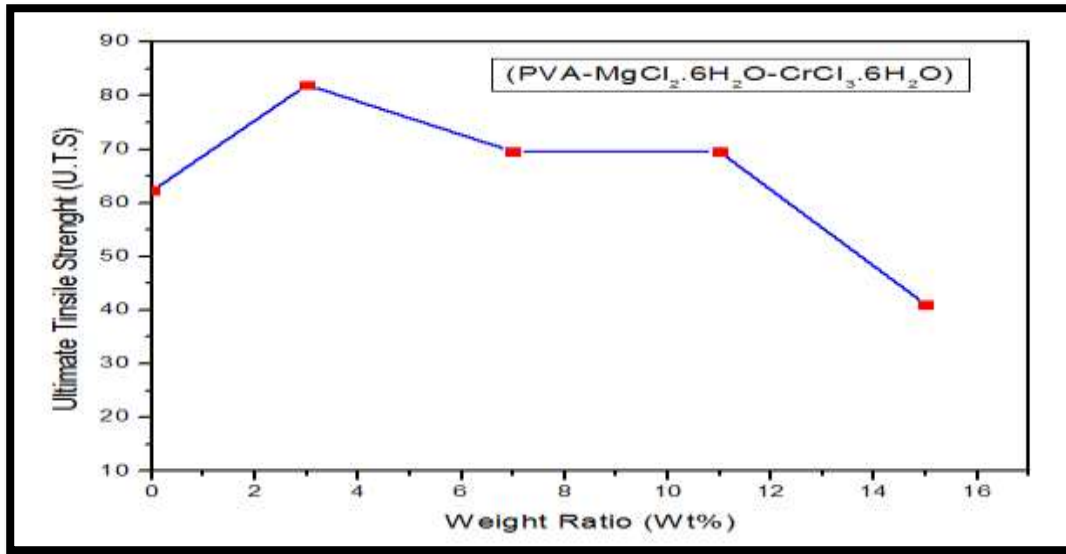
الجدول (6-4): قيم معامل يونك ومتانة الشد القصوى لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) مع النسبة الوزنية لملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

Weight Ratio (wt%) of Salts	(PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) Young's Modulus (Y <sub>m</sub> ) (MPa)	Ultimate Tensile Strength (U.T.S) (MPa)
Pure (PVA)	1780	62.3
3	1890	82
7	2130	69.6
11	1990	69.5
15	1580	41.1



الشكل (4-13): معامل يونك لأغشية المترابك

كدالة للنسبة الوزنية لملي (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).



الشكل (4-14): متانة الشد القصوى لأغشية المترابك

كدالة للنسبة الوزنية لملي (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O)

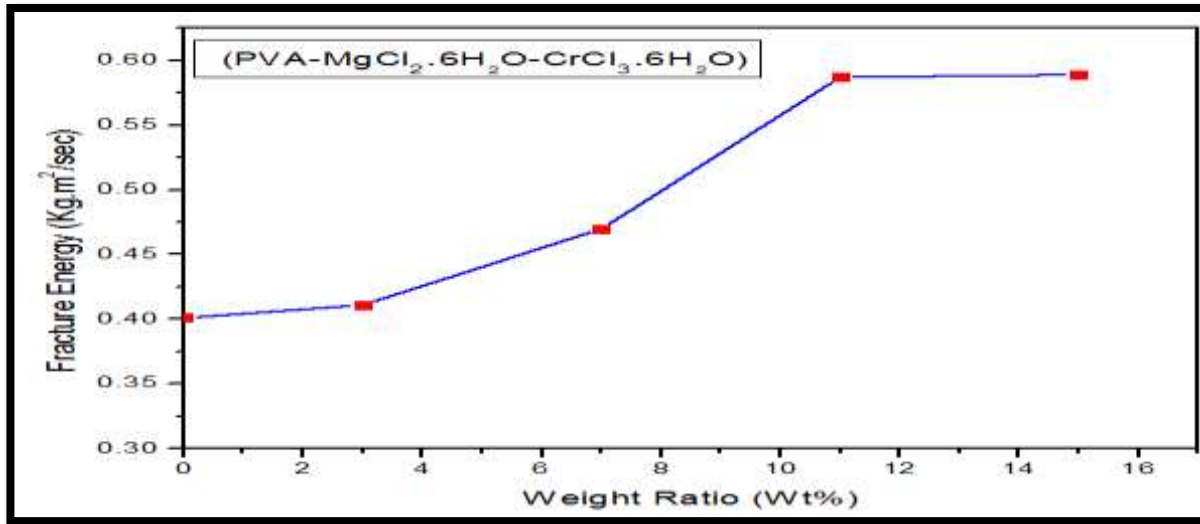
.(CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O)

### Impact Test

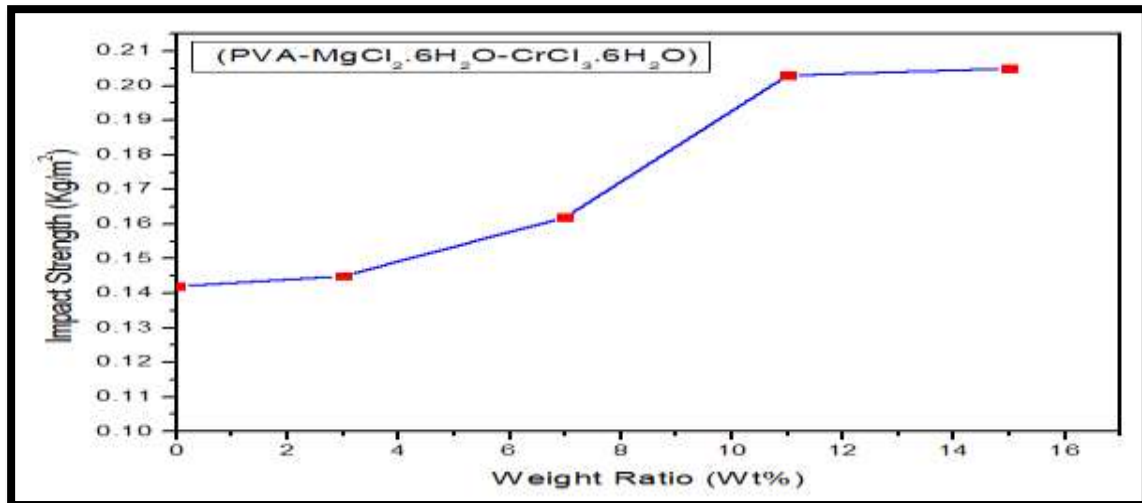
### (3-4-4) اختبار الصدمة

تم حساب طاقة الكسر (Fracture Energy) ومقاومة الصدمة (Impact Strength) لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية مختلفة 3, (7, 11, 15 wt%) باستخدام طريقة (الاجسام الساقطة) و بالاعتماد على العلاقة (2-20)، وكما هو موضح بالشكل (4-15) و(4-16)، أذ نلاحظ من خلال الشكلين أن قيمة طاقة الكسر لغشاء بوليمر (PVA) النقي تكون (0.401 Kg.m<sup>2</sup>/sec) وقيمة مقاومة الصدمة لغشاء بوليمر (PVA) النقي تكون (0.142 Kg/m<sup>2</sup>) وعند التدعيم بملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) تتغير قيمة كلا من طاقة الكسر ومقاومة الصدمة، أذ تزدادان مع زيادة النسبة الوزنية لملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) المضافين، و بمعنى اخر فانه يلاحظ من الشكلين أن الطاقة الممتصة اللازمة للكسر والمقاومة للصدمة تزدادان بزيادة الكسر الوزني بعلاقة خطية، إذ إنَّ ملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) يعملان على أعاقه نمو الشق و هذا سوف يؤدي الى تغيير الشقّ و اتجاهه. ان هذا التغيير في شكل الشق أدى الى زيادة المساحة السطحية للكسر و الطاقة المصروفة و هذه كلها ادت الى زيادة مقاومة المادة. أي إن اضافة ملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) الى بوليمر (PVA) النقي أدى الى تحسن الخصائص الميكانيكية. و كذلك يعود السبب في زيادة طاقة الكسر ومقاومة الصدمة مع زيادة

النسبة الوزنية لملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) المضافين إلى إن جزءا كبيرا من طاقة الصدمة المسلطة على العينة يتم إختزالها من قبل ملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) مما يزيد من مقاومة المادة [118,119]. الجدول (7-4) يوضح قيم طاقة الكسر ومقاومة الصدمة لأغشية المترابكات كافة.



الشكل (15-4): طاقة الكسر لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) كدالة للنسبة الوزنية لملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).



الشكل (16-4): مقاومة الصدمة لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) كدالة للنسبة الوزنية لملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).



الجدول (4-7): قيم طاقة الكسر و مقاومة الصدمة لأغشية المترابك  
(PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) مع النسبة الوزنية لمليحي  
(CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

Weight Ratio (wt%) of Salts	(PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) Fracture Energy (Kg. m <sup>2</sup> /sec)	(PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) Impact Strength (Kg/m <sup>2</sup> )
Pure (PVA)	0.401	0.142
3	0.411	0.145
7	0.470	0.162
11	0.587	0.203
15	0.589	0.205

#### Electrical (Dielectrical) Tests

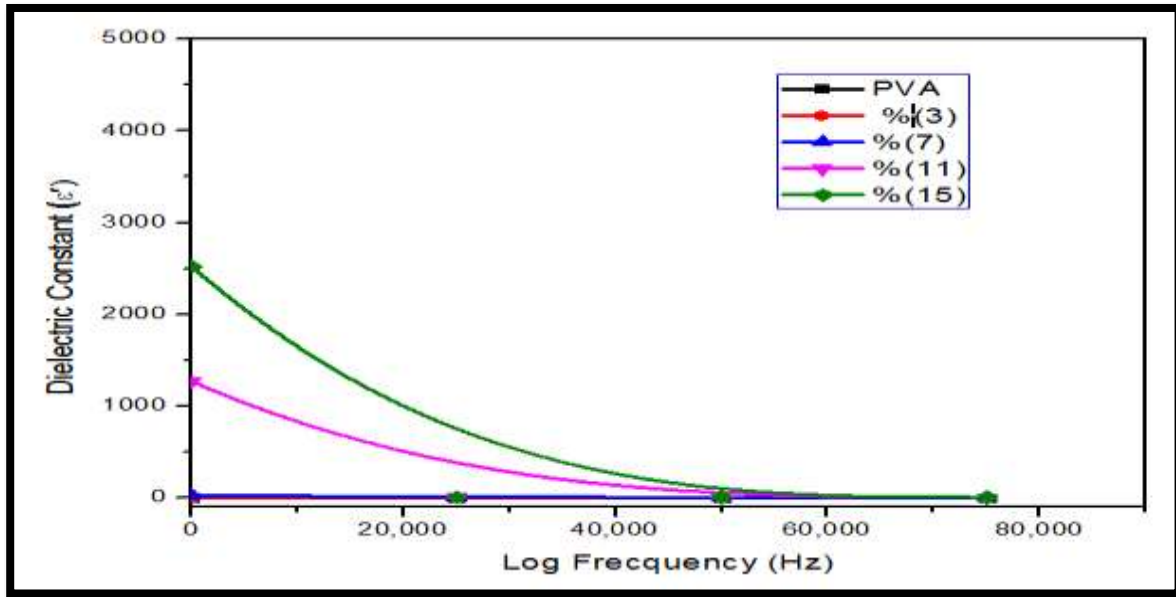
#### (5-4) الفحوصات الكهربائية (العزلية)

#### Dielectric Constant Test

#### (1-5-4) فحص ثابت العزل الكهربائي

تم حساب ثابت العزل الكهربائي لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بمليحي ((3, 7, 11, 15) wt%) بنسب وزنية مختلفة (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) عند درجة حرارة الغرفة وضمن مدى التردد (50Hz-5MHz) وبالأعتماد على العلاقة (2-23)، ويتضح من خلال الشكل (4-17) ان ثابت العزل الكهربائي يقل مع زيادة التردد ولاغشية المترابكات كافة، كما نلاحظ انه عند الترددات الواطئه قد امتلكت اغشية المترابكات جميعها قيم عالية لثابت العزل الكهربائي وعند زيادة التردد يحصل نقصان في قيم ثابت العزل الكهربائي، ويمكن تفسير ذلك على انه في منطقة الترددات الواطئه تكون الفترة الزمنية كافية لثنائيات الاقطاب أن ترتب الجزيئات وترصفهم باتجاه التيار الكهربائي الذي يسري بين القطبين و أما عند الترددات العالية فأن الفترة الزمنية تكون قصيرة واقل من الفترة الزمنية التي تحتاجها الجزيئات لكي تستطيع ان ترتب نفسها مع اتجاه المجال الكهربائي الخارجي [120] ، وبصورة عامة أن القيم العالية لثابت العزل الكهربائي عند الترددات الواطئه يرجع سببها الى اختلاف اطوار مادة الاساس ومواد التدعيم التي ينتج عنها الاستقطاب البيئي، فضلا عن قطبية الأقطاب إذ ان الاستقطاب الناتج من الاقطاب الكهربائية له علاقة وثيقة في تكوين شحنة العينة الموجودة بين القطبين

وهذا يعتمد على تركيب العينة والمسافات والشوائب الموجودة ضمن العينة. ونلاحظ ايضا من خلال الشكل ان ثابت العزل الكهربائي عند نفس التردد يزداد بزيادة النسبة الوزنية لمليحي (  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  )، وبصورة عامة فان هذه الزيادة في قيمة ثابت العزل الكهربائي تعزى الى زيادة الاستقطابية [121].



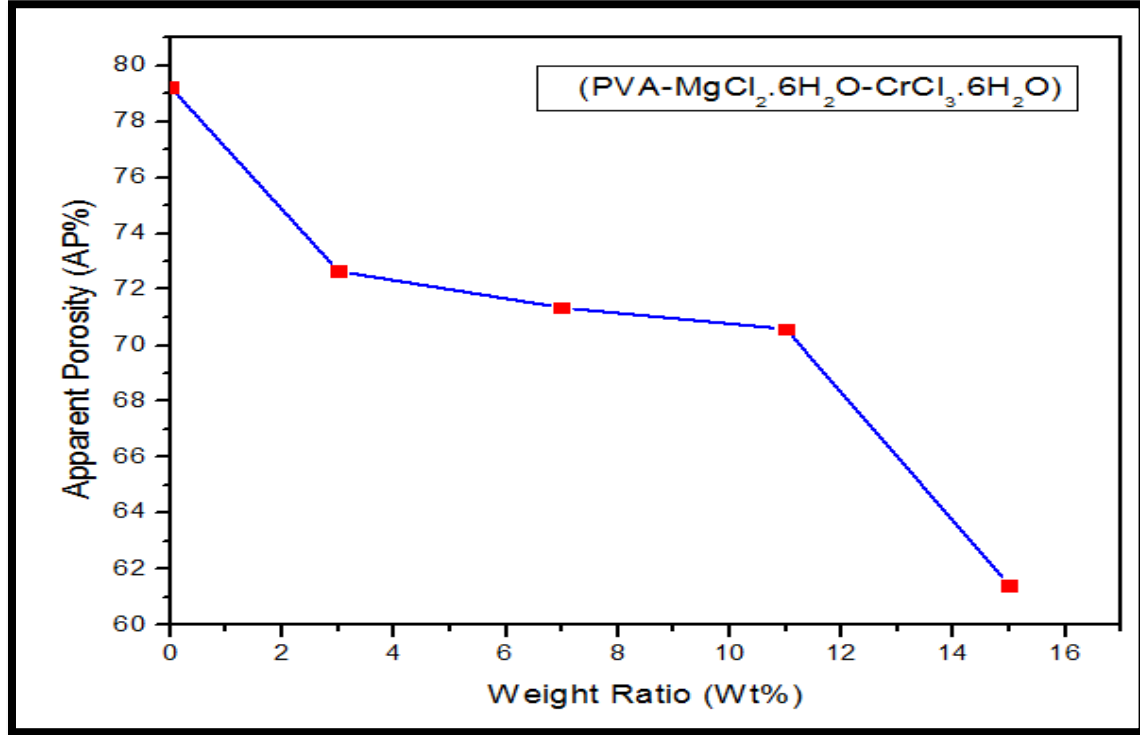
الشكل (4-17): ثابت العزل الكهربائي كدالة للتردد لغشاء بوليمر (PVA) النقي والمدعم بنسب وزنية (3, 7, 11, 15) wt% من مليحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).

#### Apparent Porosity Test

#### (6-4) فحص المسامية الظاهرية

المسامية الظاهرية تعتمد على عاملين مهمين، وهما درجة حرارة التشكيل وتكوين المسامية (المسامات المفتوحة) والفجوات داخل الاغشية بسبب إطلاق الغازات ويكون تأثير هذه العوامل معكوساً. الشكل (4-18) يظهر سلوك المسامية الظاهرية لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بمليحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) بنسب وزنية مختلفة (3, 7, 11, 15) wt%، أذ نلاحظ من خلال الشكل تناقص قيمة المسامية الظاهرية لغشاء بوليمر (PVA) النقي مع زيادة النسبة الوزنية لمليحي ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) المضافين، ويرجع سبب ذلك إلى التقارب وتحبيب حجم الجسيمات

معًا وإغلاق المسامية، وبالتالي انخفاض قيمة المسامية الظاهرية لهذه الأغشية [122]. الجدول (4-8) يوضح قيم المسامية الظاهرية لأغشية المترابكات كافة.



الشكل (4-18): المسامية الظاهرية لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) كدالة للنسبة الوزنية لملي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

تتأثر المسامية أيضًا بغياب التشكيل الذي ينتج أكاسيد متطايرة وهو سبب مهم آخر لإنشاء تلك المسام. وتتأثر المسامية أيضًا بالمواد الأولية المستخدمة في التحضير، حيث تتأثر بحجم وتوزيع حجم الجسيمات [123]، وكلما زاد حجم الجسيمات كلما كانت عملية التشكيل أسرع. وكذلك تتأثر المسامية بالضغط أثناء عملية أخذ العينات.

الجدول (8-4): قيم المسامية الظاهرية لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) مع النسبة الوزنية لملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

Weight Ratio (wt%) of Salts	(PVA-MgCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O-CrCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O) Apparent Porosity (AP%)
Pure (PVA)	79.22
3	72.65
7	71.35
11	70.58
15	61.43

## Conclusions

## (7-4) الاستنتاجات

بعد إجراء الدراسة حول التدعيم بملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O , MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O)، وتأثيرها على الخصائص البصرية والحرارية و الميكانيكية والكهربائية والفيزيائية لبوليمر (PVA) النقي، تم التوصل الى أهم الاستنتاجات الخاصة بهذه الدراسة وهي:

### 1-الفحوصات البصرية:

قيمة فجوة الطاقة للانتقال الالكتروني غير المباشر المسموح لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) قلت مع زيادة النسبة الوزنية لملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) المضافين، لذلك فإن الأغشية المحضرة يمكن أن تكون بمثابة فلتر ممتاز للأشعة فوق البنفسجية.

2- الفحوصات الحرارية:

أن معامل التوصيل الحراري لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) يبدأ بالزيادة بشكل غير منتظم مع زيادة النسبة الوزنية لمليحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) المضافين، وأن أغشية المترابكات كافة تمتلك معامل توصيل حراري صغير جداً لذلك فإن الأغشية المحضرة يمكن أن تكون بمثابة درع عازل للحرارة.

● أظهر الفحص بجهاز المسعر الحراري التفاضلي (DSC) لأغشية بوليمر (PVA) النقي والمدعمة بمليحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية مختلفة بأن:

- درجة الانتقال الزجاجي لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) تسلك سلوك منتظم مع زيادة النسبة الوزنية لمليحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) المضافين بالمقارنة مع غشاء بوليمر (PVA) النقي.
- درجة الانصهار البلورية لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) أبدت سلوكاً غير منتظم مع زيادة النسبة الوزنية لمليحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) المضافين بالمقارنة مع غشاء بوليمر (PVA) النقي.

3- الفحوصات الميكانيكية:

- أن قيمة الصلادة لغشاء بوليمر (PVA) النقي تزداد مع زيادة النسبة الوزنية لمليحي CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, (MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) المضافين.
- أظهرت نتائج اختبار الشد لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O)، زيادة ثم نقصان قيمة كلا من معامل يونك ومتانة الشد القصوى مع زيادة النسبة الوزنية لمليحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) المضافين.
- بين اختبار الصدمة ان قيمة طاقة الكسر ومقاومة الصدمة لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) تزدادان مع زيادة النسبة الوزنية لمليحي CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, (MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) المضافين.

4- الفحوصات الكهربائية (العزلية):

إن ثابت العزل الكهربائي لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) يقل مع زيادة التردد و يزداد بزيادة النسبة الوزنية لملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) المضافين عند التردد نفسه، ولهذا يمكن ان تستخدم هذه الاغشية المحضرة في صناعة البطاريات الكهربائية.

5- فحص المسامية الظاهرية:

أظهر فحص المسامية الظاهرية لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) تناقص قيمة المسامية الظاهرية مع زيادة النسبة الوزنية لملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) المضافين.

Future Recommendations

(8-4) المشاريع المستقبلية

دراسة تأثير أختلاف الوزن الجزيئي لبوليمر (PVA) على الخصائص الفيزيائية لأغشية المترابك (PVA-Mg Cl<sub>2</sub> .6 H<sub>2</sub> O-Cr Cl<sub>3</sub> .6 H<sub>2</sub> O) بنسب وزنية مختلفة من ملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

1- دراسة الخصائص التركيبية لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) بنسب وزنية مختلفة من ملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

2- دراسة بعض الخصائص الحرارية الاخرى و المتمثلة بـ (درجة التبلور (T<sub>c</sub>) و التحليل الحراري الوزني (TGA)) لأغشية المترابك (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O)، بنسب وزنية مختلفة من ملحي (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).



# المصادر



- 
- [1]- W. J. Work, K. Horie and R. F. T. Stepto, "**Polymer Blends Definitions**", International Union of Pure and Applied Chemistry, Koba, (2004).
- [2]- D. B. Marghitu, "**Mechanical Engineering Hand Book**", Academic Press, Auburn, (2001).
- [3]- S. L. Kakani and A. Kakani, "**Material Science**", New Age International LTD Publishers, New Delhi, (2004).
- [4]- W. D. Callister and D. G. Rethwisch, "**Materials science and Engineering an Introduction**", John wiley and sons, Inc., New York, (2014).
- [5]- R. F. Gibson, "**Principles of Composites Material Mechanics**", McGraw Hill, Inc., New York, (1994).
- [6] – B. S. Mitchell, "**An Introduction to Materials Engineering and Science for Chemical and Materials Engineering**", 1th Edition, John wiley and sons, Inc., Hoboken, New jersey, (2004).
- [7]- G. Piatti, "**Advances in Composite Materials**", Applied Science Publishers LTD, London, (1978).
- [8]- M. M. Schwartz, "**Composite Materials Hand Book**", McGraw Hill Company, New York, (1984).
- [9]- J. W. Weeton, M. P. Dean and L.T. Karyn, "**Engineering's Guide to Composite Material**", Published by American Society for Metals, U.S.A., (1987).
- [10]- S. M. Lee, "**International Encyclopedia of Composite**", VCH Publishers, Inc., New York, (1990).



- [11]- D. Hull, "**An Introduction to Composite Materials**", Cambridge University Press, First Published, New York, (1981).
- [12]- P. Ghosh, "**Polymer Science and Technology of Plastics and Rubbers**", Tata McGraw -Hill, New Delhi, (1990).
- [13]- J. P. Mercier, G. Zambelli and W. Kurz, "**Introduction to Materials Science**", University of Tennessee, Dept. of Materials Science and Engineering, Elsevier, (2002).
- [14]- G. A. Al.Adam and H. A. K. Al-kita'a, "**Technology and Polymer Chemistry**", University of Basra, College of Science, (1983).
- [15]- عدنان رعد أحمد السامرائي، "دراسة الخواص الفيزيائية لراتنج البولي استر الغير مشبع المقوى بمواد طبيعية كبدائل صناعية"، رسالة ماجستير، علوم الفيزياء، جامعة تكريت، (2004).
- [16]- H. S. Kaufman and J. J. Falchetta, "**Introduction of Polymer Science and Technology**", John Wiley and Sons, Inc., New York, (1997).
- [17]- وسن جبار مناتي، "دراسة السلوك الدقائقي لمادة متراكبة بوليميرية دقائقية"، رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية، (2005).
- [18]- A. A. Mohammed, "**Plastics Chemistry**"، Library Printing and Publishing, University of Mosul. (1993).
- [19]- A. Tager , "**Physical Chemistry of Polymers**", MIR Pubishers, Moscow, (1972).
- [20]- M. Roohani, Y. Habib, N. M. Belgacem, G. Ebrahim, A. N. Karimi and A. Dufresne, "**Cellulose Whiskers Reinforced Polyvinyl Alcohol Copolymers Nanocomposites**", European Polymer Journal, Vol.44, pp. 2489-2498, (2008).

- [21]- C. C. Demerlis and D. R. Schoneker, "**Review of the Oral Toxicity of Polyvinyl Alcohol (PVA)**", Food and Chemical Toxicology, Vol.41, pp. 319-326, (2003).
- [22]- W. Zhang, X. Yang, C. Li, M. Liang, C. Lu and Y. Deng, "**Mechanochemical Activation of Cellulose and its Thermoplastic Polyvinyl Alcohol Ecomposites with Enhanced Physicochemical Properties**", Carbohydrate Polymers, Vol.83, pp. 257-263, (2011).
- [23]- R. J. Crawford, "**Plastic Engineering**", 2<sup>nd</sup> ed., Pergamon Press, U.K, (1987).
- [24]- R. P. Sheldon, "**Composite Polymeric Material**" School of Materials Science Publishing, London, (1982).
- [25]- L. J. Broutman and R. H. Krock, "**Modern Composite Material**", Eddison Wisely, London, (1967).
- [26]- R. J. Crawford, "**Plastic Engineering**", 2<sup>nd</sup> ed., Pergamon Press, U.K, (1987).
- [27]- D. Guo, "**Effect of Electron Beam Radiation Processing on Mechanical and Thermal Properties of Fully Biodegradable Crops Straw/Poly (vinyl alcohol) Biocomposites**", Radiation Physics and Chemistry, Vol.130, pp. 202-207, (2017).
- [28]- S. B. Aziz, O. G. Abdullah, A. M. Hussein, R. T. Abdulwahid, M. A. Rasheed, H. M. Ahmed, S. W. Abdalqadir and A. R. Mohammed, "**Optical Properties of Pure and doped PVA: PEO Based Solid Polymer Blend Electrolytes: Two Methods for Band Gap Study**", Vol.28, pp. 7473-7479, (2017).

- [29]- A. D. Jayatilaka, "**Fracture of Engineering Brittle Materials**", Applied Science, London, (1979).
- [30]- L. Holliday, "**Composite Material**", Elsevier Publishing, London, (1966).
- [31]- J. A. Manson, "**Polymer Blends and Composite**", Leaslie H. Speling, New York, (1978).
- [32]- L. J. Broutman and R. H. Krock, "**Composite Materials**", Vol.5, Academic Press, Inc., London, (1970).
- [33]- Holleman, A. F. Wiberg, E. **Inorganic Chemistry Academic Press: San Diego, 2001.**
- [34]- Sienko and Plane, Chemical Principles and Properties (McGraw -Hill 1974).
- [35]- K. K. Chawla, "**Composite Materials: Science and Technology**", Springer, New York, (2012).
- [36]- N. K. Alian, "**Study of the Environmental Conditions Effect on High Density Polyethylene Composites Reinforced with Carbon Black**", M.Sc. Thesis, University of Babylon, (2004).
- [37]- S. C. Sharma, "**Composite Materials**", Narosa Publishing House, India, (2000).
- [38] -A. H. Alwash, "**Studing of the Optical Porperties of Polyvinyl Alcohol Films Using Aluminum Sulphate as Additive by Measuring Allowed Direct Transition Energy Gap**", Bagdad Science Journal, Vol. 7, No. 4, pp. 103-109, (2010).

- [39]- O. G. Abdullah and S. A. Hussien," **Variation of Optical Band Gap Width of PVA films Doped with Aluminum Iodide**", 2010 International Conference on Manufacturing Science and Technology (ICMST 2010).
- [40]- O. G. Abdullah, S. A. Hussien, "**Evolution of the Optical Properties of PVA Films Filled with Sodium Iodide**", Tikrit Journal of Pure Science, Vol. 16, No.4, pp. 195-200, (2011).
- [41]- B. H. Rabee, M. A. Habeeb, A. Hashim and R. Mizher, "**Preparation of (PVA-AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) Composites and Study Optical Properties**", American Journal of Scientific Research, No. 71, pp. 5-8, (2012).
- [42]- O. G. Abdullah, B. K. Aziz and D. M. Salh, "**Structural and Optical Properties of PVA: Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Polymer Electrolytes Films**", Indian Journal of Applied Research, Vol. 3, No.11, pp. 477-480, (2013).
- [43]- Z. Raheem, "**Energy Gap of PVA Complexed with NaI and NaCl Salts**", International Journal of Application, Vol.2, pp. 65-66, (2013).
- [44]- F. A. Mustafa, "**Optical Properties of NaI Doped Polyvinyl Alcohol Films**", Int. Phys. Sci. Research, Vol.1, No.1, pp.1-9, (2013).
- [45]- W. Li, Q. Wu, X. Zhao, Z. Huang, J. Cao, J. Li and S. Liu, "**Enhanced Thermal and Mechanical Properties of PVA Composites Formed with Filamentous Nanocellulose Fibrils**", Carbohydrate Polymers, Vol.113, pp. 403-410, (2014).
- [46]- H. N. Chandrakala, Shivakumaraiah, H. Somashekarappa, R. Somashekar, S. Chinmayee and Siddaramaiah, "**Poly (Vinyl Alcohol)/Zincoxede-Ceriumoxede Nanocomposites: Electrical, Optical, Structural and**

- Morphological Characteristics**", Journal of Advances in Chemical Science, Vol. 2, pp.103-106, (2014).
- [47] Y. Luo, X. Jiang, W. Zhang and X. Li, "**Effect of Aluminium Nitrate Hydrate on the Crystalline, Thermal and Mechanical Properties of Polyvinyl Alcohol Film**", Polymers & Polymer Composites, Vol. 23, No. 8, pp. 555-562, (2015).
- [48]- A. Mohammed, "**Structural and Optical Properties for PVA-PEG-MnCl<sub>2</sub> Composites**", Iraqi Journal of Physics, Vol. 15, No. 32, pp. 99-113, (2017).
- [49] J. Puyou, Z. Meng, H. Lihong and Z. Yong-hong, "**The Plasticizing Mechanism and Effect of Aluminium Chloride and Alycerin on Polyvinyl Alcohol Films**", Iran J. Chem. Eng., Vol. 35, No. 2, pp. 129-135, (2016).
- [50]- S. A. Salman, A. A. Kamil and M. A. R. Iesa, "**Preparation and Study of some Optical Properties of (PVA-FeCl<sub>3</sub>) Composites Films**" Vol. 6, No.4, pp. 1270-1280, (2016).
- [51]- S. B. Aziz, O. G. Abdullah, A. M. Hussein, R. T. Abdulwahid, M. A. Rasheed, H. M. Ahmed, S. W. Abdalqadir and A. R. Mohammed, "**Optical Properties of Pure and doped PVA: PEO Based Solid Polymer Blend Electrolytes: Two Methods for Band Gap Study**", Vol.28, pp. 7473-7479, (2017).
- [52]- Du, W., Jiang, L., Shi, M., Yang, Z., & Zhang, X. **The modification mechanism and the effect of magnesium chloride on poly (vinyl alcohol) films**. RSC advances, 9(3), 1602-1612, (2019).

- [53]- Nazzal, Zainab F., Samah M. Hussien, and Ali J. Mohammed. "**Thermal and Electrical Properties of (PVA\_CuCl) Composite.**", (2018).
- [54]- Ibrahim, Sara Ammar, Mahasin F. Hadi Al-Kadhemy, and Jehan Abdul Satter Salman. "**Optical Properties of PolyVinyl Alcohol with Phenol Red Dye Films.**" Journal of College of Education 1.1, (2019).
- [55]- Sweah, Z. J., hameed Malik, F., & Karem, A. A. "**Electrical Properties of Preparing Biodegradable Polymer Blends of PVA/Starch Doping with Rhodamine-B**". Baghdad Science Journal, 18(1), 0097-0097, (2021).
- [56]- Bulinski, Mircea. "**Metal Doped PVA Films for Opto-Electronics- Optical and Electronic Properties, an Overview.**" Molecules 26.10: 2886, (2021).
- [57] - صبحي سعيد الراوي، شاکر جابر شاکر، يوسف مولود حسن، "فيزياء الحالة الصلبة"، مطبعة جامعة الموصل، (1990).
- [58]- R. A. Smith, "**Semiconductors**", 2<sup>nd</sup> . ed. Cambridge University Press, Cambridge, (1978).
- [59]- يحيى نوري الجمال, "فيزياء الحالة الصلبة", مطبعة جامعة الموصل، (1990).
- [60] - S. O. Kasap, "**Principles of Electronic Materials and Devices**", 2<sup>nd</sup>, McGraw- Hil 1, New York, (2002).
- [61]- I. H. Khdayer, "**Fabrication and Studing the Photoconducting Characteristics of in Sb Junction with Silicon as A Single Crystal semiconductor**", Ph. D Thesis, Baghdad University, (2005).
- [62]- C. M. wolfe, N. Holouyak and G. B. Stillman, "**Physical Properties of Semiconductor**", prentice Hall, New York, (1989).

- [63]- G. S. Y. Kumar, H. S. B. Naik, A. S. Roy, K. N. Harish and R. Viswanath, **"Synthesis Optical and Electrical Properties of ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanocomposites"**, Nanomater Nanotechnol, Vol.2, pp. 192-199, (2012).
- [64]- J. I. Pankove, **"Optical Processes Semiconductors"**, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, (1971).
- [65]- N. F. Mott, E. A. Davis, **"Electronic Processes in Non-Crystalline Materials"**, 2<sup>nd</sup> edition, Clarendon Press, (1979).
- [66] مؤيد جبرائيل يوسف، "فيزياء الحالة الصلبة"، مطبعة جامعة بغداد، الجزء الثاني، (1989).
- [67] -مارتن أ. كرين "الخلايا الشمسية"، ترجمة د. يوسف مولود مطبعة جامعة الموصل (1989).
- [68]- S. Shanthi, C. Subramanian and P. Ramasmy, **"Investigation on the Optical Properties Undoped Fluorine Doped and Antimony Doped tin Oxide Films"**, Cryst. Res. Technol. Vol. 34, pp. 1037- 1046, (1999).
- [69]- C. A. Hogarth and M. Y. Nadeem, **"The Optical Absorption Edge in State Amorphous Thin Films of Germania and of Germania with Barium Oxide"**, Physics State Solid, Vol.68, pp. 181-184, (1981).
- [70]- S. M. Sze, **"Semiconductors Devices"**, John Wiley and Sons, Ins, (2002).
- [71] -زياد طارق خضير، "دراسة الخواص البصرية وبعض الخواص الكهربائية لأغشية أكسيد الكاديوم المطعم بأوكسيد الفضة والمحضرة بطريقة الترسيب الكيميائي الحراري"، رسالة ماجستير، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، (2003).
- [72]- X. Zhang, S. Ma, F. Li. F. Yang, J. Liu and Q. Zhao, **"Effects of Substrate Temperature on the Growth Orientation and Optical**

- Properties of ZnO:Fe Films Synthesized Via Magnetron Sputtering"**, Journal of Alloys and Compounds, Vol.574, pp. 149-154, (2013).
- [73]- George and C. K. V. kumari, "**Transparent Conductive Films of Thin Oxide Preparation and Properties**", Solid State Communication, Vol.46, pp. 541-546, (1983).
- [74]- A. Al-khodary, "**Vibrational, Thermal, Optical, and Magnetic investigations of PVA Films Filled with FeCl<sub>3</sub> and CoCl<sub>2</sub>**", Physica B 404, pp. 1287-1294, (2009).
- [75]- M. A. Omer, "**Elementary Solid State Physics**", Addiso-We Sly Publishing, (1975).
- [76]- K. L. Chopra, "**Thin Film Phenomena**", McGraw-Hill, New York, (1969).
- [77]- F. J. Giessibl, "**Advances in Atomic Force Microscopy**", Reviews of Modern Physics, Vol.75, pp. 949-983, (2003).
- [78]- B. R. Rao, V. R. Raju and K. R. Mohana, "**Effect of Fibre Shape on Transverse Thermal Conductivity of Unidirectional Composites**", Springer India, Vol.40, pp. 503-513, (2015).
- [79]- Z. Han and A. Fina, "**Thermal Conductivity of Carbon Nanotubes and Their Polymer Nanocomposites**", Progress in Polymer Science, Vol. 36, No7. pp. 914-944, (2011).



- [80]- S. A. Salman, N. A. Bakr and M. R. Jwameer, "**Synthesis and Study of Some Optical and Thermal Propertise of (PVA - CuCl) Films**", Research Journal of Chemical Sciences, Vol.5, No.12, pp. 25-32, (2015).
- [81]- D. M. Price and M. Jarratt, "**Thermal Conductivity of PTFE and PTFE Composites**", Material Characterization by Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 392–393, No.15, pp. 231–236, (2002).
- [82]- R. O. Bolt and J. G. Carrol, "**Radiation Effect of Organic Materials**", Academic press, New York, (1963).
- [83]- Y. Sheng, S. Jiang and H. Tsao, "**Effects of Geometrical Characteristics of Surface Roughness on Droplet Wetting**", The Journal of Chemical Physics, Vol.27, pp. 234704-1–234704-7, (2007).
- [84]- T. G. Fox and P. J. Flory, "**The Glass Temperature and Related Properties of Polystyrene Influence of Molecular Weight**", Polymer Chemistry, Vol.14, pp. 315-319, (1954).
- [85]- B. Louis, H. Jean and L. A. Shadi, "**Effect of Molecular Weight on Glass Transition by Diflerential Scanning Calorimetry**", Canadian Journal of Chemistry, Vol.52, pp. 3710-3714, (1974).
- [86] - نور ظايف حايف الشواك, "تحضير و دراسة الخصائص الفيزيائية لمادة متراكبة ذات اساس بوليمري مدعمة بمواد نانوية", رسالة ماجستير, كلية التربية, الجامعة المستنصرية, (2014).
- [87]- D. C. William, "**Fundnmentals of Materials Science and Engineering**", Jhon Wiley and Sons Inc, (2003).
- [88]- A. K. Kaw, "**Mechanics of Composite Materials**", 2<sup>nd</sup> Edition, Taylor and Francis Group, LLC, New York, (2006).

- [89]- قصي كمال الجبوري, "دراسة الخواص الميكانيكية لمواد متراكبة مقواة بأسلاك معدنية", رسالة ماجستير, قسم هندسة المكنات والمعدات, الجامعة التكنولوجية, (1998).
- [90]- J. R. Davis, "**Tensile Testing**", 2<sup>nd</sup> Ed., ASM International, pp. 77-82, (2004).
- [91]- محمد داود, "دراسة بعض الخصائص الفيزيائية لمتراكبات بوليميرية بإضافة مواد سيراميكية", رسالة ماجستير, قسم الفيزياء, جامعة الانبار, (2012).
- [92] W. David, and et al, "**Metal Structure and Thermal Properties and Transactions**," translated by Jafar Al-Haidari and Adnan Nama, Baghdad University of Technology (1989).
- [93] S. Siti, and A. G. Supri "**LDPE-Isophthalic Acid-Modified Egg Shell Powder Composites (LDPE/ESPI)**" ,Journal of Physical Science, Vol. 20, No. 1, pp. 87-98, (2009).
- [94] S. Kamath M. K. , Harish Kumar H. G., Chandramanil R. and Radhakirshna M. C. , "**PVP Infuence on PVA crystallinity and Optical Band Gap**", Scholar Research Library, Vol.6, No.2, pp. 18-21, (2015).
- [95]- M. A. Meyers, K. K. and Chawla "**Mechanical Behavior of Materials**" , 2<sup>nd</sup> Ed., Cambridge University Press, (2009).
- [96]- K. C. Kao, "**Dielectric Phenomena in Solid**", Elsevier Academic press, (2004).
- [97] H. R. Allcocke, F. W. Lampe and J. E. Mark, "**Contemporary Polymer Chemistry**", 3<sup>rd</sup> Ed, Pearson Education, Inc, Upper Saddle River, New Jersey, (2003).

- 
- [98] A. Gupta and K. Santosh, "**Materials Science for Engineering**", CBS Publishers and Distributors, New Delhi, (2004).
- [99] S. C. Tjong and Y. M. Mai, "**Physical Propertise and Applications of Polymer Nanocomposites**", Woodhead Publishing Limited, (2010).
- [100] R. E. Nwenham, "**Propertise of Materials Anisotropy Symmetry, Structure**", Oxford University Press, (2005).
- [101] R. A. Abbas, "**Studing Some Dielectric Properties and Effective Parameters of Composite Materials Containing of Novolak Resin**", Eng-ineering and Technology, Vol. 25, No. 8, pp. 277-288, (2007).
- [102] T. W. Dakin, "**Conduction and Polarization Mechanisms and Trends in Dielectrics**", IEEE Electrical Insulation Magazine, Vol. 22, No. 5, pp. 11-20, (2006).
- [103] P. Maheshwari, "**Electronic Components and Processes**", New Age International Publishers: New Delhi, India, (2007).
- [104] J. Behari, "**Microwave Dielectric Behavior of Wet Soils**", Springer Netherlands, (2005).
- [105] R. H. Boyd and G. Smith, "**Polymer Dynamics and Relaxation**", Cambridge University Press, (2007).
- [106] - R, Paul, "**An Introduction to the Technology of Pottery**", 2ndedition, Pergamum Press, Uk, PP.(32, 32,92-93,208-209,198,93), (1988).

- [107] - H. Nosbusch, and I.V. (editors), "**clay-Based Matrials for the Ceramic Industry**" "**Phase Compoition of structural Clay Products and its Implications**"by W. Viaene, Elsevier Applied Science, London,pp,(93-100) , (1988).
- [108] - W. Ryan, and C.Radford, "**Whitewares:Production, Testing, and Quality Control**",Pergamon Press, Uk,pp.(1, 2, 13, 195-196, 230-231, 224-227,225, 224-233, 200-207), (1987).
- [109]- W Hwrman,. P. "**Matrils Science and Mataluurgy**",3rd edition, Reston Pib. Co., Varginia, pp.(96-100), (1981).
- [110]-[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic\\_of\\_UV-visible\\_spectrophotometer.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schematic_of_UV-visible_spectrophotometer.png).
- [111]- V. Kovacevic, M. Leskovac , S. Blagojevic "**Morphology and Failure in Nanocomposites. Part II: Surface Investigation**", Journal of Adhesion Science and Technology, Vol. 16, PP. 1915-1921 (2002).
- [112]- I. S. Elashmawi, E. M. Abdelrazek and A. Y. Yassin, " **Influence of NiCl<sub>2</sub>/CdCl<sub>2</sub> as Mixed Filler on Structural, Thermal and Electrical Properties of PVA/PVP Blend**", British Journal of Applied Science & Technology, Vol.4, pp. 4263-4279, (2014).
- [113]- S. El-sayed, K. H. Mahmoud, A. A. Fatah and A. Hassen, "**DSC, TGA and Dielectric Properties of Carboxymethyl cellulose/Polyvinyl Alcohol Blends**", Physica B, Vol. 406, pp. 4068-4076, (2011).
- [114]- O. W. Guirguis and T. H. Moselhey, "**Thermal and Structural Studies of Polyvinyl Alcohol and Hydroxypropyl Cellulose Blends**", Natural Science, Vol.4, No.1, pp. 57-67, (2012).

- [115] I. W. Watan, "Studying Some of the Mechanical & Thermal Properties of Polyester Reinforced with Ceramic Particles", Diyala Journal for Human Science, Vol. 37, pp. 180-197, (2009).
- [116] A. A. Aly , M. M. Mahmoud and A. A. Omar, "Enhancement in Mechanical Properties of Polystyrene Filled with Carbon Nano-Particulates (CNPS)", Nano Science and Engineering, Vol. 2, pp. 103-109, (2012).
- [117]- X. D. Yu, M. Malinconico and E. Martuscelli, "Highly Filled Particulate Composites Enhancement of Performances by Using Compound Coupling Agents", Journal of Materials Science, Vol.25, pp. 3255-3261, (1990).
- [118]- أسيل محمود عبد الله, أحمد مظفر هاشم و عمار جبار بدر, "تأثير إضافة دقائق الألومينا على الخواص الميكانيكية للمادة المركبة ذات الاساس من البولي أستر غير المشبع المقواة بألياف الزجاج غير المستمرة", مجلة القادسية للعلوم الهندسية , المجلد 4، العدد 1، (2010).
- [119]- عباس عليوي الجبوري, علي ابراهيم الموسوي, خالد عبد الرضا اسماعيل و علي جاهل سلمان, "تأثير التقوية بدقائق أكسيد المغنيسيوم على الموصلية الحرارية و الخواص الميكانيكية لراتنج الفينيل أستر", مجلة كربلاء العلمية, عدد خاص، (2010).
- [120]- B. H. Rabee and A. Hashim, "Synthesis and Characterization of Carbon Nanotubes-Polystyrene Composites", European Journal of Social Sciences, Vol. 60, No. 2, p.p. 229-236, (2011).
- [121]- G. C. Psarras, K. G. Gatos, P. K. Karahaliou, S.N. Georga, C. A. Krontiras and J. Karge, "Relaxation phenomena in rubber/layered silicate nanocomposites", Express Polymer Letters, Vol. 1, p.p. 837-845, (2007).

- 
- [122] - K. Behera, SBarpanda, P., Pratihari, S.K. and Bhattacharya, S., Synthesis of magnesium-aluminium spinel from autoignition of citratenitrategel, Mater Lett, 58, 1451-1455, (2004).
- [123] - A.M. Bhavikatti ,S.Kulkarni , and A. Lagashetty, " **Electromagnetic Studies of Nickel Ferrite Synthesized by Microwave route**" ,International journal of Engineering and Technology ,Vol.3 , No.1,pp.687-695,( 2011).

## Abstract

In the current study, pure polymer films (PVA) have been prepared and reinforced with salts ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) with different weight percentages ((1,3,5,7,9,11,13,15) wt%) by using the method of casting. Optical, thermal, mechanical, electrical (dielectric) and apparent porosity of the composite films (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) have been studied. The transmittance and absorption spectra have been recorded within the wavelength range (190-1100) nm, and the effect of the weight ratio of salt ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) on the optical properties of the composite films (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) has been studied. The results have showed that the value of the energy gap for the indirect electronic transition of composite films (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) decreased with the increase in the weight ratio of salts ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Thus the prepared could be used as an excellent UV shield.

The effect of the weight ratio of salt ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) on the thermal properties of the composite films (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) has been also studied, and the practical results have showed that the thermal conductivity coefficient of the composite Films (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) starts to increase irregularly with an increases in the weight ratio of the added salt, and all the composite films have a very small thermal conductivity coefficient, so the prepared films could serve as a shield for thermal insulation . The examination by differential thermal calorimetry (DSC) of polymer films (PVA) reinforced with salt ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) with different weight ratios showed that the degree of glass transition of the composite films (PVA- $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) behaves regularly with an increase in the weight ratio of the added salt ( $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,

MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) in comparison with the pure polymer films and that the degree of crystalline fusion of composite films (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) has showed irregular behavior with the increase of the weight ratio. The salts (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) added compared with pure polymeric (PVA) films.

The effect of the salts weight ratio (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) on the mechanical properties of the composite films (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) has been studied, The result of the process has showed that the hardness value of the pure (PVA) polymer films increases with the increase of the weight ratio of the added salt (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) and the results of the composite substances tensile test (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O), increasing and decreasing the value of both Young's modulus and the maximum tensile strength with an increase in the weight ratio of salt (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) added in the Impact test indicates that the value of the fracture energy and the strength of the solid of the composite films by weight salts (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) increased with the increase of the ratio weights (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) added with the effect of the weight ratio of salt (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).

The practical results have showed that the dielectric constant of the composite films (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) increase with the increase of salt weights ratios of (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O). The effect of salt weight ratios of (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) on electric properties of composite films (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) has been studied.

The practical results have indicated that the dielectric constant of the composite films (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) decreases with the increase of frequency and increased with the increase of salt weights ratios



(CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) at the same frequency, therefore these prepared films could be used in electric batteries industry.

The effect of the salt weight ratios (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) on the apparent porosity for composite films (PVA-MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O-CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) has been studied. and the results have indicated the decrease of porosity value with the increase of salt weight ratios (CrCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O).