



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة المستنصرية - كلية التربية
قسم الفيزياء

دراسة الخصائص الفيزيائية للبولىميرات المشاركة لمادة بولى ستايرين

رسالة مقدمة إلى
مجلس كلية التربية / الجامعة المستنصرية
وهي جزء من متطلبات نيل درجة ماجستير علوم في الفيزياء

من قبل
لينا بهنام ياقو ابلحد

بإشراف
د. رافع قدوري الكيسي د. نجية عبد الله الحمداني

2003م

1423 هـ

الإهداء

إلى القلوب التي أضاعت لي الطريق
والدي ...
ووالدتي

إلى الذين غمروني بحبهم
اخوتي...
وأختي

إلى القلب الذي غمرني بحنانه
عمتي

أهدي ثمرة جهدي لهذا...

ينا

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين على ما أمدني به من قوة وصبر وبما أعانني عليه في كل شيء لأتمام هذا العمل.

يسرني ان اقدم جزيل شكري وفائق تقديري إلى مشرفي الفاضلين الدكتور رافع قدوري الكبيسي والدكتورة نجيبة عبدالله الحمداني لاقتراحهما موضوع البحث ونصائحهم القيمة وملاحظاتهم السديدة ومتابعتهم المستمرة في سبيل انجاز هذا البحث.

واتقدم بفائق الشكر والاحترام لعمادة كلية التربية ورئاسة قسم الفيزياء والاستاذ نادر فاضل لما ابذوه من عون وتسهيل لأنجاز هذا البحث ،وشكري وتقديري الى منتسبي تسجيل الدراسات العليا ومكتبة كلية التربية وبالاخص الأخت اسماء عبد كاظم والأخت علياء كاطع، لما قدموه لي من دعم وتسهيلات خلال فترة البحث ومساعدتهم في توفير مستلزمات اكمال دراستي.وعرفانا مني با لجميل أقدم شكري لكل منتسبي دائرة البحوث البيئية وخاصة الأستاذ يحيى عبود والأخوات شريفة وبشرى وشهلاء لكل ما ابذوه من مساعدة خلال مدة البحث .كما ادين بالعرفان الى الدكتورة صبا جميل والدكتورة ميسون فيصل والى جميع اساتذتي المحترمين .كما اتقدم بالشكر الى زملائي طلبة الدراسات العليا في قسم الفيزياء على تشجيعهم الأخوي .وأخيرا أقدم شكري وامتناني الى كل افراد عائلتي التي كانت خير معين لي. داعيا المولى عز وجل أن يحفظهم لي سندا وعونا.

الباحثة

الخلاصة:

تم في هذا البحث دراسة تأثير نسب التوليف والتشعيع في الخصائص البصرية والكهربائية لأغشية PS، PMMA، LDPE، والمؤلفة PS : PMMA و LDPE : PS. حيث استخدمت طريقة الصب للحصول على افلام رقيقة وبأبعاد تتناسب مع مستلزمات اجراء القياسات البصرية والكهربائية، وشععت النماذج باشعة كاما وبجرع اشعاعية مختلفة.

تم في هذا البحث دراسة الخصائص البصرية والكهربائية و للتعرف على تأثير كل من تغير نسب التوليف والتشعيع على هذه الخصائص.

أظهرت دراسة الخصائص البصرية من خلال طيف الامتصاصية طبيعة الانتقالات الالكترونية وقيم طاقة الفجوة الممنوعة لهذه الانتقالات قبل وبعد التشعيع. فوجد ان قيم معامل الامتصاص ومعامل الخمود تزداد مع زيادة نسب التوليف والجرع الاشعاعية للنماذج PS، PMMA، LDPE : PS و LDPE : PS. في حين ادى تشعيع LDPE الى حصول نقصان في قيم امتصاصيته.

كما لوحظ ان قيم طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح والممنوع تقل مع زيادة نسب التوليف والتشعيع بجرعة (0.44) KGray ل PS : PMMA و LDPE : PS. من (4.3-4.4) eV الى (4.23-4.3) eV ومن (4.3-4.4) eV الى (2-3.55) eV على الترتيب مما ادى الى تحسن في الخصائص البصرية. اما بزيادة الجرعة الاشعاعية فأن هذه القيم تبدأ بالزيادة.

وقد فسر ذلك بسبب حصول الانحلال بين السلاسل البوليمرية عند الجرعة الواطئة ثم حصول التشابك.

اما الخصائص الكهربائية فشملت دراسة ثابت العزل بجزيئه الحقيقي والخيالي وزاوية الفقدان ضمن

الترددات (10^2-10^7 Hz) للبوليمرات النقية والمؤلفة قبل وبعد التشعيع.

فوجد ان ثابت العزل ل PS اعلى من PMMA وهذا بدوره اعلى من LDPE وفسر ذلك نسبة الى

قطبية كل بوليمر والوزن الجزيئي له. اما عند توليف البوليمرات فلوحظ ان قيم ثابت العزل ل PS : PMMA تزداد مع زيادة نسب التوليف بعكس LDPE : PS وفسرت ذلك بزيادة او نقصان عدد الجزيئات المستقطبة في النماذج.

واظهرت قياسات زاوية الفقدان ان جميع البوليمرات تعدّ مواد عازلة جيدة ولا سيما في الترددات العالية

من 4×10^5 Hz الى 10 MHz وان عازلية PS احسن من PMMA وهذا بدوره احسن من LDPE، وان العازلية تتحسن مع زيادة نسب التوليف ل PS : PMMA ، وان التشعيع يسبب في تحسن الخصائص الكهربائية لهذه البوليمرات.

ومن الجدير بالذكر ان الجرعة الاشعاعية التي تم توظيفها في هذا البحث كانت واطئة بين 0.44 الى

1.76 كيلوكري. وذلك لايجاد تغيرات واضحة في الخصائص البصرية والكهربائية للمواد النقية والمؤلفة. فتم

الحصول على مواد ذات مواصفات محسنة بصرياً وكهربائياً وكذلك ايجاد مواد يمكن استخدامها في الاجهزة العاملة في الوسط الاشعاعي.

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع
الفصل الأول: البوليمرات	
1	المقدمة
3	مفاهيم اساسية
5	العوامل المؤثرة في خصائص البوليمر
5	الواصر الكيميائية والقوى الرابطة
7	الوزن الجزيئي
7	تركيب البوليمر وحالته
8	البوليمرات والمذيبات
10	الأشعة المؤينة
11	تفاعل الاشعة الكهرومغناطيسية (اشعة كاما) مع المادة
12	تأثير الاشعاع في البوليمرات
15	التآلف البوليمري
16	الدراسات السابقة
24	الهدف من البحث
الفصل الثاني: الجانب النظري	
25	الخصائص الفيزيائية
25	الخصائص البصرية للبوليمرات
25	معامل الامتصاص
26	معامل الخمود
27	حافة الامتصاص الاساسية
30	طبيعة الحالات المثيجة
31	الخصائص الكهربائية للبوليمرات
31	التوصيلية الكهربائية
32	البوليمرات القطبية واللاقطبية
33	الاستقطاب الكهربائي
35	السماحية النسبية

رقم الصفحة	الموضوع	
الفصل الثالث: الجانب العملي		
38	المقدمة	1-3
38	المواد المستخدمة	2-3
38	البولي ستايرين	1-2-3
41	بولي مثيل ميثاكريلات	2-2-3
43	البولي اثيلين	3-3-3
44	تحضير النماذج	3-3
46	الاجهزة المستخدمة	4-3
46	الميزان الكهربائي الحساس	1-4-3
46	الخلاط الحراري المغناطيسي	2-4-3
46	الفرن الكهربائي	3-4-3
46	خلية التشعيع	4-4-3
47	جهاز قياس السمك	5-4-3
47	القياسات البصرية	6-4-3
48	القياسات الكهربائية	7-4-3
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة		
49	المقدمة	1-4
49	الخصائص البصرية	2-4
49	الامتصاصية والنفاذية	1-2-4
52	معامل الامتصاص	2-2-4
55	معامل الخمود	3-2-4
55	فجوة الطاقة الممنوعة	5-2-4
الفصل الخامس: الاستنتاجات والمشاريع المستقبلية		
70	الاستنتاجات	1-5
71	التوصيات والمشاريع المستقبلية	2-5
72	المصادر	

قائمة الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
4	بعض أنواع السلاسل البوليمري	1-1
28	الانتقال المباشر المسموح والممنوع	1-2
28	الانتقال غير المباشر عند امتصاص الفوتون وعند انبعاث الفوتون	2-2
29	المناطق الرئيسية لطيف معامل الامتصاص البصري	3-2
30	الانتقالات الالكترونية للجزئية المثارة	4-2
36	(a) الدائرة المكافئة لمتسعة مثالية (b) الدائرة المكافئة لمتسعة عملية	5-2
40	أنواع من البولي ستايرين	1-3
47	رسم تخطيطي لخلية تشيع	2-3
51	توزيع الامتصاصية كدالة للطول الموجي	1-4
52	توزيع الامتصاصية كدالة للطول الموجي	2-4
54	توزيع معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون	3-4
55	توزيع معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون	4-4
57	توزيع معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون	5-4
58	توزيع معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون	6-4
59	طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح	7-4
60	طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح	8-4
61	طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح	9-4
62	طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر الممنوع	10-4
63	طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح	11-4
64	طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر الممنوع	12-4
67	توزيع ثابت العزل الكهربائي كدالة لطاقة الفوتون	13-4
69	توزيع فقد العزل الكهربائي كدالة للتردد	14-4
70	توزيع فقد العزل الكهربائي كدالة للتردد	15-4

قائمة الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
41	بعض خصائص البوليمرات	1-3
42	بعض خصائص بولي مثيل ميثاكريلات	2-3
44	بعض خصائص البولي اثيلين واطى الكثافة	3-3
45	نوع المذيب ودرجة الحرارة الملائمة لاذابة البوليمرات	4-3
45	نسب البوليمرات في التوليفات المحضرة	5-3
63	قيم طاقة الفجوة في الانتقال المباشر المسموح E_g والممنوع E'_g بوحدات (eV)	1-4

قائمة الرموز والمصطلحات

الرمز	المصطلح
A	الامتصاصية
A_0	مساحة أحد لوجي المتسعة
C_D	سعة المادة بوجود العازل
C_0	سعة المادة بوجود الهواء
D_p	درجة البلمرة
d	سمك العينة
E_g	فجوة الطاقة البصرية للإنتقال المباشر المسموح
E'_g	فجوة الطاقة البصرية للإنتقال المباشر الممنوع
E'	عرض الذيل
E_p	فجوة الطاقة البصرية للإنتقال غير المباشر المسموح
E_0	طاقة التنشيط
E_e	المجال الكهربائي في الأستقطابية الإلكترونية
E	المجال الكهربائي
f	تردد المجال المسلط
h	ثابت بلانك
I_0	شدة الحزمة الساقطة
I	شدة الحزمة النافذة
Γ	التيار الكهربائي
I_R	تيار المقاومة
I_C	تيار المتسعة
K_0	معامل الخمود
K	متجه الموجة
K_f	متجه الموجة للإلكترون في حزمة التوصيل
K_i	متجه الموجة للإلكترون في حزمة التكافؤ
k_B	ثابت بولتزمان
n_0	الحد الحقيقي لمعامل الإنكسار
n	عدد الوحدات المتكررة
R'	الإنعكاسية

المصطلح	الرمز
المقاومة	R
عمر النصف للنويدة المشعة	$T_{1/2}$
النفاذية	T
درجة الحرارة المطلقة	T_0
فرق الجهد	V
التردد الزاوي	w
المتجه الموجي للفونون	$q`$
شحنة الإلكترون	q
الوزن الجزيئي للبوليمر	M_n
الوزن الجزيئي للمونومر	M
سماحة المادة العازلة	ϵ
السماحية النسبية	ϵ_r
سماحية الفراغ	ϵ_0
ثابت العزل الكهربائي	$\epsilon_{r'}$
فقد العزل الكهربائي	$\epsilon_{r''}$
معامل الإمتصاص	α
الإستقطابية الإلكترونية	α_0
الإستقطابية الأيونية	α_i
الإستقطابية الإتجاهية	α_d
التوصيلية الكهربائية	σ
التوصيلية الكهربائية عند الصفر المطلق	σ_0
التوصيلية الكهربائية المتناوبة	$\sigma_{a.c}$
تحركية الشحنة	μ
عزم ثنائي القطب في الإستقطابية الإلكترونية	μ_e
عزم ثنائي القطب الدائمي	μ_0
عزم ثنائي القطب الكلي	μ_{tot}
زاوية الفقد	δ
متجه الموجه للفوتونات الساقطة	β
ثابت الإنحلال	$\lambda`$
الطول الموجي	λ

المقدمة (1-1) Introduction

تخلفت كيمياء وفيزياء البوليمر عن التكنولوجيا بمئات السنين اذ استخدم الانسان القديم البوليمرات الطبيعية قبل مئات القرون في صناعة ملابس، وفي طعامه وكذلك استخدامه لها كأصماغ ولواصق واستخدم الاسفلت في طلاء القوارب لذا ارتبط تطور استعمال الانسان لهذه المواد بتطوره التكنولوجي الذي لم تبرز الصفات المميزة للبوليمرات الا قبل قرن وذلك عندما شهد العالم بدايات الففزات التكنولوجية حيث يعدّ العالم الالماني (Staundinger) اول من وضع اللبنة الاساسية لعلم البوليمر (1920) باقتراحه فرضية الجزيئات الكبيرة، وافترض وجود الاصرة التساهمية (Covalent Band) في جزيئات البوليمر كما في المركبات ذات الوزن الجزيئي الواطئ [1].

استمرت البحوث والدراسات على هذه المواد ولا سيما خلال الحرب العالمية الثانية حيث كانت الدراسات والبحوث تجرى بشكل مكثف وسريع. حيث ركز العالم (Debye) جهوده حول استطارة الضوء من محاليل البوليمر و(Flory) في جهوده حول لزوجة المحاليل البوليمرية ووضع ميكانيكية للبلورة على اساس ميكانيكية التفاعلات المتسلسلة [2].

تطورت تكنولوجيا البوليمرات سريعاً بسبب الخصائص الفيزيائية والميكانيكية المتميزة لهذه المواد وبسبب الامكانية العالية للتحويل والتحكم بهذه الخصائص والحاجة الماسة الى بدائل ذات خواص تكنولوجية مختلفة مما بعض المواد التقليدية لذا فانها استخدمت في مجالات واسعة جداً. حيث استخدمت البوليمرات في العديد من الصناعات بدءاً بلعب الاطفال حتى هياكل السيارات والطائرات [3].

واستخدمت هذه المواد في التطبيقات الكهربائية لقابلية عزلها الكهربائية العالية، لحماية التيارات الكهربائية في الموصلات من التسرب وحماية المجالات الكهربائية العالية من الانهيار [4] وكانت خطوط الهاتف من اوائل التطبيقات العلمية المهمة للبوليمرات، وفي سبيل المثال يمتاز البولي ستايرين PS بالعزل الكهربائي العالي وسهولة القولبة، كما يمتاز البولي مثيل ميثاكريلات PMMA بالعزل الكهربائي الجيد والمتانة و الصمود ضد تغيرات الطقس، ويمتاز البولي اثيلين PE بالعزل الكهربائي الجيد والمرونة وهي صفة مرغوبة في العوازل التي تستخدم في صناعة القابلات المحورية المستخدمة في اجهزة الرادار والتلفزيون.

واستخدمت الأغشية البوليمرية الرقيقة بعد ان طورت ونوعت في صناعة المتسعات الكهربائية، ودخلت هذه المواد ضمن المواد شبه الموصلة حيث يتم تحويل بعض البوليمرات العازلة الى موصلة بالتطعيم بالشوائب لتسمى احياناً بـ (المعادن البلاستيكية). كما يمكن ان يصبح البوليمر من المواد الفائقة التوصيل الكهربائي في درجات حرارة ليست واطنة كثيراً كما جاء في دراسات عدد من الباحثين اقدمهم الباحث (Little) [5].

واستخدمت البوليمرات في البصريات (optics) لصنع العدسات التي استخدمت في احدث الاجهزة البصرية لخفة وزنها، حيث ان وزن البوليمرات يعادل نصف وزن الزجاج فضلاً عن قابلية التحمل الكبيرة للمواد ضد الكسر، كما استعملت لتقليل تأثير اشعة الشمس في أجهزة الطائرات وعيون الطيارين ولتقليل عملية الانعكاس المتضاعف داخل المادة (Multiple Reflection) [6] [3] . وكذلك في تغطية الصفائح المعدنية للتوهين في تكنولوجيا التخفي، ومنع التآكل والتأكسد [7] [3].

وتستمر الدراسات والبحوث على هذه المواد والغرض منها زيادة مقاومتها للظروف الخارجية مثل الحرارة والضوء وزيادة قابليتها للصدمات والاجهادات ولتحقيق اهداف أخرى منها تحسين الصفات الضوئية او الكهربائية او الحرارية او الميكانيكية او الصلابة او غيرها. ومن الامور المهمة في البوليمرات هو الحصول على خواص جديدة ومرغوب فيها صناعياً منها بطريقة اضافة بعض المواد الى البوليمرات او مزج بوليمرين او اكثر معاً وهذه الطريقة تسمى بـ (التوليف) والتي اخذت حيزاً في الآونة الاخيرة في كثير من الصناعات والتطبيقات العديدة بدءاً من الطباعة التصويرية الضوئية متعددة الالوان الى الطلاء واللواصق وفي صنع الأغشية الواقية [6]، [8]، [9] وقد تم الحصول على مواد مؤلفة من PS و PMMA بمواصفات جيدة لذا يمكن استخدامها كنبائط مختلفة في بناء الاجهزة الرادارية، لامتلاك هذه المواد ثابت عزل عالياً ضمن مدى الموجات الرادارية، فضلاً عن صلابتها الميكانيكية العالية [10].

(2-1) مفاهيم أساسية Basic Concepts

ان معظم المواد الصلدة العضوية العازلة تنتمي الى مجموعة المواد العالية البلمرة، ويرجع اصطلاح المواد العالية البلمرة او البوليمر (Polymer) الى كلمتين اغريقيتين وهما بولي (poly) بمعنى متعدد ومير (Mer) بمعنى جزء، فجزئيات البوليمرات تتكون من عدد كبير من الدقائق، من عشرات ومئات الالاف من جزئيات المواد الاصلية التي تسمى بالمونومر (Monomer) ويرجع اصطلاح المونمر الى الكلمة الاغريقية مونوس بمعنى احادي (وهي وحدة البناء الاساسية للبوليمر).

والمونيمرات عبارة عن مواد كيميائية بسيطة ونشطة وذات قابلية مرتفعة للتفاعل الكيميائي، ونتيجة للتفاعل الكيميائي تنشأ مادة جديدة تسمى بالبوليمر، وتتحد جزئيات المونومر داخل جزئيات البوليمر بواسطة قوى الترابط الكيميائي مكونة اشكالاً متعددة للجزئية الكبيرة كما في الشكل (1-1) قد تكون خطية (Linear) في بعضها او متفرعة (Branched) او متشابكة (Cross Linked) في بعضها الآخر.

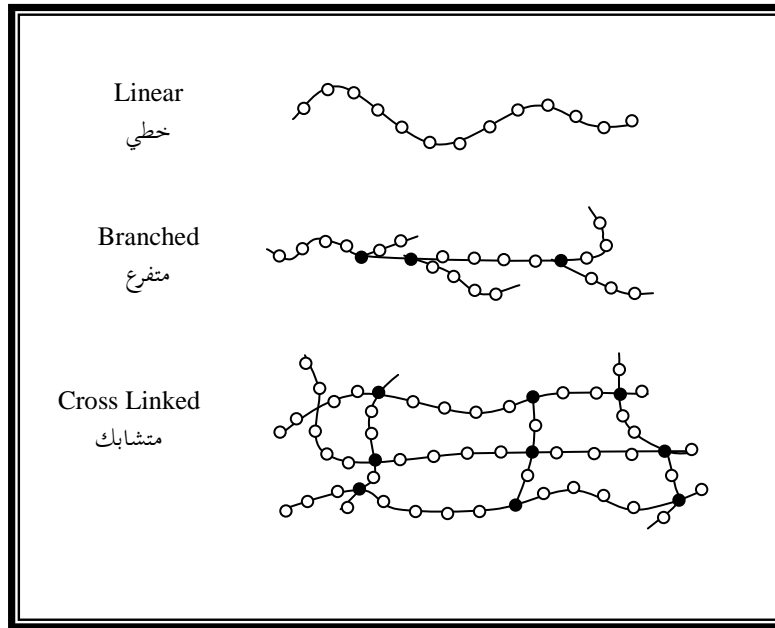
إن عمليات التشابك تحدث في اثناء تحضير البوليمر. وتمتاز هذه البوليمرات بكونها مواد تتصلد بالحرارة (Thermoset) أي انها مستقرة حرارياً. ومن الصعب صهرها على العكس من ذلك فان معظم البوليمرات الخطية يمكن تليينها وتشكيلها بالضغط والحرارة، ولذا فهي تنتمي الى ما يسمى بالمواد اللدنة حرارياً (Thermoplast) مثل البولي ستايرين وتختلف البوليمرات المتشابكة والمتفرعة عن البوليمرات الخطية بزيادة كثافتها وانخفاض في درجة تبلورها. [14-11] وتمتاز البوليمرات المتبلورة بكبر وزنها وصلابتها ومقاومتها العالية للمذيبات، لذا يمكن استخدام الاذابة مقياساً بسيطاً لتعيين تبلورها [11].

إن السلاسل البوليمرية تختلف في اطوالها وعدد الوحدات التركيبية في البوليمر نفسه، وان طول هذه السلاسل يعتمد على وزنها الجزيئي ويكون التعبير عن الوزن الجزيئي للبوليمر بأخذ معدل الاوزان الجزيئية لجميع السلاسل. والوزن الجزيئي للبوليمر (M_n) يعتمد على درجة البلمرة (D_p) حسب المعادلة الآتية [15 , 16].

$$M_n = D_p \cdot M \dots\dots\dots(1-1)$$

حيث ان M هو الوزن الجزيئي للمونومر (الوحدة المتكررة)، وهذه الوحدات المتكررة يمكن ان تكون متشابهة فيدعى البوليمر عندئذ بالبوليمر المتجانس (Homopolymer)، اما اذا تكوّن البوليمر من وحدات مختلفة فيدعى عندئذ بالبوليمر المشترك (Copolymer).

وقد تكون البوليمرات طبيعية او اصطناعية وان جزءاً كبيراً من البوليمرات عبارة عن مواد زجاجية الهيئة وغير بلورية، ونظراً لان خصائص البوليمرات الطبيعية محدودة الجودة، تستعمل في الصناعات الكهربائية اساساً مواد عازلة اصطناعية عالية البلمرة، ومن الممكن تحويل وتحسين معظم الخصائص للبوليمرات الطبيعية والاصطناعية باضافة بعض المواد الصلبة او السائلة الى هذه البوليمرات او مزج اكثر من بوليمر مع بعضها او تعريض البوليمرات او توليفاتها لأشعة مؤينة وحسب الحاجة والغاية المطلوبة. وان البوليمرات تميز عن المواد ذات الاوزان الجزيئية الواطئة بامتلاكها الحالة المرنة أي بين الحالتين الصلبة و السائلة وتسمى درجة حرارة التحول من الحالة الصلبة الى المرنة بدرجة الانتقال الزجاجي (Glass transition temperature) [11 , 17].



شكل (1-1) بعض أنواع السلاسل البوليمرية [11].

(3-1) العوامل المؤثرة في خصائص البوليمر

Factors Affecting in polymer properties

ان معظم الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للبوليمرات تتحدد بثلاثة عوامل مهمة [18,11] هي:

(1-3-1) الاواصر الكيميائية والقوى الرابطة

Chemical Bonds and Binding Forces

يوجد نوعان من الارتباطات أو القوى في البوليمرات، النوع الاول هي الاواصر الاساسية وتعدّ المسؤولة عن ربط الذرات المكونة للسلاسل البوليمرية مع بعضها وتمثل الاواصر التساهمية (Covalent Bonds) الغالبية المطلقة من الاواصر في معظم البوليمرات. وهي التي تربط الوحدات التركيبية مع بعضها. اما النوع الآخر من القوى الجزيئية فهي القوى الثانوية (Secondary Forces) التي تكون بين السلاسل البوليمرية او بين اجزاء السلسلة الواحدة ولهذه القوى تأثير شديد في معظم خصائص البوليمرات الفيزيائية والميكانيكية. هناك نوع اخر من الارتباطات في البوليمرات ناتجة عن التشابك الفيزيائي (Entanglement) للسلاسل البوليمرية الطويلة.

وتوجد انواع مختلفة من القوى الثانوية (Secondary Forces) بين جزيئات البوليمرات التي تعرف احياناً بقوى فاندرفال (Vander Waals) وتدعى احياناً بالقوى بين الجزيئات (Intermolecular Forces) من اهم انواع هذه القوى الثانوية هي:

أ- قوى الاستقطاب Dipole Forces

تنجم هذه القوى عن وجود جزيئات مستقطبة او مجاميع مستقطبة في سلسلة البوليمر ويكون لمثل هذه الجزيئات عزم قطبي (Dipole Moment) أي يكون لديها قطبان يختلفان في الشحنة وهذا يؤدي الى حدوث تجاذب بين الاقطاب المختلفة وهذا النوع من القوى يعتمد على درجة الحرارة

ب- قوى الحث Induction Forces

ويرجع مصدر هذه القوى الى وجود مجاميع مستقطبة في سلسلة البوليمر، حيث تؤثر هذه المجاميع في ما يحيط بها من الجزيئات او المجاميع غير المستقطبة فتؤدي الى حدوث استقطاب جزئي في هذه الجزيئات او المجاميع وهذا النوع من القوى لا يعتمد على درجة الحرارة.

ج- قوى التشتت Dispersion Forces

يرجع مصدر هذا النوع من القوى الى تغير العزم القطبي للجزيئات او المجاميع الموجودة في الجزيئات مع الزمن الا ان محصلة العزم القطبي تكون مساوية للصفر ويرجع سبب هذا التغير في العزم القطبي الى الاوضاع الالكترونية المختلفة التي تتخذها الالكترونات حول نواة كل ذرة لان ذلك يؤثر في توزيع القيمة الالكترونية للذرات المجاورة، والذي يؤثر في حصول قوى تجاذب تسمى بقوى التجاذب التشتتية وهذا النوع من القوى موجود في معظم الجزيئات الا انها تختفي في حالة وجود مجاميع او جزيئات مستقطبة قوية وهو لا يعتمد على درجة الحرارة.

د- الاواصر الهيدروجينية Hydrogen Bonds

هذه الاواصر تكون موجودة بين الذرات المرتبطة بذرة الهيدروجين وذرة حاوية على مزدوج الكتروني ويكون الارتباط من خلال ذرات الهيدروجين وقد تنشأ الاواصر الهيدروجينية بين مجموعتين فعاليتين في نفس الجزيئة وتدعى عندئذ بالواصر الهيدروجينية ضمن الجزيئة (Bonding Intramolecular Hydrogen) او تكون الاواصر الهيدروجينية بين مجموعتين فعاليتين موجودتين على جزيئتين مختلفتين وتدعى عندئذ بالواصر الهيدروجينية بين الجزيئات (Hydrogen bonding Interamolecular).

وان من اهم المجاميع القادرة على تكوين الاواصر الهيدروجينية هي مجاميع الكاربوكسيل $-COOH$ ومجاميع الاميدات $-CONH_2$ والامينات $-NH_2$ والهيدروكسيل $-OH$ وغيرها.

إن لوجود هذه المجاميع المستقطبة المكونة للاواصر الهيدروجينية تأثير كبير في صفات

البوليمرات الفيزيائية والميكانيكية وان طاقة الاصرة الهيدروجينية تتراوح بين $(29.4-12.6)$ KJole/mole ويتراوح المدى الذي تعمل ضمنه بين $(3.2-2.4) \times 10^{-8}$ cm.

Molecular Weight الوزن الجزيئي (2-3-1)

يعتمد معظم خصائص المواد البوليمرية على اوزانها الجزيئية حيث ان البوليمرات ذات الاوزان الجزيئية العالية تتصف بالقوة والمتانة فضلاً عن مقاومتها للمذيبات الكيميائية ومثل هذه البوليمرات تكون اكثر ملائمة للاستخدامات المطاطية بينما البوليمرات ذات الاوزان الجزيئية الواطئة أي الاقل من 10,000 فتستخدم غالباً في اللواصق وهي لا تتسم بالمتانة والقوة [19] وتعد عمليات السيطرة على الوزن الجزيئي للبوليمرات اثناء انتاجها مهمة جداً.

إن مفهوم الوزن الجزيئي للبوليمرات يختلف اختلافاً كبيراً عن الوزن الجزيئي للمركبات العضوية والملاعضوية بعدم امتلاكه درجة البلمرة نفسها وذلك لعدم تجانس سلسله من حيث الوزن والطول فلذلك يعبر عن الوزن الجزيئي عادة بمعدل الاوزان الجزيئية (Average Molecular Weight). توجد طرائق متعددة لتعيين الوزن الجزيئي وهذا يعود لتعدد الاسس التي تعتمد عليها الطرائق ومنها طريقة المعدل العددي للوزن الجزيئي، المعدل الوزني للوزن الجزيئي، المعدل اللزوجي للوزن الجزيئي.

(3-3-1) تركيب البوليمر وحالته

Construction of polymer and its situation

يقصد بتركيب البوليمر أي تركيب الوحدة المتكررة فيه وهندستها ونوعية المجاميع المعوضة والواصر الكيميائية التي تؤثر بشكل كبير في الصفات الفيزيائية كالقابلية على المرونة، او درجة الانصهار.

والبوليمرات تكون منتظمة فراغياً اذا كانت وحداته الاساسية منتظمة بشكل ما في حيز فراغي ثابت والبوليمر الذي لا ينتظم بهذا الشكل يكون غير منتظم فراغياً.

وفي البوليمرات المنتظمة فراغياً توجد تراكيب معينة في سلسلهها هي السز (Cis) والترانس (Trans) فاذا كانت ذرات الكربون واقعة جميعها في جهة واحدة من المستوى الذي تقع فيه الاصرة المزدوجة فانه نظير السز (Cis-Isomer) واذا كانت ذرات الكربون متبادلة في مواقعها بالنسبة للمستوى الذي تقع فيه الاصرة مزدوجة مرة الى الاعلى واخرى الى الاسفل فيدعى نظير الترانس (Trans-Isomer) [20 , 2].

(4-1) البوليمرات والمذيبات Polymers and Solvents

تعدّ عملية ذوبان البوليمر في السوائل ذات الأوزان الجزيئية الواطنة من القضايا ذات الأهمية الكبيرة في تصنيع هذه المواد وفي تطبيقاتها الصناعية، مثال ذلك الألياف الصناعية والرقائق تنتج من المحاليل وكذلك عملية التلوين المستعملة في تصنيع العديد من النماذج والطلاءات والمواد اللاصقة هي عبارة عن محاليل بوليمرية وكما هو الحال في المواد ذات الأوزان الواطنة فإن البوليمرات لا تذوب في جميع السوائل بل ان بعض البوليمرات تذوب تلقائياً في بعض المذيبات بينما لا يبدي أي استعداد للذوبان في المذيبات الأخرى فعملية الذوبان (الذوبان التلقائي) تشتمل على ظواهر مهمة، فقبل الذوبان يبدأ البوليمر بالانتفاخ أي زيادة حجم البوليمر ووزنه نتيجة لامتصاصه جزيئات المذيب، ويحدث هذا إذا كانت القوى ما بين الجزيئات في المادة عالية بسبب الارتباطات التشابكية البلورية أو لوجود أواصر هيدروجينية قوية، ويتم التغلب على هذه القوى بإدخال روابط قوية بين البوليمر والمذيب [1, 20] ، فنلاحظ تداخل الجزيئات مع بعضها ببعض لتكوين مزيج متجانس من البوليمر والسائل الممتص فيه وأن النظام في هذه المرحلة يعد محلولاً حقيقياً. وهناك عوامل تؤثر في عملية الذوبان هي:

1- طبيعة البوليمر والمذيب Nature of polymer and Solvent

يعتمد انتفاخ وتحلل البوليمرات الخطية غير المتبلورة على التركيب الكيميائي لسلاسلها وكذلك على جزيئات المذيبات، فالبوليمرات القطبية لا تذوب إلا في المذيبات القطبية و بالعكس.

2- مرونة سلسلة البوليمر Flexibility of polymer chain

تتكون الية تحلل البوليمر من عمليتين اولهما انفصال سلاسله الطويلة عن بعضها البعض والآخرى نفاذ هذه السلاسل بين جزيئات المذيب وتعتمد هاتان العمليتان على مرونة هذه السلاسل. فإذا كانت هذه السلاسل مرنة فانها تستطيع التحرك بالازاحة المتتالية للمجاميع فتكون قابلة ذوبانها أكبر.

3- الوزن الجزيئي للبوليمر Molecular Weight of Polymer

تقل قابلية ذوبان البوليمرات ذات الأوزان الجزيئية العالية في المذيب نفسه مع البوليمرات المناظرة لها ذات الأوزان الجزيئية الواطئة، وذلك لأن طاقة الترابط بين سلاسل البوليمر تزداد طردياً مع زيادة الوزن الجزيئي للبوليمر أي مع زيادة طول السلاسل البوليمرية.

4- التركيب الكيميائي للبوليمر Chemical Composition of Polymer

تختلف قابلية ذوبان البوليمرات نتيجة لاختلاف كمية المجموع الفعالة مثل $-\text{OCOCH}_3$ ، - OH، أو $-\text{ONO}_2$ في سلاسلها.

5- التركيب البلوري للبوليمر Crystal Structure of Polymer

تقل قابلية الذوبان للبوليمرات المتبلورة عن البوليمرات غير المتبلورة نتيجة التداخل القوي بين الجزيئات أو السلاسل، وبصورة عامة لا تذوب البوليمرات المتبلورة في درجة حرارة الغرفة حتى اذا تساوت قطبيتها مع قطبية المذيب. ومثال على ذلك ينتفخ البولي اثيلين PE في الهكسان الاعتيادي انتفاخاً محدوداً عند 20°C ولكنّه يذوب اذابة تامة عند رفع درجة الحرارة، ولا يذوب البولي ستايرين PS المتبلور الايزوتكتيكي في درجة حرارة الغرفة في المذيبات التي يذوب فيها PS الا تكتيكي اذ يجب تسخينه الى درجة كافية ليتم ذوبانه.

6- التشابك الكيميائي Chemical Crosslinks

إن التشابك الكيميائي بين السلاسل، حتى عندما يكون بنسبة قليلة يؤدي الى منعها من الانفصال عن بعضها والانتشار في المحلول ويكفي لجعل البوليمر عديم الذوبان وجود آصرة بين كل سلسلتين متجاورتين.

7-درجة الحرارة Temperature

إن زيادة درجة الحرارة تؤدي الى رفع او خفض درجة ذوبان البوليمر وحسب نوعيته [20].

(5-1) الأشعة المؤينة Ionizing Radiation

تعرف الأشعة المؤينة بانها الاشعة التي لها القدرة على فصل الإلكترونات من المحيط الخارجي أو من مدار الذرة وبالتالي تؤين جزيئات أو ذرات المواد التي تمر خلالها وتشمل ابتداءً من الأشعة فوق البنفسجية، الأشعة السينية، أشعة كاما فالأشعة الكونية [21].

ويحدث هذا النوع من الاشعاع والذي يكون على شكل اشعاع جسيمي او موجي (كهرومغناطيسي) تأثيرات في الوسط الذي يخترقه بتفاعلات تحدث بدرجات مختلفة تبعاً لطاقة الاشعاع وتنبعث من النويدات المشعة (Radionulides) وهي عناصر او نظائر غير مستقرة للعناصر تصل الى حالة الاستقرار عن طريق فعالية الانحلال الاشعاعي (Radiactive decay) حيث تنبعث الجسيمات او الاشعاعات بطاقات مختلفة وتنحل خلال زمن معين، وان النشاط الاشعاعي في حالة تناقص مع الزمن حسب المعادلة:

$$C' = C'_0 e^{-\lambda' t} \dots\dots\dots (2-1)$$

حيث: C' النشاط الاشعاعي عند الزمن t .

λ' ثابت الانحلال.

وإن الزمن الذي ينخفض فيه النشاط الاشعاعي للمادة إلى النصف يدعى بعمر النصف

الذي يحسب من القانون الاتي [22 , 23].

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda'} \dots\dots\dots (3-1)$$

حيث: $T_{1/2}$ عمر النصف للنوييدة المشعة.

يمكن حساب عمر النصف اذا عرف ثابت الانحلال والعكس صحيح وتنبعث الاشعة المؤينة باشكال مختلفة منها الجسيمية مثل (الفا، بيتا) ومنها الموجبة مثل الاشعة السينية (X-ray) واشعة كاما (γ -Gamma) التي تنطلق من المصادر الطبيعية مثل الشمس والمواد المشعة

الطبيعية مثل الراديوم وكذلك من المصادر المشعة الصناعية مثل (السيزيوم 137- الكوبلت 60- اليود 131 ... الخ). [24]

(6-1) تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية (أشعة كاما) مع المادة

Reactions of Gamma Radiation with Matter

تتفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية مثل (أشعة كاما) مع المادة بثلاث طرائق اعتماداً على طاقة الإشعاع الساقط وهي:

1- التأثير الكهرومغناطيسي Poto Electric Effect

يحدث التأثير الكهروضوئي في الطاقات المنخفضة بحدود MeV (0.5-0.01) وينتج عنه ازاحة الكترون من مدار حول النواة بعد ان تمتص طاقة الفوتون المصطدم بالذرة. وهذه الطاقة تختلف من مادة الى أخرى.

2- تأثير كومبتون Compton Effect

يحدث تأثير كومبتون في الطاقات المتوسطة من اشعة كاما بحدود MeV (10-0.1) عندما يكون العدد الذري للمادة الناتجة صغيراً حيث تكون الطاقة غير كافية لازاحة الكترون واخراجه من مداره. ولكن يزاح قليلاً ثم يعود الى مداره ثانية وفي هذه العملية يفقد الفوتون جزء او كل طاقته.

3- انتاج الزوج Pair Production

هذا التفاعل خاص بطاقات كاما الفعالة التي تكون أعلى من مليون الكترون فولت حيث تتحول طاقة الفوتون الساقط الى مادة (يختفي تلقائياً) وتظهر طاقته على شكل بوزترون e^+ والكترون e^- اللذان ينحلان باتحادهما مع بعضهما [23 – 26].

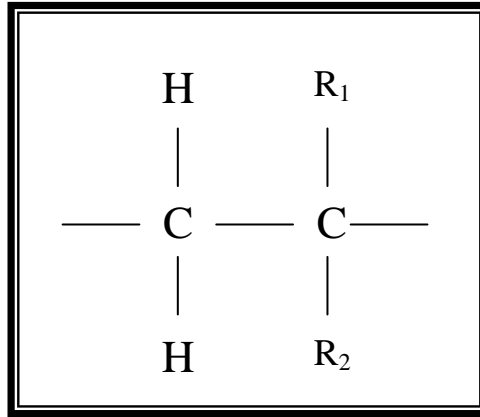
(7-1) تأثير الإشعاع في البوليمرات

The Effect of Radiation in Polymers

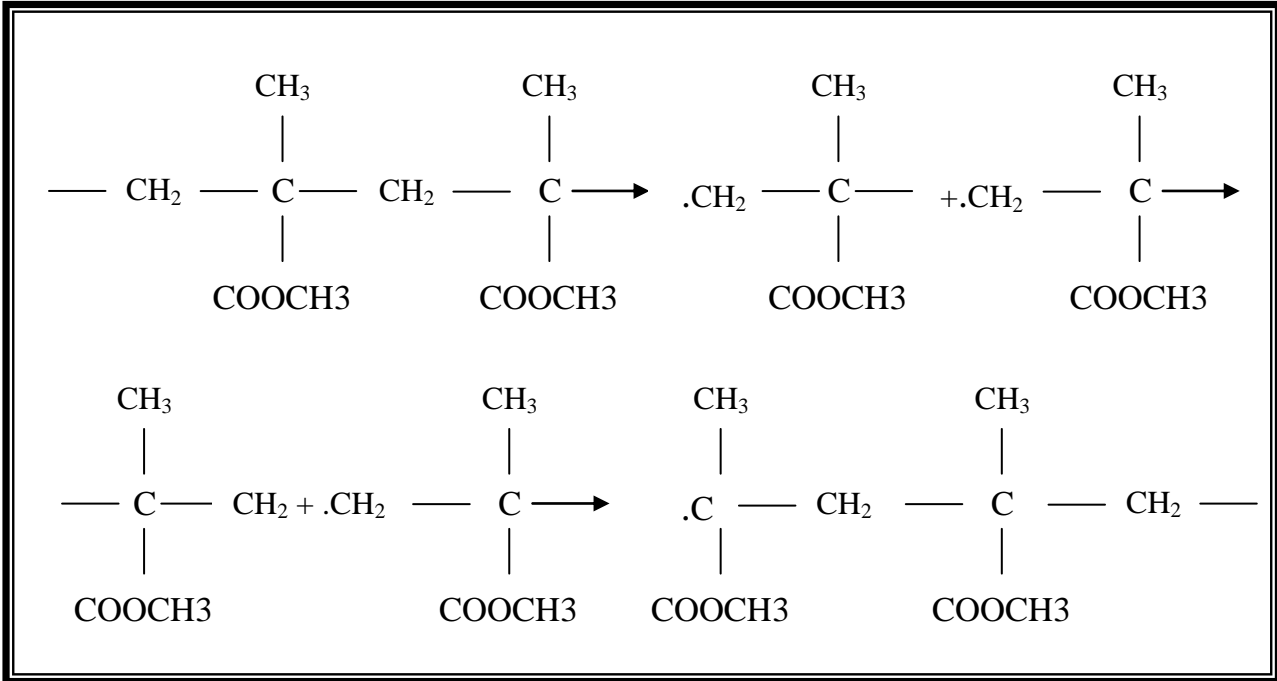
نظراً لأهمية المواد البوليمرية من الناحية الصناعية والاقتصادية ولاحتياج بعض التطبيقات الصناعية لخصائص محدودة لا يمكن الحصول عليها من البوليمرات الطبيعية والاصطناعية لامتلاكها بعض الصفات غير المرغوبة فيها كمقاومتها الضعيفة للإشعاع والحرارة والضغط والتلف السريع نتيجة الاستهلاك، بدأ العلماء منذ الخمسينات بالبحث عن طرق تغيير وتحسين هذه الخصائص بالتأثيرات الإشعاعية، وقد لوحظ ان هذه التغيرات تعتمد على طاقة الإشعاع، نوع الإشعاع، زمن التعرض (الجرعة)، درجة الحرارة، الضغط ونوع البوليمر وتركيبه بصورة رئيسية [28, 20, 27].

إن تعرض البوليمر الى الإشعاع بسبب تحلل (تفكك) السلاسل البوليمرية (Degradation) او تشابك جزيئاتها (Cross Linking) وهاتان العمليتان لهما الدور الاساسي في تغيير خواص البوليمر.

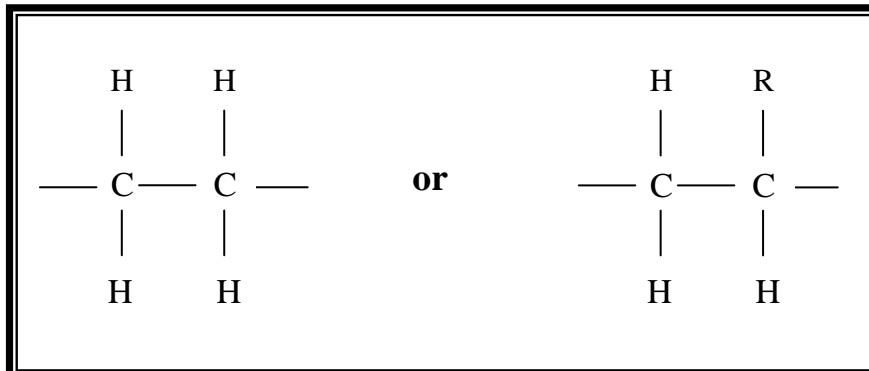
ان العملية الاولى (التحلل) تحدث في البوليمرات التي تمتلك الصيغة الكيميائية الآتية:



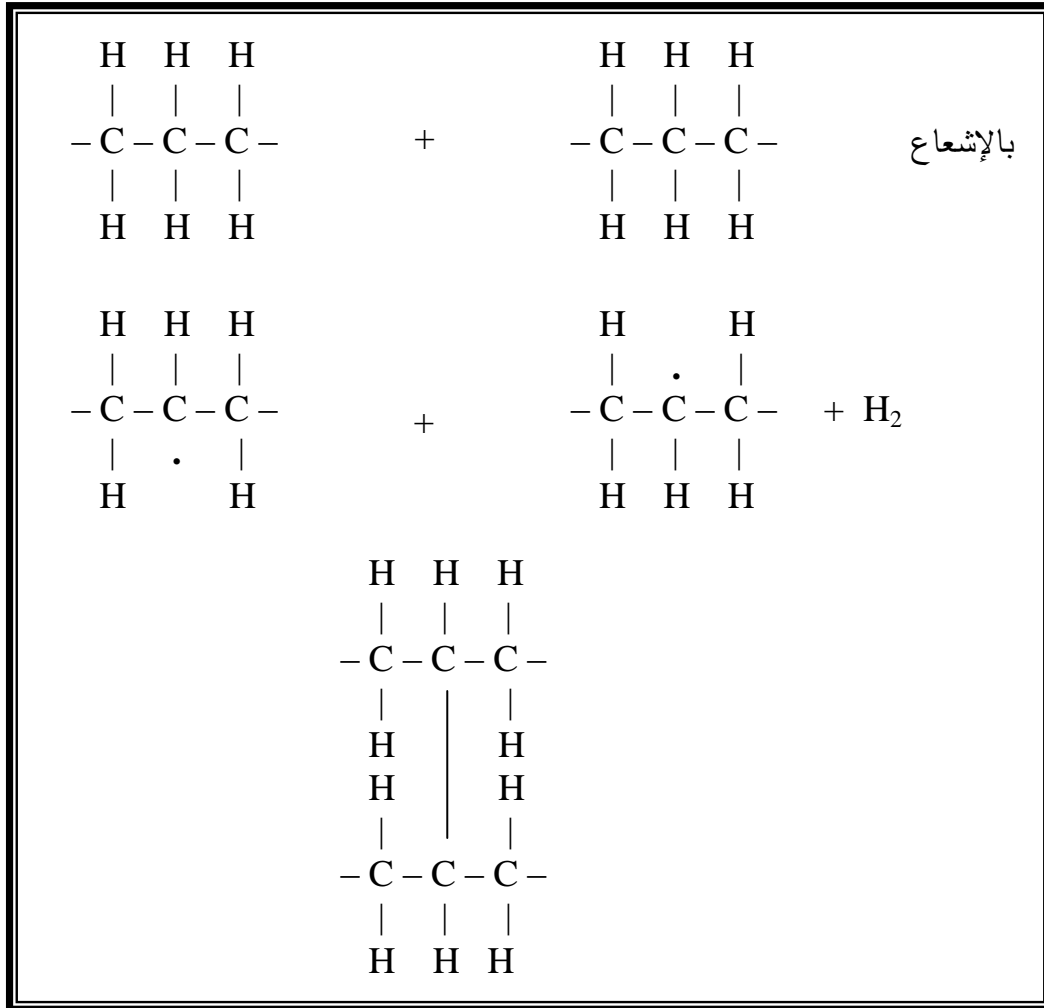
حيث ان R_1 و R_2 عبارة عن سلسلتين جانبيتين تمنع حصول الترابطات العرضية، وان وجود الاوكسجين يزيد من حصول عملية التحلل حيث يمنع اتحاد الجذور الحرة مرة ثانية نتيجة تكوين البيروكسيدات مع الجذور الحرة [29]. ومثال على ذلك هو البولي مثيل ميثا اكريلات PMMA [30].



إن هذه العملية تسبب نقصاً في الوزن الجزيئي للبوليمر ومعامل الصلادة ومعامل يونك جاعلاً البوليمر هشاً، فضلاً عن ذلك انخفاض في لزوجته والنفاذية البصرية له وزيادة قابلية ذوبانه في المذيبات. وذلك لأن جميع صفات البوليمر يعتمد اعتماداً كبيراً على طول السلسلة البوليمرية (الوزن الجزيئي) وأن المركبات الناتجة عن عملية الانحلال في البوليمرات تحتفظ بكثير من صفات المركب الاصلية إذ لم تكن جميعها، ومن البوليمرات التي تعاني من عملية التحلل الايسوبيوتين، السليلوز، بولي مثيل ميثا اكريلات والبولي ستايرين وغيرها بوجود الهواء (الاوكسجين). أما العملية الثانية فهي التشابك **Croslinking** وتعرف بانها تلك التفاعلات التي تؤدي الى ربط السلاسل المتبلمرة باواصر جانبية متقاطعة ينتج عنها في النهاية تراكيب شبكية معقدة التركيب وانها تحصل في البوليمرات التي تركيبها الكيميائي بالصيغة الاتية:



وهذه العملية تؤدي الى تكوين روابط جديدة بين الجزيئات المتقاربة في السلسلة البوليمرية مسببة زيادة في الوزن الجزيئي واللزوجة وصلابة واستقرارية البوليمر، فضلاً عن ذلك تسبب في زيادة معامل يونك، وبلورية المادة فتصبح المادة اكثر شفافية مع انخفاض عملية الذوبان وزيادة نفاذيته للضوء، وقد درست هذه الطريقة باسهاب خاصة في حالة البولي اثيلين، وقد وجد بان الاشعاع يؤدي الى ازاحة ذرات الهيدروجين من البوليمر كما مبين بالشكل:



وهذا يزيد من عدم الاشباع للجزيئات بتأثير اشعة كما في البولي اثيلين فتتولد جذوراً حرة تتفاعل بدورها مع جزيء او جذر حر آخر مولداً فرعاً او جزءاً يربط بين جزأين Cross link، لذا فان ازالة ذرات الهيدروجين من مجاميع المثيلين يؤدي الى تكوين اواصر مزدوجة مع توصيلات links جانبية. وتحدد عدد التوصيلات المتقاطعة هذه اعتماداً على كمية الهيدروجين المتحرر.

وهناك ثلاث آليات لميكانيكية التشابك وهي:

1. انشطار اصرة C-H وتحرر ذرة الهيدروجين واتحادها مع ذرة اخرى من سلسلة اخرى مكونة جزيئة الهيدروجين على شكل غاز متصاعد ثم يتحد جذرا البوليمر المتجاوران لتكوين التشابك.
 2. تفاعل المجاميع غير المشبعة (الاواصر المزدوجة) مع ذرات الهيدروجين لتكون جذور بوليمرية باستطاعتها الاتحاد.
 3. هجرة مواقع الجذور الحرة نتيجة انشطار C-H على طول سلاسل البوليمر وبعد ان يتجاوز اثنان منهم يتشابكان عرضياً.
- وان عمليتي الانحلال والتشابك يصاحبهما تصاعد الغازات مثل غاز الهيدروجين (H_2) او غاز ثاني اوكسيد الكربون (CO_2) او غاز اول اوكسيد الكربون (CO) وغيرها تبعاً لميكانيكية التفاعل [24].

(8-1) التآلف البوليمري Polymer Blends

إن عملية التآلف هي مزج نوعين او اكثر من البوليمرات المؤلفة مع عدم وجود أواصر تساهمية فيما بينهم [31].

ويعدّ التآلف طريقة ممتازة لتحسين وتحويل مختلف الخواص للبوليمرات لانتاج مواد جديدة بمواصفات وخصائص فيزيائية جديدة ومختلفة عن خصائص البوليمرات الاصلية واخفاء بعض الصفات غير المرغوبة فيها واطهار الصفات الجيدة والجديدة [33,32,7]. كتحسين الخصائص البصرية او الكهربائية مثل زيادة قابلية العزل لبعض البوليمرات [10]. فعلمية مزج البوليمرات مع بوليمرات اخرى او مواد اخرى تعدّ عملية سهلة وفعالة واقتصادية. وان الخواص الجديدة للبوليمرات الناتجة تعتمد على طبيعة البوليمر الاصلية والحالة الفيزيائية له والمادة الممزوجة معه وتعتمد على نسبة المواد الممزوجة وطبيعة التداخل بين المادتين والتجانس فيما بينهما والعمليات الصناعية التي يمر بها المنتج النهائي حيث ان المواد الممزوجة مع البوليمر يمكن ان تكون مادة غازية او سائلة او صلبة او بوليمر من نوع آخر ولهذا السبب فان عملية مزج البوليمرات مع مواد اخرى او بوليمرات اخرى يوفر مدى واسعاً من التراكيب الجديدة [34,18]، وفي بعض الاحيان يدعى التوليف البوليمري بالسبيكة البوليمرية ويوجد عدة

طرائق الغاية منها الحصول على التآلف بين البوليمرات ممكن إجرائها اعتماداً على التركيب المتشابك الجزيئي أو طريقة البلمرة أو غيرها ومن هذه الطرق هي الخلط الميكانيكي أو طريقة اذابة البوليمرات في المذيبات المناسبة لها ومزجها جيداً أو طريقة مزج دقائق المساحيق البوليمرية أو البلمرة المشتركة المطعمة والبلمرة المشتركة المتكتلة أو مداخلة السلاسل البوليمرية وغيرها من الطرائق [37,36,35]. ان هذه الطرائق تؤدي الى تكوين توليفة جديدة معقدة بخواص مختلفة عن خواص المواد الاولية المتكونة منها [38].

(9-1) الدراسات السابقة Literature Review

هناك كثير من الدراسات عن البوليمرات ودراسة خواصها الفيزيائية واثر التشعيع والموجات فوق السمعية عليها وعن التوليفات البوليمرية. ومن الدراسات السابقة التي لها علاقة بموضوع البحث حسب نوع البوليمر والانواع المؤلفة ولأجل المقارنة نذكر ما يأتي:

1- البولي ستايرين Polystyrene

أجريت عدة دراسات وبحوث على PS لدراسة خصائصها وتأثير التشعيع فيها فدرس (Paul etal, 1955) [39] تأثير أشعة بيتا على الخواص الكيميائية للبولي ستايرين. وقام (Verma and Peterlin, 1969) [40] بدراسة الطيف الرنيني المغزلي للإلكترونات عن طريق تشعيع البولي ستايرين بأشعة كاما. ودرس (Langton, 1969) [41] تأثير الموجات فوق الصوتية في بعض خصائص البولي ستايرين وتبين ان ظاهرة التهشيم تحصل عند (1MHz) وتزداد بزيادة زمن التعرض. وقام سعد [42] في 1979 بدراسة تهدم الاشعاع الالكتروني لـ (PS) باستعمال المجهر الالكتروني بنمط تشغيلي مختلف ولاحظ حدوث تغير طيف الرنين النووي المغناطيسي عند الترددات (180Hz) وأكد حصول التشابك العرضي.

وقام عبد الامير [43] عام 1980 بدراسة مقياس الجرعة المكافئة للنيوترونات السريعة في البولي ستايرين باستخدام طريقة التغير في متوسط الوزن الجزيئي ولاحظ حصول الترابط العرضي عند الجرعة الواطئة وحصول التحلل عند زيادة الجرعة ودرس تأثير الخزن في النماذج. ودرس كل

من (Faraj and Salih, 1981) [44] تأثير التشعيع بالالكترونات في PS فلاحظ تغير لون PS من الابيض الحليبي الى اللون اللبني.

وقام ميخائيل [45] في 1983 بدراسة تأثير جسيمات بيتا على مادة البولي ستايرين ولاحظ ان زيادة التعرض تؤدي الى التحلل والتفكك ثم التشابك.

ودرس (Luki etal, 1985) [46] بعض المحاليل لمادة البولي ستايرين المذاب في مذيبات مختلفة واثر التشعيع فيها ودرس بعض الخصائص البصرية ومنها الامتصاصية والشدة ولاحظ تغير الخصائص بتغير المذيب ولاحظ تغير لون المحاليل بالتشعيع وقام (Makhaeel, 1987) [47] بدراسة تأثير النيوترونات السريعة في عينات من PS المذابة في الكلوروفورم فلاحظ تحللها بعد التشعيع في الهواء.

وقامت سحر [48] في 1991 بدراسة تأثير الموجات فوق السمعية في التركيب الجزيئي لمحلول بولي ستايرين المرصوص والمذاب في مذيبات مختلفة. وكما قام زياد [49] في 1995 بدراسة تأثير اشعة كاما في بعض الخصائص الفيزيائية للبولي ستايرين المذاب في التلون فلاحظ حدوث ظاهرة الانحلال.

وقامت زينب [50] في عام 1996 بدراسة تأثير اشعة كاما في بعض الخواص البصرية لأغشية البولي ستايرين الرقيقة و المشوبة ولاحظت زيادة نسب التشويب تسبب في نقصان في فجوة الطاقة وان التشعيع يسبب الانحلال في الجرعة الواطنة 1,2 Mrad وتشابك في الجرعة العالية الاكبر من 2 Mrad.

وقام فراس [51] في 1999 بدراسة تأثير اشعة بيتا والضغط والرطوبة في بعض الخصائص الكهربائية للبولي ستايرين وجرع اشعاعية (1200 ، 1500) راد وبترددات اقل من (10 KHz) فلاحظ عدم حصول تغير في خصائص البولي ستايرين لاحتوائه على حلقات اروماتية تكون ذات مقاومة شديدة للاشعاع.

و درست حنان [52] عام 2000 تأثير النيوترونات على الخصائص البصرية للبولي ستايرين المشوب فوجدت ان عملية الانحلال والتشابك تعتمد على زمن التشعيع. أي ان التشعيع يسبب انحلال PS ويتحول الى التشابك مع زيادة زمن التشعيع.

2-بولي مثيل ميثاكريلات (Poly (methyl methacrylate)

وأجريت دراسات عديدة أيضاً على PMMA ومن هذه الدراسات (Kirchar, 1958) [53] درس تأثير اشعة كاما وبجرع مختلفة في خصائص PMMA فلاحظ تغير في بعض الخصائص.

ودرس (Mikhailov, G.P. etal, 1961) [54] تغير الخصائص الكهربائية مع تغير التردد ودرجة الحرارة فلاحظ انخفاض الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي بزيادة التردد KHz (1-100) كما لاحظ زيادة الجزء الحقيقي لثابت العزل الكهربائي مع درجات الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (4-95).

ودرس (Adamez, 1968) [55] التغير الحاصل في التوصيلية لـ PMMA بتعريضه لاشعة كاما.

وقام (Fadel, 1977) [56] بقياس تأثير التعرض للنيوترونات على (ϵ_f) للبوليمر PMMA ووجد ان عملية التشعيع قد ادت الى تراجع قيم ثابت العزل الكهربائي الحقيقي. ودرست لميس [57] عام 1979 تأثير كل من النيوترونات السريعة واشعة كاما في الوزن الجزيئي لـ PMMA ووجدت ان التشعيع ادى الى حصول الانحلال للبوليمر. ودرس ناهل [58] في 1983 تأثير دقائق بيتا بفيض $10^5 \beta/\text{cm}^2$ (4.58-20.62) وبطاقة Mev (1.7 – 0.6) في PMMA فوجدان المعدل اللزوجي للوزن الجزيئي يقل بزيادة كل من فيض وطاقه دقائق بيتا.

وقام حميد [59] عام 1983 بدراسة تغير ثابت العزل الكهربائي لـ PMMA مع التردد KHz (1-100) عند درجات الحرارة $^{\circ}\text{C}$ (35-50) فوجد ان ثابت العزل الكهربائي بجزيئه الحقيقي (ϵ_f) والخيالي (ϵ_f) يزداد بزيادة درجة الحرارة ضمن المدى المدروس.

ودرس (Ragen , 1986) [60] تأثير اشعة كاما في الامتصاصية البصرية والتوصيلية الكهربائية المستمرة لمادة PMMA الازرق اللون فلاحظ ان قيم العاملين تزداد مع زيادة التعرض الاشعاعي وبجرع (20-80) KGray.

وقام (Shukla etal, 1987) [61] بدراسة التوصيلية الكهربائية ضمن الترددات (1-100) KHz لبولي ميثاكريلات المثل وبولي ميثا اكريلات الاثيل فوجدوا ان التوصيلية الكهربائية تزداد مع التردد.

و درس (Hampsch etal, 1988) [62] الخواص البصرية لافلام PMMA وحدد Tg له وكانت 100°C .

و درس (Torikai etal, 1994) [32] بدراسة تأثير الاشعة فوق البنفسجية في الامتصاصية البصرية لـ PMMA فلاحظ زيادة الامتصاصية البصرية بزيادة زمن التشعيع. و درس عباس [63] في 1997 تأثير اشعة كاما في بعض الخصائص لـ PMMA وبينت الدراسة حالات الانحلال هي السائدة فيه بزيادة معدل الجرعة وزيادة في الامتصاصية البصرية والتوصيلية الكهربائية ونقصان في معامل الانكسار.

وقام محمد [64] في 1997 بدراسة الخواص البصرية والكهربائية والميكانيكية للبوليمرات الاكريلية ومنها PMMA والمحضرة بالطريقة الكيماوية التقليدية وباستخدام اشعة كاما وقام بعملية الامتزاج لتحسين الخواص الفيزيائية للبوليمرات النقية ووجد زيادة في الامتصاصية وفي عزلية البوليمرات نتيجة التشعيع والامتزاج.

وقام (Müller, 2000) [65] بدراسة عن بعض الخصائص البصرية لـ PMMA ولاحظ ان اعظم امتصاصية هي عند (269 nm).

3- البولي اثيلين Polyethylene

أما بالنسبة لـ (PE) ايضاً اجريت عديد من البحوث، حيث درس (Fox, 1967) [66] عن الانحلال بالاضاءة وربط بينه وبين الانحلال نتيجة التشعيع اذ تمكن من الحصول على مواد ذات درجات انصهار عالية.

وقام سعد [41] 1979 بدراسة تهدم الاشعاع الالكتروني للبوليمرات ومنها PE باستعمال المجهر الالكتروني بنمط تشغيلي مختلف ولاحظ تغير لون HDPE و LDPE مع زيادة الجرعة الاشعاعية نتيجة تزايد تفاعلات الانحلال في النماذج.

و درس (Aziz etal, 1981) [67] بعض الخواص الكهربائية والتغير الحاصل في اللزوجة للبولي اثيلين وذلك باستخدام اشعة كاما فحصل على بوليمر متشابك حيث استنتج بانه عند زيادة الجرعة الاشعاعية ادى هذا على زيادة الوزن الجزيئي مع زيادة في صلابة البوليمر.

و درس (Raab etal, 1982) [68] الخواص الميكانيكية لاغشية بوليمرية ومنها LDPE قبل وبعد التشعيع (بالاشعة فوق البنفسجية) ووجد ان التعرض لهذه الاشعة يؤدي الى حدوث

تغيرات في كل من الخواص الديناميكية الحركية واطياف استرخاء هذه البوليمرات. ودرس احسان [69] عام 1984 في الخواص الضوئية لـ HDPE و LDPE فلاحظ ان الامتصاصية تزداد بزيادة السمك ودرجة الحرارة نتيجة زيادة التفرعات الجانبية.

ودرس (Gal etal, 1986) [70] تأثيرات مضادات التأكسد و التشعيع باشعة كاما في سلوك منصهر LDPE الخطي والمتفرع ولاحظ ان تأثيرات التهدم والتشابك تظهر بسبب العمليات الكيميائية التي تتم تحت تأثير التفاعل الحراري الميكانيكي (المزج الحراري) او التشعيع.

وقام (Bleusove, etal, 1986) [71] بحساب سمك الطبقة المتهدمة للبولي اثيلين بتأثير الاشعاع باشعة كاما وباستخدام تقنية NMR.

واشار (Hikmet, 1987) [72] الى ان الجذور الحرة المتولدة بفعل الاشعاع ذات اهمية كبيرة في تحديد نسبة تبلور البولي اثيلين المشع بوجود الاوكسجين.

ودرس (Nakamura, 1987) [73] انحلال PE نتيجة تعرضه للحرارة واشعة كاما وبجرعات الاشعاعية عالية فوجد انه بزيادة درجة الحرارة والجرعة الاشعاعية تنخفض قيمة ثابت العزل.

ودرس (Omlchl, etal, 1989) [74] تأثير الاشعاع في اوزان النماذج المحضرة بعد التشعيع ولاحظ ان الاوزان تزداد نتيجة زيادة الجذور الحرة المشتركة في عملية التطعيم في مادة PE.

ودرس (Novakovic etal, 1990) [75] عن اثر التشعيع في PE واثرها في استقرار نظام PE فلاحظ حصول التشابك في النماذج نتيجة التشعيع وزيادة جرعة الهلام المتكون في المادة.

ودرس (Banford etal, 1991) [76] تأثير التشعيع في LDPE في اوساط مختلفة (الهواء، الهيدروجين، النيتروجين او الاكسجين) واثرها في التيار النبضي حيث لاحظ ان اثر التشعيع يكون اكبر في النموذج الموضوع في الهواء.

ودرس (Goldman etal, 1996) [77] الخواص التركيبية والمورفولوجية للبولي اثيلين بتأثير كل من التعقيم باشعة كاما والتقادم الزمني والمستخدم في الاغراض الطبية.

وقامت صبا [78] في 1996 بدراسة تأثير التشويب واشعة كاما في بعض الخصائص الضوئية لاجشية LDPE النقي والمشوب فلاحظت ان التشويب يؤدي إلى تقليل فجوة الطاقة الممنوعة أما التشعيع وبجرعة (2, 3, 5 Mrad) فيؤدي الى زيادة فجوة الطاقة الممنوعة والى التشابك وبجرعة (10, 15, 50, 100 Mrad) يؤدي الى تقليل فجوة الطاقة الممنوعة والى عملية الانحلال. وقام فراس [50] في 1999 بدراسة تأثير اشعة بيتا والضغط والرطوبة في بعض الخصائص الكهربائية لبعض العوازل ومنها HDPE و LDPE فلاحظ ان التشعيع وبالجرع (2000, 1500 rad) وبتردد اقل من (10KHz) ادى الى زيادة في قيم الخصائص الكهربائية (ثابت العزل جزئيه الحقيقي والخيالي وزاوية الفقدان).

4- الدراسات والبحوث عن التوليفات البوليمرية

درس (Busfiled, 1982) [79] عن المواد الناتجة والمتطايرة من البوليمرات المؤلفة من PS مع PMMA نتيجة تعرضه لأشعة كاما. أيضاً ودرس (Ubel etal, 1983) [80] المواد المتراكبة المكونة من الستايرين/مثيل ميثا اكريلات بتقنية الرنين المغناطيسي H-NMR في المنطقة 2.1-3.78 فلاحظ حدوث اشارة ايجابية لهذه المواد أي تم الحصول على اشارات استجابية. ودرس (Tapan, 1986) [10] عن التوليفة البوليمرية المكونة من PS مع PMMA وينسب معينة وتم قياس بعض الخصائص الكهربائية ولا سيما في الترددات المايكروية 9.375 GHz ولاحظ ان العلاقة بين (ϵ_r) والمعامل الحجمي باضافة PMMA هي خطية وان (ϵ_r) يزداد بزيادة نسب التوليف وان $\tan\delta$ قيمها بحدود 0.045 – 0.150 فحصل على خصائص عزلية ممتازة وملئمة للترددات المايكروية ولاحظ ان بعض الخصائص الميكانيكية قد تحسنت وخاصة القوة والصلابة. كما قام (Christopher etal, 1986) [81] بدراسة عن البوليمرات المؤلفة من PS مع PMMA بصورة محاليل وبقياس التناضح واللزوجة والاستطارة النيوترونية وبقياس الزاوية الصغرى.

ودرس (Torikai etal, 1986) [82] البوليمرات المؤلفة بين PS مع PMMA ولاحظ حصول التفاعل بين المونمرين ستايرين و مثيل ميثا اكريلات وحصول الانحلال الضوئي لهذه التوليفة.

ودرس (Torikai etal, 1988) [33] البوليمرات المؤلفة من PS مع PMMA وباستعمال مطياف UV و FTIR وقياس اللزوجة وتأثير التشعيع عليها فلاحظ حصول الانحلال الضوئي وان لـ PMMA دور كبير في هذه العملية وزيادة في انتقالات السلسلة عند قياس اللزوجة وانها تزداد بزيادة نسبة PMMA في التوليفة.

ودرس (Sabm etal, 1992) [83] التوليفة البوليمرية المكونة من PS/PMMA وبطريقة الكوبوليمر المتكامل فاجرى عدة قياسات عليها منها الوزن الجزيئي والطيف البصري والالكتروني فلاحظ حصول تشتت في ابعاد الصورة المكونة في جهاز المطياف ولا سيما عند نسبة 50% ولاحظ ان كفاءة التوليفة المكونة تعتمد على نوعية البوليمرات المكونة للتوليفة ووزانها الجزيئية.

وقام (Kressler etal, 1994) [84] بدراسة التفاعل بين PS و PMMA واثار درجة الحرارة في هذا التفاعل باستخدام ثلاث نظريات فلاحظ ان الاعتماد فيها يكون على الحجم بصورة كبيرة ولكن باجراء مقارنة بين البيانات المستخلصة عملياً ونظرياً تبين ان الاعتماد يكون على الحجم والطول.

ودرس (Torikai etal, 1994) [32] بلمرة كل ميثاكريلات والستايرين والبوليمر المشترك منهما باستخدام اشعة كاما. فلاحظوا حصول الانحلال بفعل التشعيع من خلال اطياف الاشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء.

ودرس (Jannasch, 1996) [85] التوليفات البوليمرية المكونة من PS المطعم بأوكسيد الاثيلين PEO فتوصل الى حالة الانسجام بينهما ولاحظ حصول تعدد في الاطوار للتوليفة مع تغير في الخصائص الميكانيكية وتحسنها كالمتانة والتماسك.

وأجرى خالد [86] في 1998 بدراسة بعض الخصائص الميكانيكية والحرارية للتوليفة PMMA و PS وبنسب معينة واجرى عليها عدة اختبارات منها اختبار مقاومة الصدمة والصلادة

وقياس درجة الانتقال الزجاجي ودرجة الثبوت الحراري فلاحظ اعتماد المتانة على نوع المجاميع ونسبها وتحسن في درجة الثبوت الحراري وقوة الصدمة مع زيادة النسب.

ودرس (Hahm et al, 1998) [87] التوليفة البوليمرية المتكونة من PS مع PMMA وبشكل افلام بوليمرية رقيقة وبطريقة قياس الطيف الذري لهذه التوليفة وملاحظة الصفات الناتجة منها فحصل على صفات جيدة.

ودرس (Nasef et al, 1999) [88] المواد المترابطة المكونة من LDPE المطعم بـ PS والمحضرة بطريقة البلمرة المطعمة والمشع بالاشعة المحتثة في ان واحد لافلام الستايرين والبولي اثيلين واطى الكثافة فوجدوا ان هناك عوامل متعددة تؤثر في الخصائص الناتجة من التوليفة منها نسب البوليمرات المكونة للمترابطة ودرجة التطعيم ومعدل الجرعة وغيرها وان اضافة PS الى التوليفة وصل الى 80% من حجم المحلول كحد أقصى. واجرى قياسات حيود الاشعة السينية فوجد ان درجة التبلور تقل بزيادة درجة التطعيم ولاحظ تحسن في الخصائص الميكانيكية.

ودرس (Ade et al, 1999) [89] التوليفة المكونة من PMMA مع PS وبشكل افلام رقيقة والمحضرة بطريقة اذابة كل من PS و PMMA في التلوين وقام بقياس الخواص المورفولوجية والديناميكية من خلال عمليات انفصال الطور والمطيافية وحيود الاشعة السينية ووجدوا ان الامتصاصية تتغير وان زيادة نسبة PMMA تؤدي الى تحسن هذه الخصائص.

(10-1) الهدف من البحث Aim of the Work

يهدف البحث الى دراسة بعض الخصائص البصرية والكهربائية لنماذج بوليمرية (من بوليمرات مختلفة القطبية) PS ، PMMA ، PE و توليفات بوليمرية PS:PMMA و PS:LDPE ومجالات استخدامها في الصناعة ولا سيما في الصناعات المعتمدة على الخصائص البصرية والالكترونية والكهربائية. وتحسين هذه الخصائص لزيادة مجالات استخدامها ولا سيما في مجال التوهين (لامتصاص الموجات الرادارية) وذلك بزيادة ثابت العزل الكهربائي لاشعة كما في احدث التغيرات في خواص البوليمرات النقية والمؤلفات البوليمرية وكذلك معرفة مقاومة هذه المواد للعمل في وسط اشعاعي.

(1-2) الخصائص الفيزيائية Physical Properties

اصبحت دراسة الخصائص الفيزيائية من الامور المهمة من الناحية النظرية والعملية لاهميتها في عملية تصنيع البوليمرات حيث من خلالها يمكن ادخال الكثير من التحسينات عليها او تحويلها وحسب الحاجة اليها. ومن الخصائص التي قمنا بدراستها في بحثنا هذا الخصائص الكهربائية والبصرية.

(2-2) الخصائص البصرية للبوليمرات**Optical Properties of Polymers**

تعدّ دراسة الخصائص البصرية من الخصائص المهمة التي من خلالها يمكن الحصول على العديد من المعلومات منها ما يخص بالتركيب الداخلي وطبيعة الاواصر ومجالات استخدامها بوساطة معرفة مقدار الامتصاصية والنفاذية والانعكاسية للنماذج البوليمرية ففي المدى (200-400) نانوميتراري ضمن مدى الاشعة فوق البنفسجية القريبة (UV) يمكن تحديد طاقة الفجوة ونوع الاواصر، وفي منطقة الطيف المرئي (VIS) التي تمتد الى (750) نانوميتر تعطينا فكرة عن مجال استخدام هذه المواد في التطبيقات الشمسية واكثر من (750) نانوميتر أي طيف الاشعة تحت الحمراء (IR) تعطينا معلومات عن التركيب العام للبوليمر والعناصر الداخلة في تركيبها العام [90, 91].

(1-2-2) معامل الامتصاص Absorption Coefficient

يعرف معامل الامتصاص (α) بأنه نسبة النقصان في فيض طاقة الاشعاع بالنسبة لوحدّة المسافة باتجاه انتشار الموجة داخل الوسط. ويعتمد على نوع المادة الماصة والطول الموجي للضوء الساقط [92]. ولحساب معامل الامتصاص يتم استخدام صيغة قانون بييرلامبرت (Beer-Lamberts Law) الذي ينص على انه عند سقوط حزمة ضوئية احادية الموجة ذات شدة I_0 خلال عينة سمكها d فان شدة الحزمة النافذة I تعطى بالعلاقة:

$$I = I_0 e^{-\alpha d} \dots\dots\dots (1-2)$$

حيث: α معامل الامتصاص

ويمكن كتابة المعادلة (1-2) بالشكل التالي

$$\text{Ln}\left(\frac{I_0}{I}\right) = \alpha d$$

$$\alpha d = 2.303 \text{ Log } \frac{I_0}{I} \dots\dots\dots (3-2)$$

وبما ان

$$\text{Log } \frac{I_0}{I} = A \dots\dots\dots (4-2)$$

$$\therefore \alpha = \frac{2.303}{d} A \dots\dots\dots (5-2)$$

حيث: A الامتصاصية

كما يمكن حساب معامل الامتصاص من طيف المفاذية (T) [93 , 92]:

$$\alpha = \frac{2.303}{d} \text{Log}\left(\frac{1}{T}\right) \dots\dots\dots (6-2)$$

$$T = \left(\frac{I}{I_0}\right) \text{ حيث:}$$

في حين تعطى الانعكاسية (R`) بدلالة الامتصاصية (A) والنفاذية (T) بالعلاقة الاتية

$$R` + A + T = 1 \dots\dots\dots (7-2)$$

Extinction Coefficient (k₀) معامل الخمود (2-2-2)

وهو الحد الخيالي لمعامل الانكسار ويحسب كما يأتي [92]

$$K_0 = \frac{\alpha \lambda}{4\pi} \dots\dots\dots (8-2)$$

حيث: λ الطول الموجي

وان العلاقة بين الانعكاسية ومعامل الخمود والحد الحقيقي لمعامل الانكسار (n) تكون كما يأتي

: [92]

$$R' = \frac{(n_0 - 1)^2 + K_0^2}{(n_0 + 1)^2 + K_0^2} \dots\dots\dots (9-2)$$

Fundamental Absorption Edge الأساسية (3-2-2) حافة الامتصاص

إن حافة الامتصاص في المواد البلورية تبدأ في الانتقالات البصرية بين حزمة التكافؤ (Valence Band) وحزمة التوصيل (Conduction Band). وتدعى حافة الامتصاص المتمثلة بأقل فرق طاقة بين أعلى نقطة في حزمة التكافؤ وأوطأ نقطة في حزمة التوصيل بفجوة الطاقة البصرية (E_g) وان الامتصاص البصري الحاصل ضمن حافة الامتصاص بصورة أساسية متأثراً عن انتقالات الكترونية مباشرة او غير مباشرة (Direct Transition or Indirect Transition) كما في الشكلين (1-2) و (2-2) في الانتقال المباشر يكون للانتقالات قيمة متجه الموجة \bar{K} نفسها ولا يحدث فيها فقدان في الزخم عند الانتقال ولا يعتمد على درجة الحرارة ويصاحب الانتقال تحقيق قانوني حفظ الطاقة والزخم.

$$\hbar\bar{K}_i + \hbar\bar{\beta} = \hbar\bar{K}_f \quad \dots\dots\dots(10-2)$$

حيث \bar{K}_f متجه الموجة للإلكترون في حزمة التوصيل.

\bar{K}_i متجه الموجة للإلكترون في حزمة التكافؤ.

$\bar{\beta}$ متجه الموجة للفوتونات الساقطة.

\hbar ثابت ديراك.

ويمكن اهمال $\bar{\beta}$ وعليه $\bar{K}_f = \bar{K}_i$. أي ان الالكترونات تنتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل انتقالاً عمودياً مباشراً بالمتجه الموجي K نفسه، وان الطاقة التي يكتسبها الإلكترون هي بقدر طاقة الفوتون الذي يتفاعل معه وهي مساوية لطاقة الفجوة المباشرة او اكبر، ويمكن

الاستدلال على هذا النوع من الانتقال عندما يكون $\alpha > 10^3 \text{ cm}^{-1}$

$$E_f (c) - E_i (V) = \hbar f \quad \dots\dots\dots(11-2)$$

ويرتبط معامل الامتصاص بطاقة الفجوة المباشرة بالعلاقة:

$$\alpha = \alpha_0 (hf - E_g)^f / \hbar f \quad \dots\dots\dots(12-2)$$

α_0 كمية ثابتة تعتمد على احتمالية الانتقال.

E_g طاقة الفجوة المباشرة و f التردد.

وان قيمة $r = \frac{1}{2}$ في الانتقال المباشر المسموح

في الانتقال المباشر الممنوع. $r = \frac{3}{2}$

اما في الانتقال غير المباشر تكون للانتقالات قيم مختلفة لمتجه الموجة وهنا يحكم هذه الانتقالات قوانين حفظ الزخم بمساعدة جسيم ثالث وهو الفونون على وفق العلاقة

$$\hbar\bar{\mathbf{K}}_i + \hbar\bar{\beta} = \hbar\bar{\mathbf{K}}_f \pm \hbar\bar{\mathbf{q}} \dots\dots\dots (13-2)$$

$\bar{\mathbf{q}}$ المتجه الموجي للفوتون (+) لفونون ممتص، (-) لفونون منبعث، ويمكن الاستدلال على هذا

النوع من الانتقالات عندما يكون معامل الامتصاص $\alpha < 10^3 \text{ cm}^{-1}$ حيث الطاقات الفوتونية الصغيرة.

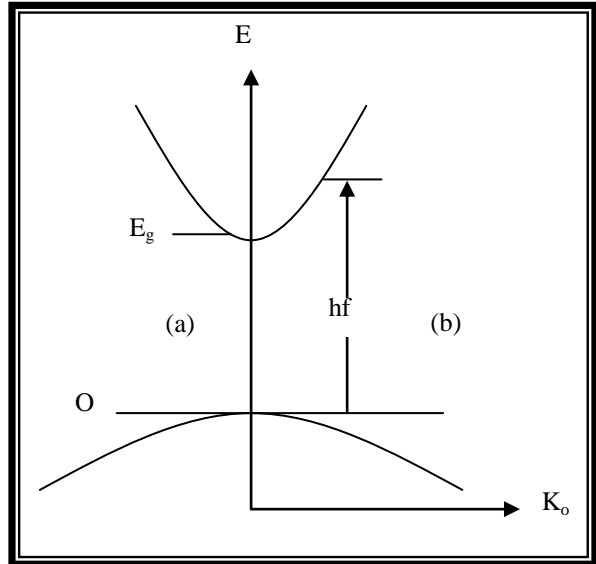
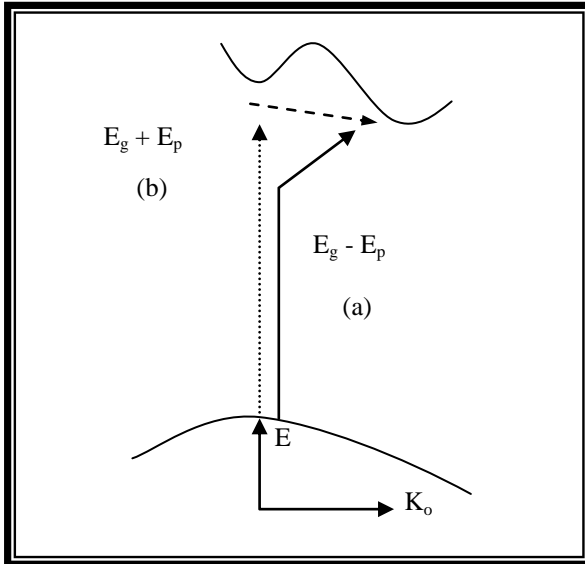
اما العلاقة بين معامل الامتصاص وطاقة الفجوة فهي:

$$\alpha = \alpha_0 (\hbar f - E_g \mp E_p)^r / \hbar f \dots\dots\dots (14-2)$$

حيث ان قيمة $r = 2$ في الانتقال غير المباشر المسموح.

$r = 3$ في الانتقال غير المباشر الممنوع.

ويمكن توضيح طيف الامتصاص ومناطق الامتصاص في الشكل (3-2) [96 , 95 , 94] .



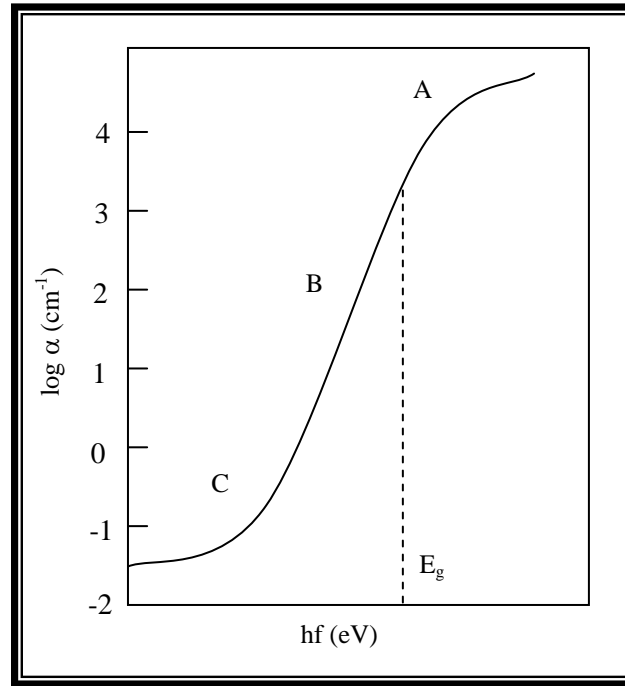
شكل (2-2) الانتقال غير المباشر

(a) عند امتصاص الفونون

(b) عند انبعاث الفونون

شكل (1-2) الانتقال المباشر

(a) المسموح (b) الممنوع



شكل (3-2) المناطق الرئيسية لطيف معامل الامتصاص البصري

وتتميز حافة الامتصاص بثلاث مناطق رئيسية [94]:

1- منطقة الامتصاص العالي (A) High Absorption Region

تمتاز هذه المنطقة بمعامل امتصاص عالي تكون قيمته اكبر او تساوي 10^4 cm^{-1} وتمثل الانتقالات من المستويات الممتدة في حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل كما مبين في الجزء A من الشكل (3-2) والتي يمكن من خلالها معرفة قيمة فجوة الطاقة البصرية من خلال المعادلة (12-2).

2- المنطقة الاسية (B) Exponential Region

في هذه المنطقة تتراوح قيمة معامل الامتصاص $1 < \alpha < 10^4 \text{ cm}^{-1}$ تنتج هذه المنطقة من حدوث الانتقالات من المستويات الممتدة في حزمة التكافؤ الى المستويات الموضعية عند قعر حزمة التوصيل، وكذلك من المستويات الموضعية عند قمة حزمة التكافؤ الى المستويات الممتدة عند حزمة التوصيل. ويعطى معامل الامتصاص في هذه المنطقة حسب علاقة اورباخ (Urbach) بالمعادلة الاتية:

$$\alpha = \alpha_0 \exp(hf / E') \dots\dots\dots(15-2)$$

E' عرض الذيل (Tail Width) للحالات الموضعية.

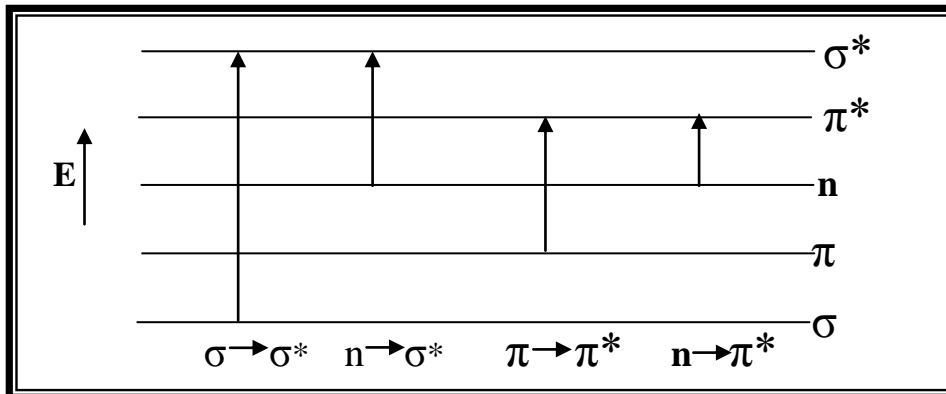
وتتمثل هذه المنطقة في الجزء B من الشكل (3-2).

3- منطقة الامتصاص الضعيف (C) Low Absorption Region

في هذه المنطقة تكون قيمة معامل الامتصاص (α) صغيرة جداً اقل من (1cm^{-1}) وتمثل هذه المنطقة الانتقالات الالكترونية بين ذبول داخل فجوة الطاقة البصرية (E_g) وكما موضح في الجزء (C) من الشكل (3-2).

(4-2-2) طبيعة الحالات المثيجة The Nature of the Excited States

تشمل الطاقة الكلية للجزيئة مجموع كل من طاقتها الرابطة او الطاقة الالكترونية وطاقتها الاهتزازية وطاقاتها الدورانية. ان طاقة الاشعاع الكهرومغناطيسي تحدث في المنطقة فوق البنفسجية تغيرات في الطاقة الالكترونية للجزيئة وذلك بسبب الانتقالات الالكترونية ضمن مدارات الجزيئة. أي انتقال الالكترون من المدار الجزيئي المنخفض الطاقة σ ، π الى المدار الجزيئي العالي الطاقة σ^* ، π^* . والشكل (4-2) يبين الانتقالات الالكترونية للجزيئة المثارة. حيث يقع الانتقال ($\sigma \rightarrow \sigma^*$) في المنطقة فوق البنفسجية البعيدة (125 – 135nm) اما الانتقال ($n \rightarrow \sigma^*$) فيقع في مدى الاطوال الموجبة (150 – 200 nm). في حين تقع الانتقالات ($\pi \rightarrow \pi^*$) و ($n \rightarrow \pi^*$) في طيف الاشعة فوق البنفسجية القريبة من المنطقة المرئية [97 , 98].



شكل (4-2) الانتقالات الالكترونية للجزيئة المثارة

(3-2) الخصائص الكهربائية للبوليمرات

Electrical properties of polymers

تزداد الأهمية في استخدام البوليمرات في حقل الصناعة الكهربائية كعوازل Insulators يوماً بعد يوم لما يمتاز به البوليمر من قوة العزل العالية ومقاومته لمرور التيار الكهربائي العالي جداً وخاصة استخدامه في المجال الهندسي وفي الصناعات الإلكترونية لتثبيت الدوائر الإلكترونية وكمواد سائدة لها. ويعتمد اختيار العوازل البوليمرية على شدة العزل والصفات الفيزيائية الأخرى في مدى واسع من درجات الحرارة و تردد المجال الكهربائي [20 , 99].

Electrical Conductivity التوصيلية الكهربائية (1-3-2)

إن التوصيلية الكهربائية (σ) هي قابلية المادة على التوصيل الكهربائي وهي معكوس المقاومة. وتعتمد على عاملين رئيسيين هما: حاملات الشحنة والتحريرية، وإن حاملات الشحنة هي الكترولونات أو فجوات أو أيونات متولدة ذاتياً ويمكن أن تكون متولدة من الشوائب ويمكن التعبير عن التوصيلية الكهربائية (σ) بالمعادلة الآتية [4]:

$$\sigma = qn'\mu \dots\dots\dots (16-2)$$

حيث: n' كثافة حاملات الشحنة الكهربائية $\text{Coul} / \text{cm}^3$

μ حركتها $\text{cm}^2/\text{V.s}$

q الشحنة الكهربائية

وقد تكون هناك اسهامات متنوعة في حاملات الشحنة لذا تصبح المعادلة (16-2) بالشكل الآتي:

$$\sigma = \sum_{i=1}^{\infty} qn'_i\mu_i \dots\dots\dots (17-2)$$

أما في حالة البوليمرات فإن الأيونات الحرة غير المرتبطة كيميائياً هي الناقلات الأساسية

للشحنة. وتتناسب التوصيلية اسياً مع درجة الحرارة كما في العلاقة الآتية [100]:

$$\sigma = \sigma_0 \exp - E_0 / k_B T \dots\dots\dots (18-2)$$

حيث: σ_0 التوصيلية عند الصفر المطلق

E_0 طاقة التنشيط

k_B ثابت بولتزمان

T درجة الحرارة المطلقة

وان σ للبوليمرات تتراوح بين $(10^{-2} - 10^{-11}) (\Omega \text{ cm})^{-1}$ [20].

Polar and nonpolar polymers البوليمرات القطبية واللاقطبية (2-3-2)

إن الاواصر الكيميائية تكون على العموم قطبية (تمتلك جزيئاتها عزم ثنائى القطب دائم) أو

لاقطبية وتكون الاصرة شديدة القطبية عندما تكون ايونية وتعد الاصرة لاقببية عندما تكون

تساهمية تربط بين ذرات متشابهة كما في جزيئة الهيدروجين H_2 والاكسجين O_2 . ويكون ترتيب

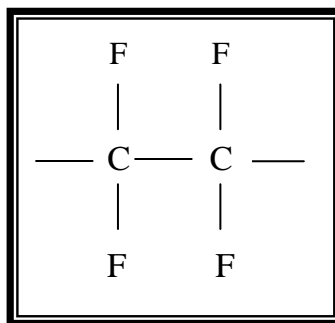
جميع الاواصر الكيميائية من حيث شدة القطبية واقعاً بين الحالة الاولى والثانية:

ان الاواصر تعد قطبية عندما تكون الكثافة الالكترونية للاواصر $C-Cl$ ، $C-F$ ، $C-COOCH_3$

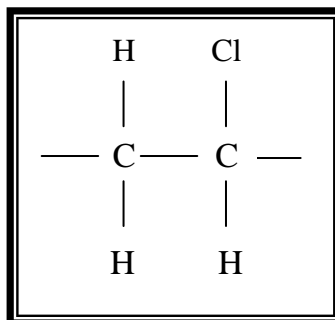
عالية من جهة المجموعة المرتبطة بذرة الكربون وقليلة قرب ذرة الكربون لكن عندما تكون هذه

الاواصر متناظرة مع بعضها فلا تكون قطبية مثل بولي رباعي فلورو اثيلين رغم احتوائه على

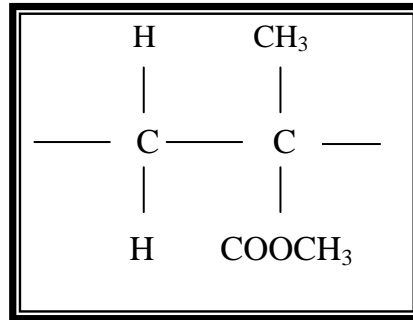
اواصر (C-F)



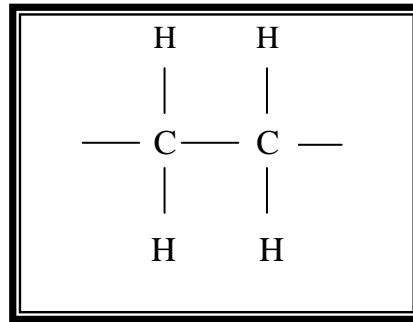
ومن البوليمرات القطبية هي بولي كلوريد الفينيل



ويكون بولي مثيل اكريلات اقل قطبية من بولي كلوريد الفينيل



وان البوليمرات الهيدروكربونية غير قطبية عموماً مثل البولي اثيلين (بسبب تشابه مجاميع الذرات المحيطة بذرة (الكربون) [101, 64, 11, 1]



Electric Polarization (\bar{P}) الكهربائي (3-3-2)

إن الاستقطاب الكهربائي يعرف بأنه محصلة عزوم الثنائيات القطبية وحدة الحجم من المادة. وان ظاهرة الاستقطاب في المادة العازلة تنتج بواسطة الاستقطاب الالكتروني او الايوني او التوجيهي.

وتصنف الاليات المسؤولة عن الاستقطاب الى ما يأتي [102-100]

1- الاستقطابية الالكترونية Electronic polarization

ويعرف بأنه اجهاد في الذرة بسبب تسليط مجال كهربائي وينتج بسبب الفصل بين مركز الشحنات الموجبة في النواة ومركز الشحنات السالبة للالكترونات المحيطة بالنواة وفي غياب المجال الكهربائي يتطابق مركز الشحنات الموجبة والسالبة.

وان عزمًا ثنائي القطب (μ_e) يتناسب طردياً مع المجال الكهربائي (E_e) كما في العلاقة الآتية

$$\mu_e = \alpha_e E_e \dots\dots\dots (19-2)$$

حيث: α_e الاستقطابية الالكترونية

ويقع الاستقطاب ضمن الترددات البصرية ولا يعتمد على درجة الحرارة في المواد الغازية غير القطبية والمواد القطبية الخالية من ثنائيات الاقطاب الدائمة.

2- الاستقطابية الايونية Ionic polarization

وهو الاستقطاب الناشئ من ازالة الايون السالب والموجب عن بعضهما داخل الجزيئة

فيتكون عزم ثنائي القطب (μ_i) يعبر عنه كما في العلاقة الآتية

$$\mu_i = \alpha_i E_i \dots\dots\dots (20-2)$$

حيث: α_i الاستقطابية الايونية

ويبرز تأثيره ضمن ترددات المجال الكهربائي في منطقة الاشعة تحت الحمراء، ولا يعتمد على درجة الحرارة.

3- الاستقطابية الاتجاهية Orientation polarization

ينشأ في المواد التي تمتلك ثنائي قطب دائمي نتيجة لدورانه حول محور التناظر فيه

وبالتالي تترتب باتجاه المجال الكهربائي المسلط. ويعتمد هذا النوع على درجة الحرارة بشكل كبير

وتعطى الاستقطابية الاتجاهية او الاستقطابية التوجيهية (α_d) بالعلاقة الآتية:

$$\alpha_d = \frac{\mu^2}{3k_B T} \dots\dots\dots (21-2)$$

حيث: μ عزم ثنائي القطب الدائم، k_B ثابت بولتزمان

T درجة الحرارة المطلقة

ويمكن تعريف عزم ثنائي القطب للانواع الثلاث للاستقطاب بصيغة لنجفان-ديباي (Langvin-

Debye formula) كما يلي [102-100]

$$\mu_{tot} = \left(\alpha_e + \alpha_i + \frac{\mu^2}{3k_B T} \right) E \dots\dots\dots (22-2)$$

Complex Permittivity (4-3-2) السماحية النسبية

تعدّ السماحية النسبية او ثابت العزل الكهربائي من الخصائص المميزة للمواد العازلة.

ويعبر عنها بانها قابلية المادة على الاستقطاب وهي النسبة بين سعة المادة بوجود العازل C_D بوجود الهواء C_0

$$\epsilon_r = \frac{C_D}{C_0} \dots\dots\dots (23-2)$$

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A_0}{d} \dots\dots\dots (24-2)$$

$$C_D = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A_0}{d} \dots\dots\dots (25-2)$$

حيث: ϵ سماحية المادة العازلة

ϵ_r السماحية النسبية (او ثابت العزل الكهربائي)

ϵ_0 سماحية الفراغ

A_0 مساحة احد لوحى المتسعة

d المسافة بين لوحى المتسعة

وان قيمة السماحية النسبية تعتمد على نوع المادة وتردد الفولتية المسلطة، ويمكن ملاحظة

هذا التغير في تلك المواد التي بها انواع الاستقطاب الكهربائي التي تم شرحها. وان السماحية

النسبية تتكون من مركبتين المركبة الحقيقية (ثابت العزل ϵ_r') والمركبة الخيالية ϵ_r'' (فقد العزل الكهربائي)

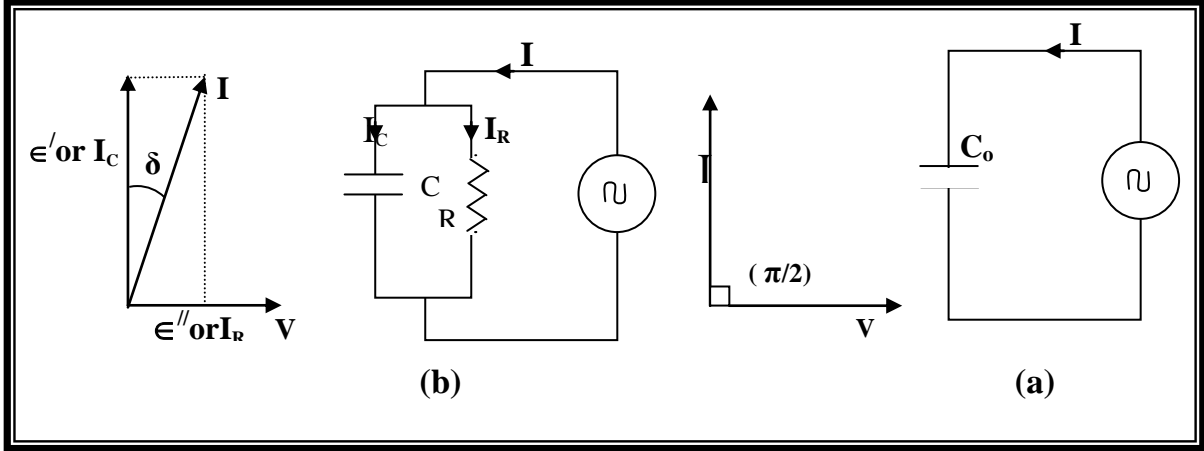
وحسب المعادلة التالية:

$$\epsilon_r = \epsilon_r' - j\epsilon_r'' \dots\dots\dots (26-2)$$

فعدت تسليط مجال متناوب على المتسعة فالتيار المار في المتسعة يتقدم على الفولتية بزاوية $\frac{\pi}{2}$

في الدائرة المثالية ولكن في الحقيقة فان زاوية الطور ليست بالضبط $\frac{\pi}{2}$ بل اقل منها وتدعى (δ)

وكما في الشكل التالي:



شكل (5-2) (a) الدائرة المكافئة لتمسعة مثالية (b) الدائرة المكافئة لتمسعة عملية

وللتيار I مركبتين I_R باتجاه الفولتية (التيار المار بالمقاومة) I_C يكون عمودياً على I_R (وهو التيار المار في المستعة)، ونتيجة لوجود المركبتين I_C و I_R فيمكن تمثيل التيار I بالمعادلة:

$$I' = I_R + jI_C = \frac{V}{R} + j\omega CV \dots\dots\dots (27-2)$$

حيث: V يمثل فرق الجهد المسلط

ω التردد الزاوي

ويمكن تمثيل التيار I' المار بالدائرة بالمعادلة التالية:

$$I' = j\omega \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A_0}{d} V \dots\dots\dots (28-2)$$

وبالتعويض عن قيمة ϵ_r من المعادلة (26-2) في المعادلة (28-2) نحصل على:

$$I' = j\omega \epsilon_0 (\epsilon_r - j\epsilon_r') \frac{A_0}{d} V \dots\dots\dots (29-2)$$

وبمقارنة هذه المعادلة مع المعادلة (27-2) نحصل على:

$$I_R = \omega \epsilon_r' \epsilon_0 \frac{A_0}{d} V \dots\dots\dots (30-2)$$

$$I_C = \omega \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A_0}{d} V \dots\dots\dots (31-2)$$

ومن هاتين المعادلتين ومن المعادلة (27-2) نحصل على:

$$C = \frac{\epsilon_r' \epsilon_0 A_0}{d} \dots\dots\dots (32-2)$$

$$R = \frac{d}{w \epsilon_r'' \epsilon_0 A_0} \dots\dots\dots (33-2)$$

أي ان

$$\epsilon_r' = \frac{Cd}{\epsilon_0 A_0} \dots\dots\dots (34-2)$$

$$\epsilon_r'' = \frac{d}{w \epsilon_0 A_0 R} \dots\dots\dots (35-2)$$

وان ظل زاوية الفقد $\tan \delta$ (عامل الخسارة) يمكن حسابه من المعادلة:

$$\tan \delta = \frac{\epsilon_r''}{\epsilon_r'} \dots\dots\dots (36-2)$$

وان المتسعة العملية تمثل بمقاومة ومتسعة مثالية يدل على ان المتسعة تبدد قدرة قدرها (VI) او (V^2/R) وكلما اقتربت المتسعة من الحالة المثالية قلت القدرة المفقودة حيث ϵ_r'' تقترب من الصفر وكذلك الزاوية δ ، ويعبر عن القدرة المتبددة بدلالة التوصيلية الكهربائية المتناوبة $\sigma_{a.c}$ حيث انها تمثل في العازل مقياساً للحرارة المتولدة نتيجة لدوران ثنائيات القطب في مواقعها واهتزاز الشحنات بتغير المجال المتناوب فيكون:

$$\sigma_{a.c} = \frac{d}{RA_0} \dots\dots\dots (37-2)$$

وان

$$R = \frac{1}{\sigma_{a.c}} \frac{d}{A_0} \dots\dots\dots (38-2)$$

ومن المعادلتين (35-2) و (37-2) يكون

$$\sigma_{a.c} = w \epsilon_0 \epsilon_r'' \dots\dots\dots (39-2)$$

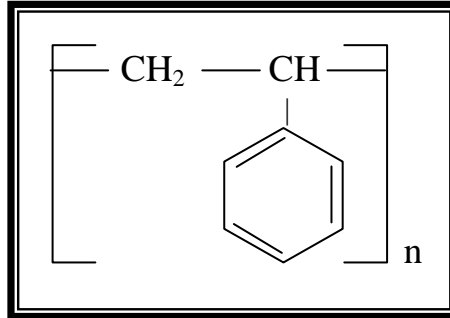
وعليه فان سماحية العازل تتألف من جزئين جزء حقيقي يمثل مقياساً لسعة المتسعة والاستقطاب وجزء خيالي يمثل مقدار الطاقة المتبددة في المادة العازلة [104,103].

Introduction المقدمة (1-3)

يتضمن هذا الفصل شرحاً مفصلاً عن المواد المستخدمة في البحث وعن الاجهزة المستخدمة وطريقة تحضير النماذج البوليمرية النقية والمؤلفة.

Employed Materials المواد المستخدمة (2-3)**polystyrene البولي ستايرين (1-2-3)**

يعد البولي ستايرين من اهم البوليمرات الصناعية والتجارية في الوقت الحاضر، حيث بدأ انتاجه في اواخر الثلاثينات، وهو من البوليمرات الرخيصة الثمن نسبياً، ويزداد استعماله العالمي يوماً بعد اليوم [33, 14]. له قابلية على الذوبان في بعض المذيبات مثل (البنزين Benzene، التولوين Toluene، تتراهيدروفوران Tetrahydrofuran، ساكلوهكسان Cyclohexanon، رابع كلوريد الكربون Carbob Tetrachloride، الزايلين Xylene، والكلوروفورم Chloroform وغيرها من المذيبات) [48]، وله مقاومة عالية ضد الماء والاحماض والقلويات، ويتراوح الوزن الجزيئي له بين ($2 \times 10^5 - 7 \times 10^4$) ولقد تم الحصول على انواع منه ذات وزن جزيئي يعادل 6×10^6 تقريباً، وتتراوح كثافته بين $(1.05-1.07) \text{ gm/cm}^3$ للمتلور و gm/cm^3 (1.12) للغير المتبلور ويأخذ الصيغة الكيميائية الاتية [17, 11]:



حيث: n تمثل عدد الوحدات المتكررة من المونومر.

وهو من البوليمرات الشفافة سهلة التلوين والتصنيع والتكيف وذات تركيب خطي ومن مساوئه من ناحية الخواص الميكانيكية هي انه هش ولدن حرارياً [105] ، ويمكن التغلب على عدد من هذه المساوئ باضافة عوامل التحوير للبولي ستايرين مثل اضافة مثيل Methyle او الفاستايرين (α -Styrene) لزيادة مقاومته الحرارية، او اضافة الاكريلونايترايل Acrylonitrile لزيادة مقاومته الكيماوية، او اضافة المطاط Rubber لزيادة المقاومة الميكانيكية، او اضافة

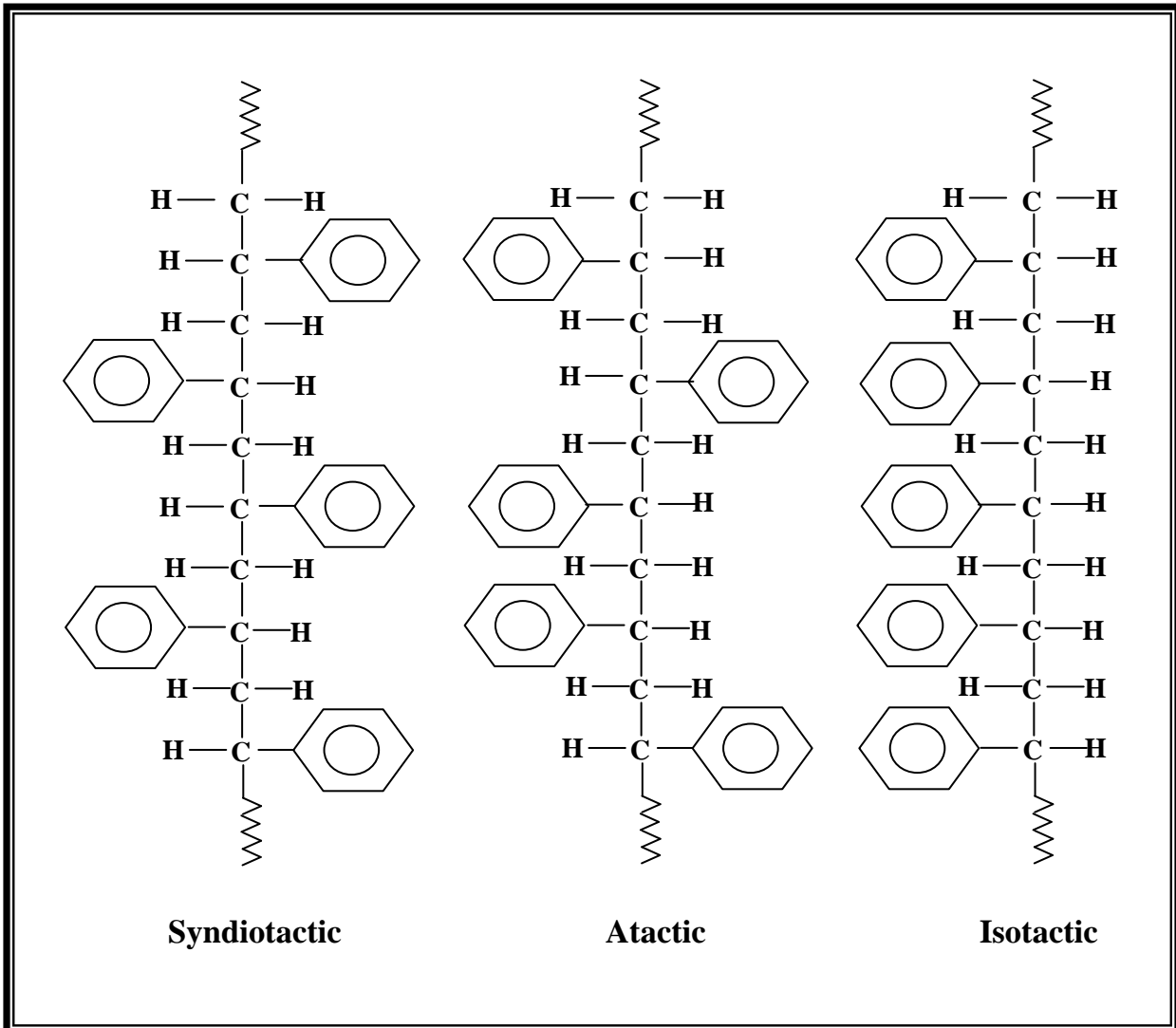
مثيل ميثاكريلات Methyle Methacrylate لزيادة المقاومة الميكانيكية ولتثبيت الضوء، او مزجه مع البيوتادايين Butadiene المشترك لاستخدامه في صناعة الافلام واشرطة التسجيل وقناني الاختبار واستخدامات اخرى [18, 12] ومن الممكن توليفه مثلاً مع البولي مثيل ميثاكريلات PMMA او مع البولي اثيلين PE حيث استخدمت هذه البوليمرات في بحثنا هذا.

أما من الناحية الكهربائية فتمتاز مادة PS بخصائص عزل كهربائية عالية حيث تكون توصيليتها قريبة من الصفر [89]، لذا تستخدم في معظم الاجهزة الكهربائية مادةً عازلة في اجهزة التيار ذي التردد العالي [18]. والجدول (3-1) يوضح بعض خصائصه [11, 106, 107] ويمكن تحسين خواص PS او تغيير بعض منها عن طريق طريق بلمرة الستايرين مع مونمرات اخرى حيث نحصل على بوليمرات مشتركة للستايرين ذات خصائص جديدة واستخدامات مختلفة [1].

وتحدد الكثير من الصفات للبوليمر بمراحل تصنيعه وطريقة التصنيع وتحدد طريقة التحضير بطبيعة البوليمر المراد تصنيعه وشكله النهائي وكذلك ببعض الخصائص الفيزيائية له مثل القوة، الصلابة، الشكل النهائي، درجة انصهاره، درجة تليينه، درجة انتقاله الزجاجي ودرجة تبلوره، ومن الطرق المتبعة في تصنيع البولي ستايرين

- 1 -القولبة بالحقن
- 2 -التصنيع بواسطة الانبثاق
- 3 -القولبة بالكبس

وهناك انواع من PS منها البولستيرين الايزوتاكتيكي (Isotactic) والذي يمتاز بارتفاع درجة انصهاره (230°C) وساندوتكتيكي (Syndiotactic) واتكتيكي (Atactic) او العشوائي [107] وكما في الشكل الاتي.



الشكل (1-3) أنواع من البولي ستايرين [107]

جدول (1-3) بعض خصائص البوليستايرين PS

$7 \times 10^4 - 2 \times 10^5$	الوزن الجزيئي
غير المتبلور 1.05 المتبلور 1.12	الكثافة gm/cm^3
1.6 – 1.59	معامل الانكسار عند الطول الموجي (600nm) وعند (25°C)
0.2-0.26	قوة التصادم (N/cm)
2280-3280	معامل المرونة (MPa)
2.6-2.4	ثابت العزل الكهربائي عند التردد (10 ⁶ Hz) وعند (25°C)
0.0005-0.0003	زاوية الفقدان عند التردد (10 ⁶ Hz) وعند (25°C)
30-25	المتانة الكهربائية Kv/mm
يسبب الاصفرار	تأثير الأشعة
100	درجة الانتقال الزجاجي C°T _g
239	درجة الانصهار C°T _m

إن الوزن الجزيئي للبولي ستايرين المستخدم في البحث هو 2×10^5 .

(2-2-3) بولي مثيل ميثاكريلات (Poly (methyl methacrylate)

يُعدّ PMMA من المواد المهمة صناعياً وهو يسمى بالزجاج العضوي

(Organic glass) او البرسبكس (Perspex) والذي يستخدم بشكل واسع في صنع الاشكال

الهندسية و الديكورات وفي البحوث النووية وللغراض الزراعية واستخدامات اخرى. ويمتاز

PMMA بالشفافية العالية ويُعدّ مادة عالية البلمرة ولدنة حرارياً ويمتاز ايضاً بالمتانة ويُعدّ أيضاً

من الراتنجات الاصطناعية التي يمكن تلوينها بسهولة بألوان مختلفة، وينتج على هيئة شرائح او

صفائح ويُعدّ من البوليمرات القطبية.

ويمتاز بخصائص ضوئية جيدة ومقاومة عالية لعوامل الطقس وبصمود جيد ضد الاحماض

والقلويات المخففة وكذلك ضد تأثير البنزين والزيوت العضوية، ويذوب في البنزول، التلوين،

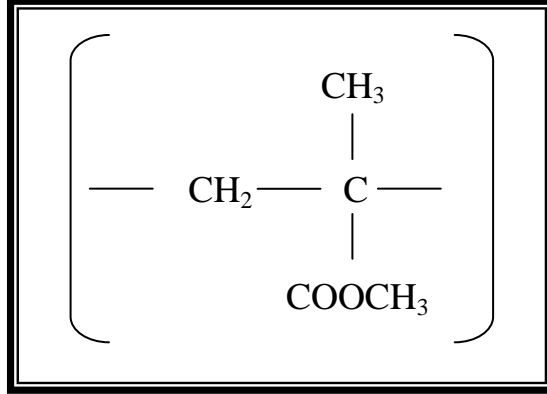
الكيسرول، الكلوروفورم، وفي بعض المذيبات الاخرى. ويمكن تعريضه لجميع انواع التشكيل

الميكانيكي مثل البرادة والثقب والخراطة [108, 18]. ويستعمل لاعداد مفرغات (مضادات للقوس

الكهربائي) مرتفعة الفولتية [102] ويستعمل ايضاً بدلاً من الزجاج الاعتيادي لمقاومته للكسر

والمتغيرات الجوية حيث يستخدم بكميات كبيرة زجاجاً واقياً في المختبرات والمصانع والبيوت الزجاجية وفي المنظومات الالكترونية فضلاً عن استخداماته الأخرى في حقل اللواصق [63].

أما صيغته الكيميائية فهي كالآتي [11]:



والجدول (2-3) يوضح بعض خصائصه [11, 109].

وإنه يعد من البوليمرات المتفرعة غير المتبلورة والحساسة للإشعة المؤينة، وقد يسبب تشعيه تكسير الأواصر الكيميائية وتكون جذور حرة نشطة مما يؤدي إلى انحلاله (Degardation) وأن الانحلال يزداد بوجود الأوكسجين أثناء التشيع [58]. ويمكن تقليل الانحلال بإضافة بعض المواد المقللة لتأثير الإشعاع له [24].

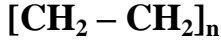
جدول (2-3) بعض خصائص بولي مثيل ميثاكريلات PMMA.

$1 \times 10^6 - 3 \times 10^6$	الوزن الجزيئي
1.19	الكثافة gm/cm^3
1.48	معامل الانكسار عند الطول الموجي (600nm) وعند (25°C)
0.17-0.34	قوة التصادم (N/cm)
2240-3240	معامل المرونة (MPa)
2.5-3	ثابت العزل الكهربائي عند التردد (10^6Hz) وعند (25°C)
0.017	زاوية الفقدان عند التردد (10^6Hz) وعند (25°C)
لا يتأثر	تأثير الأشعة
100	درجة الانتقال الزجاجي C°T_g
185	درجة الانصهار C°T_m

إن الوزن الجزيئي للبولي مثيل ميثاكريلات المستخدم في البحث هو 3×10^6 .

Poly Ethylene (PE) البولي اثيلين (3-3-3)

يعد البولي اثيلين من اكثر البوليمرات إستخداماً والذي تم اكتشافه وتحضيره اول مرة 1933 عن طريق الصدفه [18] وصيغته الكيميائية كالآتي [11]:



إن PE مادة غير شفافة وذات لون رمادي فاتح ويتمتع بخصائص عزل كهربائي وصمود ضد الماء على نفس المستوى المرتفع لخواص PS وبخلاف PS يتسم PE بمرونة عالية، الامر الذي يمكن من استعماله مادةً عزل اساسية بكبلات التردد المرتفع وخراطيم واقية، ويستخدم صفائح رقيقة في التغليف، الاكياس البلاستيكية والزراعة المغطاة.

إن كثافته تُعدّ مقياس لدرجة التفرع، فكلما ازدادت كثافته يعني نقصان في درجة التفرع وتكوين بوليمر خطي وان التفرع ناتج عن انتقال السلسلة النامية الى جزيئات البوليمر وكلما ازداد الوزن الجزيئي له انخفضت مرونته فتزداد صلابته فتعد منها منتجات عازلة غير مرنة مثل هياكل الملفات والالواح وغير ذلك [11]. ويستخدم أيضاً في الصناعات الطبية. [77]

فينقسم البولي اثيلين إلى:

1- البولي اثيلين واطئ الكثافة Low density Polyethylene

وهو ذو كثافة واطئة نسبياً بسبب كونه متفرعاً ويمتلك صلابة جيدة ويرمز له LDPE وإن درجة تبلوره 65% ويتكيف لمدى واسع من درجات الحرارة ويمكن انتاج هذا النوع من البولي اثيلين عند درجات حرارية تتراوح بين (100-200)°م وضغوط عالية تتراوح بين (1000-3490) ضغط جوي. و LDPE لا يذوب في أي من المذيبات عند درجة حرارة الغرفة، اما اذا سخن حتى 60°C فإنه يذوب في رابع كلوريد الكربون والهيدروكربونات وفي الزيوت المعدنية وفي الزايلين. ويستخدم في انتاج الالياف التي تستخدم للاغراض الصناعية مثل صنع الحبال وأقمشة الترشيح والأقمشة الواقية. والحصول عليه يتم عند ضغط (1-5) ضغط جوي ودرجة حرارة 60°C مع استعمال انواع معينة من المحفزات مثل رابع كلوريد التيتانيوم. ويستخدم بكثرة في انتاج الرقائق لصنع الاكياس والاستخدامات الاخرى ومادةً عازلة للاسلاك [11, 17, 18]. والجدول (3-3) يبين بعض خصائصه [11, 78, 106].

2- بولي اثيلين عالي الكثافة High density Polyethylene

ويرمز لهذا النوع بالرمز HDPE ويمكن الحصول على HDPE عند ضغط (-2500 1500) ضغط جوي وعند درجات حرارة (180-200)°م وهو من النوع الخطي، ودرجة تبلوره 95%، يستخدم لانتاج الخيوط للاغراض الصناعية بسبب ثباته ومتانته ومقاومته للحرارة ومقاومته العالية تجاه المواد الكيميائية و المذيبات وعدم تأثره او لعدم امتصاصه للماء. وإن HDPE اكثر صموداً لتغيير خصائصه عند ارتفاع درجة الحرارة من LDPE، ولكن LDPE يمتاز بالمتانة الميكانيكية [11, 17, 18].

جدول (3-3) بعض خصائص البولي اثيلين واطى الكثافة LDPE

$4 \times 10^3 - 3 \times 10^5$	الوزن الجزيئي
0.91-0.925	الكثافة gm/cm^3
1.51	معامل الانكسار عند الطول الموجي (600nm) وعند (25°C)
No break	قوة التصادم (N/cm)
172-283	معامل المرونة (MPa)
2.25-2.35	ثابت العزل الكهربائي عند التردد (10 ⁶ Hz) وعند (25°C)
0.0005 >	زاوية الفقدان عند التردد (10 ⁶ Hz) وعد (25°C)
يتطلب وقاية	تأثير الاشعة
125	درجة الانتقال الزجاجي C°T _g
137.5	درجة الانصهار C°T _m

إن الوزن الجزيئي للبولي اثيلين واطى الكثافة المستخدم في البحث هو 4×10^3 .

(3-3) تحضير النماذج Samples Preparation

تم تحضير النماذج باذابة اوزان معينة من البوليمر في حجم معين من المذيب المناسب له وباستخدام الخلاط الحراري المغناطيسي الكهربائي وبدرجات حرارة مناسبة لكل محلول وكما في الجدول الاتي:

جدول (4-3) نوع المذيب ودرجة الحرارة الملائمة لاذابة البوليمرات

درجة الحرارة	المذيب	البوليمر
30°C	الكلوروفورم CHCl ₃	PS
30°C	الكلوروفورم CHCl ₃	PMMA
60°C	الزليلين C ₈ H ₁₀	LDPE

حيث يترك المحلول لمدة يوم كامل للحصول على المحلول الحقيقي (المتجانس) ثم يصب المحلول في قوالب زجاجية petrydish ويترك في الفرن الكهربائي بدرجة حرارة (30°C) الى ان تجف ويتم الحصول على رقائق من الافلام البوليمرية.

أما عن تحضير النماذج البوليمرية المؤلفة فيتم بخلط محلولين حقيقيين معاً وبنسب معينة وكما في الجدول (5-3) وبالرج الكهربائي الى ان يتم الحصول على محلول حقيقي وتصب بنفس الطريقة في قوالب زجاجية وتوضع في الفرن للحصول على رقائق بوليمرية مؤلفة بسمك (0.01 mm) للقياسات البصرية و (0.65 cm) للقياسات الكهربائية، قطعت هذه النماذج للقياسات البصرية بابعاد (2cmx1cm) اما القياسات الكهربائية على شكل دائرة بنصف قطر (1cm). وعند استخدام PS يتم الحصول على نماذج شفافية في حين بما يتعلق بمادتي PMMA أو LDPE فان النماذج كانت نصف شفافة وبعملية التوليف يتكون غشاء ابيض وبزيادة نسبة التوليف يزداد البياض وإن كل المذيبات المستخدمة في هذا البحث هي نقية والمجهزة من شركة Merck و Seelze - Hannover .

جدول (5-3) نسب البوليمرات في التوليفات المحضرة

PS%	100	95	90	85	80
+ PMMA %	0	5	10	15	20
PS%	100	95	90	85	80
+ LDPE	0	5	10	15	20

(4-3) الاجهزة المستخدمة Employed Instruments**(1-4-3) الميزان الكهربائي الحساس:**

تم قياس اوزان المواد المستخدمة في تحضير النماذج باستخدام الميزان الالكتروني الحساس من نوع (Mittler) من انتاج شركة (A and D Company) وهو ذو حساسية قدرها (10^{-4}gm) وتتم معايرته قبل كل عملية قياس وان الحد الاقصى لقياس اوزان المواد في هذا الميزان هو (180gm) .

(2-4-3) الخلاط الحراري المغناطيسي:

تم مزج المحاليل باستخدام خلاط حراري مغناطيسي لغرض الحصول على محاليل متجانسة وهو من نوع (Magnatruhrer) المجهز من شركة (Phywe) والذي يعمل ضمن درجات الحرارة $(0-10)^{\circ}\text{C}$ وضمن السرعة $(0-10)^{\circ}$.

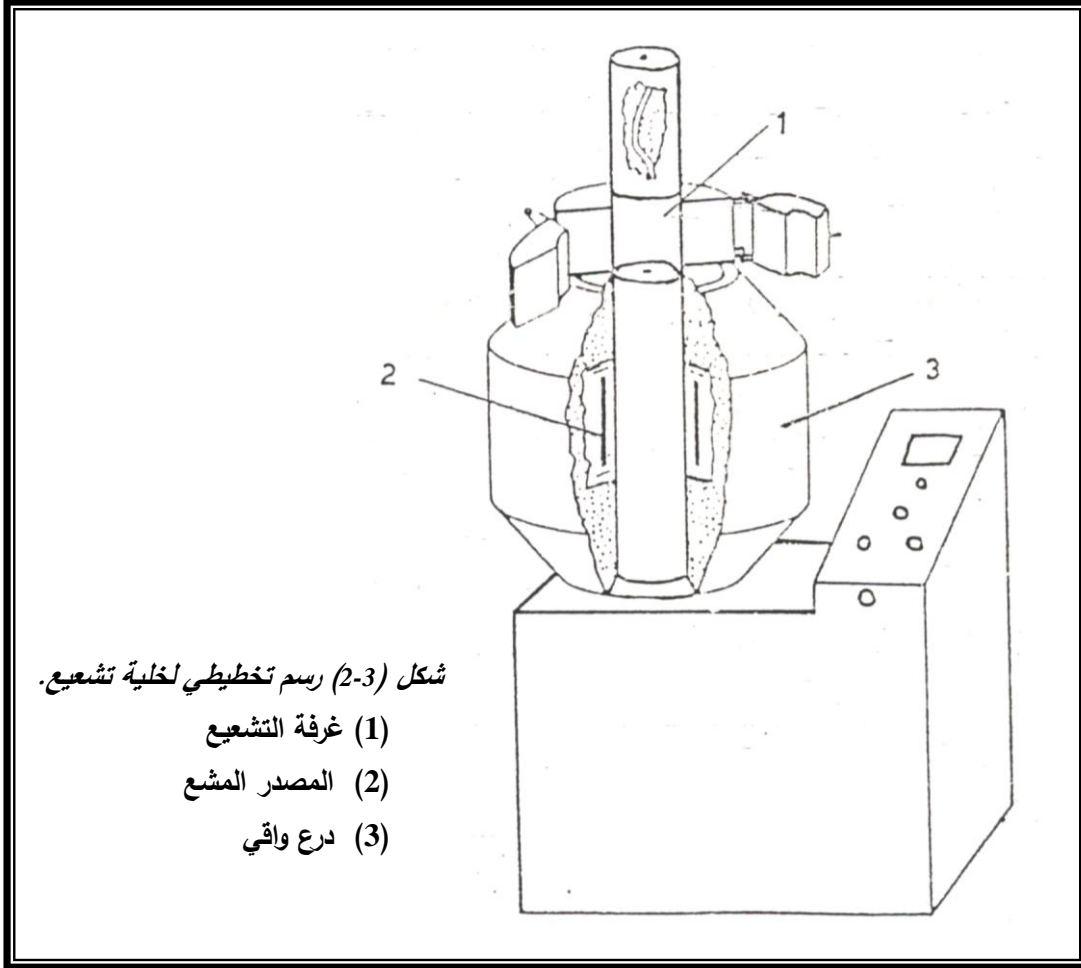
(3-4-3) الفرن الكهربائي:

استخدام الفرن الكهربائي من نوع (Mrnoe) انتاج شركة (Heraeus Hanau) لتجفيف النماذج البوليمرية المحضرة. وله امكانية تحكم بدرجة الحرارة ضمن المدى $(0-100)^{\circ}\text{C}$ وتتم معايرته بوساطة محرار زئبقي خارجي وتوضع الاطباق الحاوية على المحاليل داخل الفرن وبشكل مستوي للحصول على اغشية متجانسة في السمك ويتم ذلك بواسطة استخدام فقاعة التسوية.

(4-4-3) خلية التشعيع:

تم تشعيع النماذج البوليمرية النقية و المولفة باستخدام اشعة كاما (Gamma Cell 220 No. 200) صنع شركة (Atomic Energy of Canada) الموجودة في منظمة الطاقة الذرية دائرة البحوث الزراعية حيث يستخدم المصدر المشع الكوبلت (Co-60) الذي يبعث اشعة كاما بطاقة (1.332 MeV) و (1.173 MeV) بنشاط اشعاعي مقداره 23950 Ci وبمعدل زمني للجرعة (20 KGr / hr) عند شرائها في شباط سنة 1984، يوجد المصدر المشع بشكل اقلام موزعة بصورة دائرية حول غرفة التشعيع (اسطوانية بنصف قطر 8cm وارتفاع 20cm) ويتم ادخال النماذج الى غرفة التشعيع بوساطة جهاز سحب ميكانيكي ويحاط المصدر المشع بطبقة سميكة من مادة الرصاص لتجنب تأثير الاشعاع في العاملين فيه. والشكل (3-2) يبين رسماً تخطيطياً لخلية التشعيع وقد جرى تشعيع النماذج وبنشاط إشعاعي قيمته (2194.75 Ci) وجرع اشعاعية قيمتها $(0.44, 1.76) \text{ KGray}$ بعد اجراء الحسابات الخاصة بتعديل قيمة النشاط

الاشعاعي ومعدل الجرعة الممتصة باستخدام العلاقة (2-1) من تاريخ اجراء التجربة في (حزيران 2002).



(5-4-3) جهاز قياس السمك:

استخدم جهاز Indicating Micrometer 0.25nm لقياس سمك الاغشية المحضرة ذي المدى (0-100 μm)

(6-4-3) القياسات البصرية Optical Measurements

تمت القياسات البصرية (الامتصاصية والنافذية) للنماذج البوليمرية النقية والمؤلفة ضمن الاطوال الموجبة (200-1100 nm) عند درجة حرارة الغرفة (25°C) حيث تسجل الامتصاصية بين 0 إلى 2.5 / قيمةً عليا باستخدام مطياف الاشعة فوق البنفسجية والمرئية UV/Visible Recording Spectrophotometer نوع (UV-160) صنع شركة (Shimadzu).

Electrical Measurements الكهربائية (7-4-3)

تمت القياسات الكهربائية للنماذج البوليمرية باستخدام جهاز (LCR meter) صنع شركة (Hewlett packard) نوع (4274 A Multi - Frequency) حيث يتم قياس السعة الكهربائية (C) وزاوية الفقدان ($\tan \delta$) ضمن الترددات (10^2 - 10^7 Hz) وبدرجة حرارة الغرفة (25°C) بوضع النماذج الدائرية بنصف قطر (1cm) وبسمك (0.65cm) بين لوحين المتسعة الدائرية المصممة لهذا الغرض.

Introduction المقدمة (1-4)

يتناول هذا الفصل عرض النتائج والقياسات للخصائص البصرية والكهربائية ودراسة تأثير تغير نسب التوليف والتشيع على هذه الخصائص ومناقشتها.

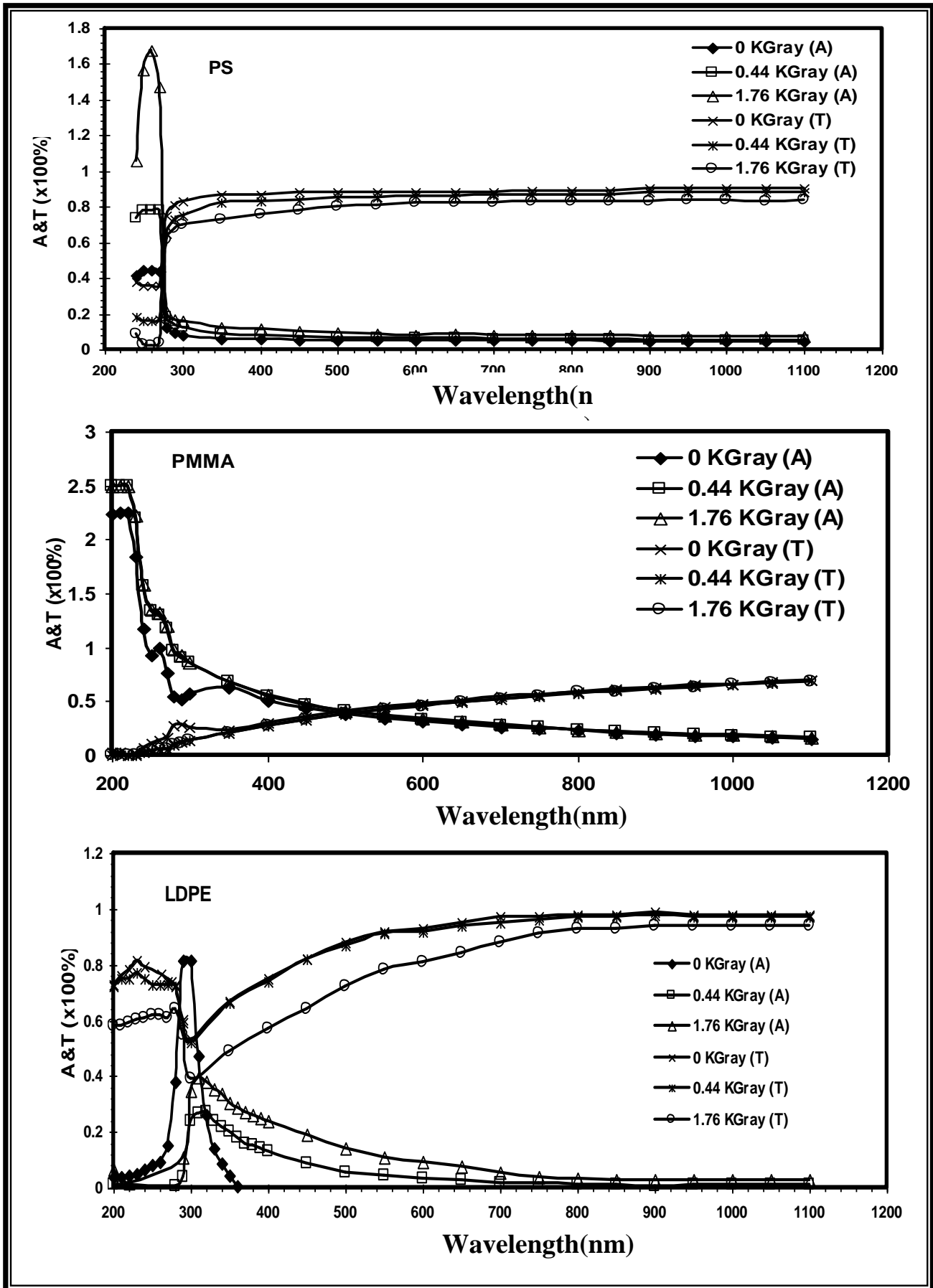
Optical properties الخصائص البصرية (2-4)**Absorbance and Transmittance الامتصاصية والنفاذية (1-2-4)**

نلاحظ من فحوصات طيف الامتصاصية والنفاذية للنماذج المقاسة ان الامتصاصية دالة للطول الموجي، وحدث الامتصاصية في المنطقة فوق البنفسجية من الطيف (200-1100nm) كما في الاشكال (1-4) و (2-4). وان اعظم امتصاص حصل لنموذج PMMA عند الطول الموجي (220nm) من الطيف و (260nm) لنماذج PS ، PS:PMMA و PS:LDPE وهذا يعزى الحصول الانتقالات $(\pi \rightarrow \pi^*)$ و $(n \rightarrow \pi^*)$ لوجود مجاميع الكربونيل (C=O) ، (C=C) في PS و PMMA ونتيجة التشيع في الهواء وهذا يتفق مع المصادر [32, 33, 64] اما في LDPE فان اعظم امتصاص حصل عند الطول الموجي (300nm) من الطيف وهذا يعزى الى الانتقالات $(\pi \rightarrow \pi^*)$ و $(n \rightarrow \pi^*)$ ولوجود مجاميع الايثيل (C₂H₅) والمثيل (CH₃) ونتيجة لتشيعه في الهواء وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل اليه بعض الباحثين [78].

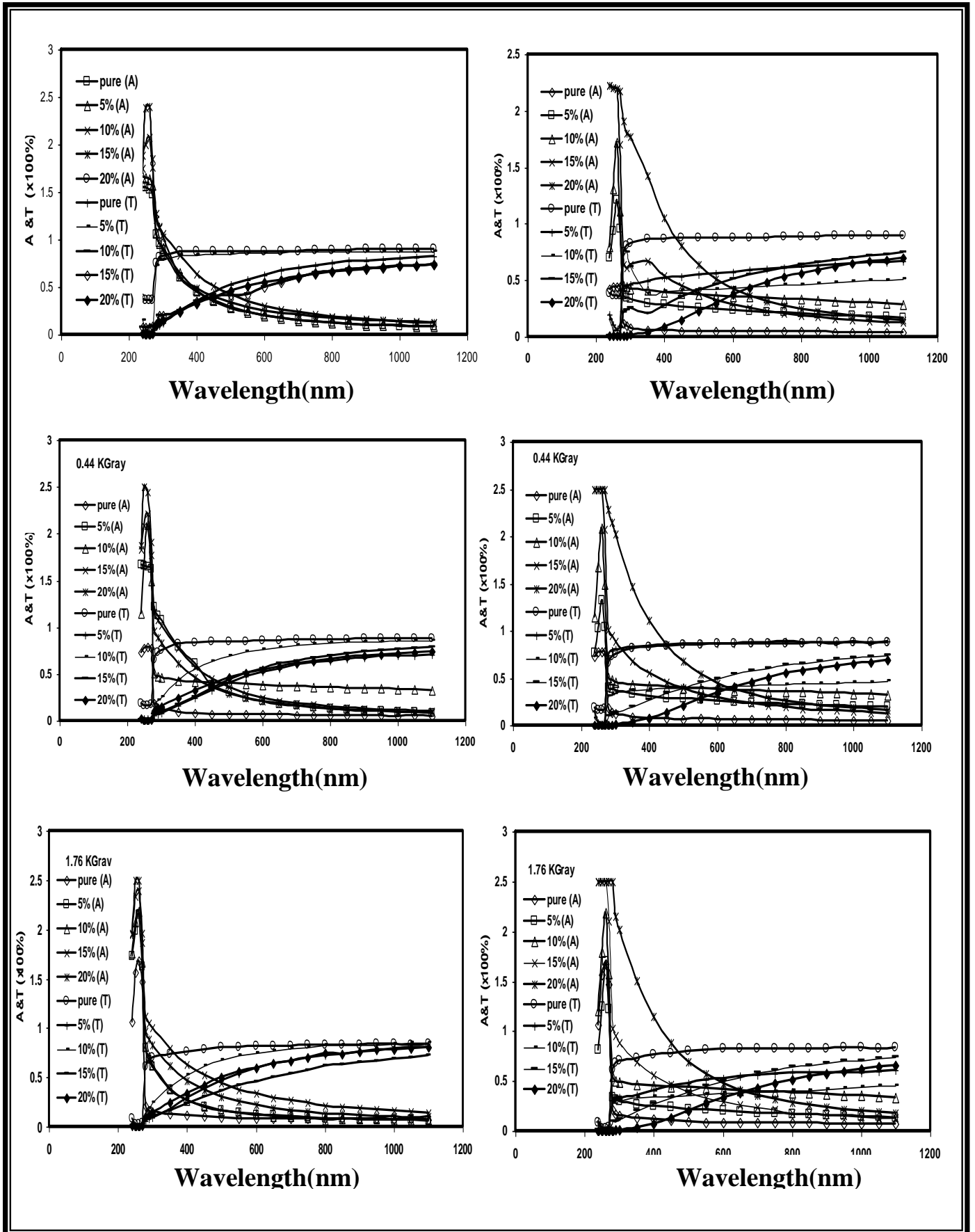
ونلاحظ ايضاً من الاشكال ان الامتصاصية تزداد (تقل النفاذية) بعملية التوليف للتركيبات المولفة PS:PMMA و PS:LDPE حيث تعمل المواد المولفة مع PS على زيادة الامتصاصية وهذا يتفق مع المصدر [32] للـ PS:PMMA. أي يتم حدوث زيادة في عدد المستويات الموضوعية (انحلال او امتداد في المستويات بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل).

وان التشيع أدى الى انحلال او تكسر الاواصر الرابطة لسلاسل البوليمر (PS، PMMA، PS:LDPE، PS:PMMA) و يستدل عليها من زيادة نسبة الامتصاصية بما يعني نفاذية الاشعاع تقل خلال المادة. وان وجود الاوكسجين يساعد على حدوث التحلل حيث يتكون البيروكسيد COOH الذي يمنع اتحاد الجذور المتكونة في نهايتي السلسلة البوليمرية المقطوعة. وان مادة PMMA تنحل ويتحرر منها غاز الهيدروجين نتيجة هذا التحلل [24, 58].

أما في LDPE فنلاحظ حصول زحف في الطيف وتصبح اعظم قيمة للامتصاصية عند الطول الموجي (320nm) ونلاحظ نقصان الامتصاصية بعملية التشيع وبالجرعة (0.44 KGray) ويعود السبب في ذلك الى حدوث عملية التشابك بين جزيئات السلاسل المتجاورة نتيجة تولد الجذور الحرة واحداث الجسور الرابطة حيث تتكون اواصر جديدة بين C-C عوضاً



شكل (1-4) توزيع الامتصاصية كدالة للطول الموجي



شكل (2-4) توزيع الامتصاصية كدالة للطول الموجي

عن الاواصر C-H وتكون شبكة ثلاثية الابعاد مولية، ثم بزيادة الجرعة الاشعاعية أي عند (1.76 KGray) نلاحظ زيادة قليلة للامتصاصية نتيجة زيادة الجذور الحرة في نهايات السلسلة. ان التغييرات التي تنشأ في تركيب البوليمر بفعل الاشعاع هي تكون الاصرة (C=C) والذي يؤدي الى تلون البوليمر حيث تلونت نماذج LDPE باللون الاصفر بفعل المجاميع النوعية الحساسة لونيًا التي تسمى بالكروموفورات أي الحاملة للون ونتيجة تكون الاصرة (C=C) المذكورة [110].

2-2-4) معامل الامتصاص Absorption Coefficient

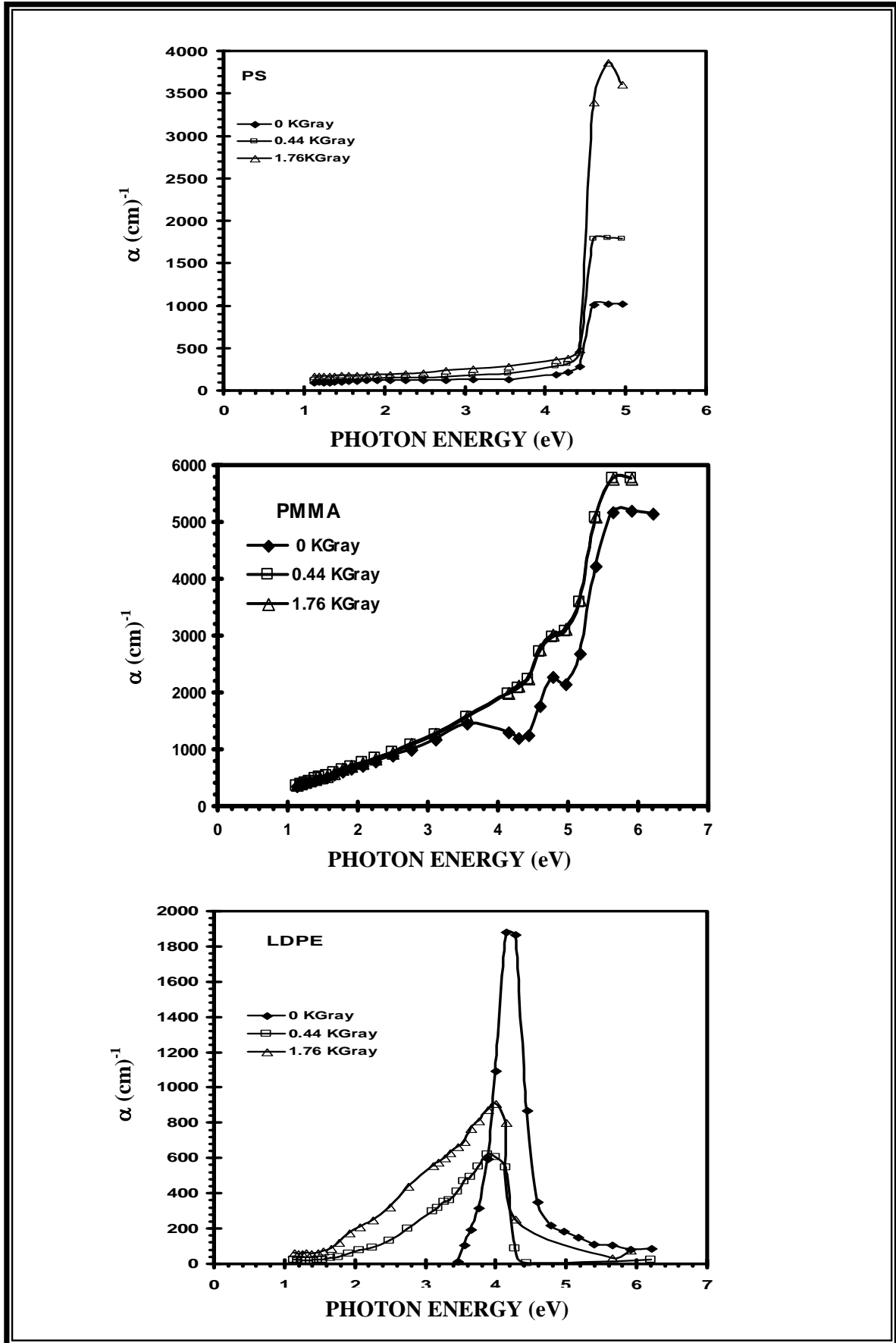
تم حساب معامل الامتصاص (α) لجميع النماذج باستخدام المعادلة (2-5). حيث نلاحظ من الاشكال (3-4) و (4-4) ان قيم معامل الامتصاص تزداد مع زيادة طاقة الاشعاع الساقط حتى تصل اعلى قيمة لها وبعدها تقل وبصورة تدريجية ولجميع النماذج ويعزى ذلك على ان جميع الالكترونات السطحية انطلقت من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل تاركة خلفها فجوات، وعندما تزداد طاقة الاشعاع الساقط فان الكترونات الذرات التي تقع خلف الذرات السطحية سوف تنطلق وتتحد مع الفجوات لذا لا تصل الى حزمة التوصيل ولهذا تقل الامتصاصية.

ومن قيم معامل الامتصاص يتبين لدينا ان الانتقالات هي انتقالات غير مباشرة لـ PS أما بعد التشعيع فتتحول الانتقالات إلى انتقالات مباشرة وانتقالات مباشرة وغير مباشرة لنماذج PMMA المشععة وغير المشععة. اما بالنسبة لـ LDPE فان الانتقالات هي انتقالات مباشرة وغير مباشرة اما بعد التشعيع فتتحول الانتقالات الى انتقالات غير مباشرة فقط. أما البوليمرات المؤلفة فنلاحظ من الاشكال او من قيم معامل الامتصاص ان الانتقالات هي مباشرة فقط لجميع النماذج المشععة وغير المشععة.

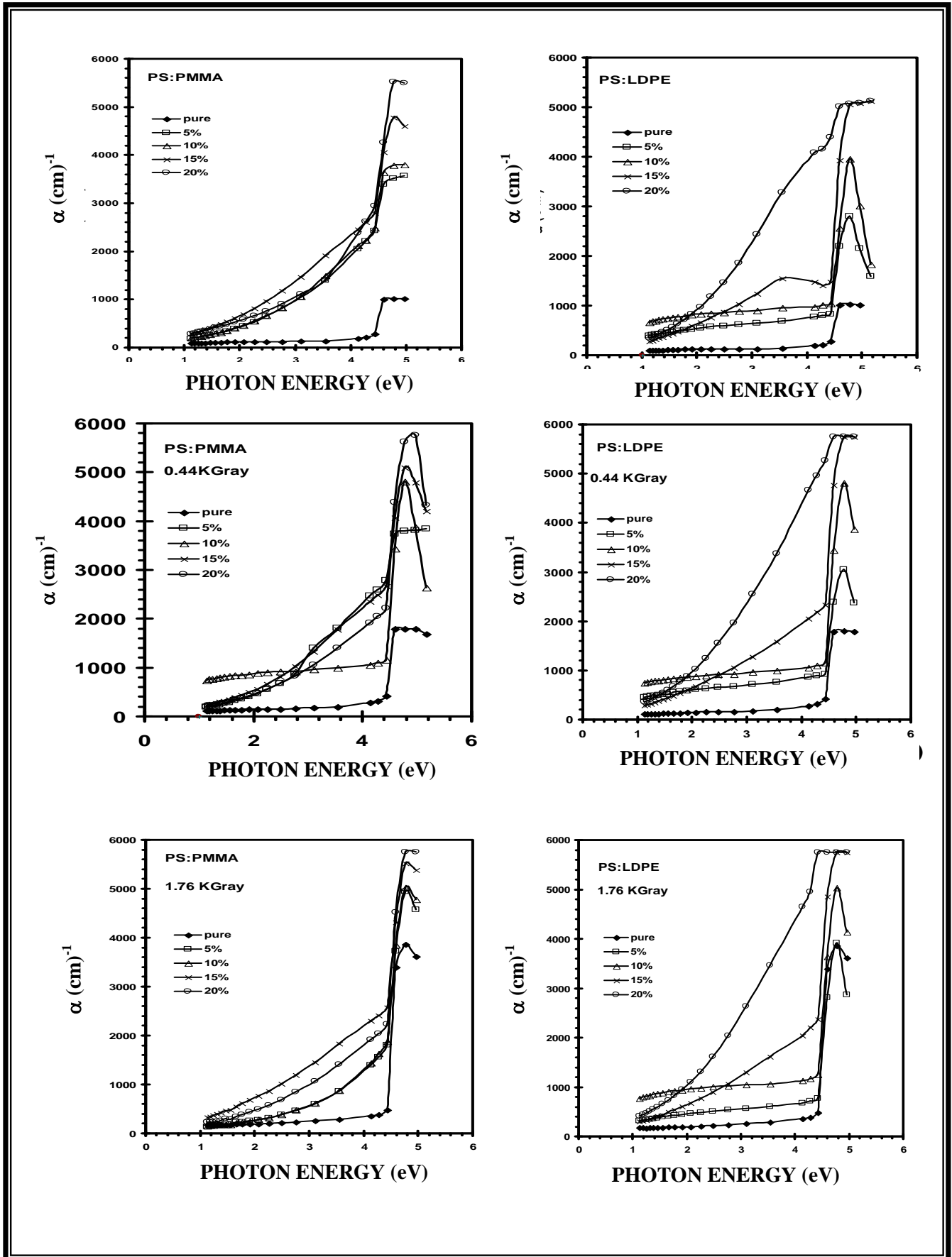
ونلاحظ ايضاً ان قيم معامل الامتصاص تزداد مع زيادة نسب التوليف والسبب في ذلك يعزى الى تكون مستويات مانحة داخل فجوة الطاقة بالقرب من حزمة التوصيل والتي تسبب في زيادة الامتصاص للفوتونات الساقطة وهذا يتفق مع الدراسات السابقة [50, 52, 78].

وإن التشعيع يسبب في زيادة معامل الامتصاص لـ PS، PMMA، PS:PMMA، PS:LDPE السبب في ذلك يعود الى حصول عملية الانحلال وهذه الحالة تم ملاحظتها من قبل الباحثين [50, 52] اما بالنسبة لـ LDPE فان قيم معامل الامتصاص تقل مع زيادة الجرعة الاشعاعية ويعزى ذلك الى حصول التشابك وهذا يتفق مع المصدر [78].

وإن قيم معامل الامتصاص لجميع النماذج تقع في المنطقة الاسية ($10^4 < \alpha < 1$) من حافة الامتصاص.



شكل (3-4) توزيع معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون



شكل (4-4) توزيع معامل الامتصاص كدالة لطاقة الفوتون

(3-2-4) معامل الخمود Extinction Coefficient

تم حساب معامل الخمود K_0 باستخدام العلاقة (8-2). حيث نلاحظ ان هذه القيم تتغير مع تغير طاقة الفوتون (الطول لموجي) وحسب الاشكال (5-4) ، (6-4). وان هذه القيم تتغير باسلوب تغير معامل الامتصاص نفسه (α).

(4-2-4) فجوة الطاقة الممنوعة Forbidden Energy Gab

تم حساب طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح E_g والممنوع E'_g من الاشكال (7-4)، (8-4)، (9-4)، (10-4)، (11-4)، (12-4) وباستخدام المعادلات التالية:

$$(\alpha h\nu)^2 = \alpha_0^2 (h\nu - E_g) \text{ -----(1-4)}$$

$$(\alpha h\nu)^{2/3} = \alpha_0^{2/3} (h\nu - E'_g) \text{ -----(2-4)}$$

ومن الجدول (1-4).

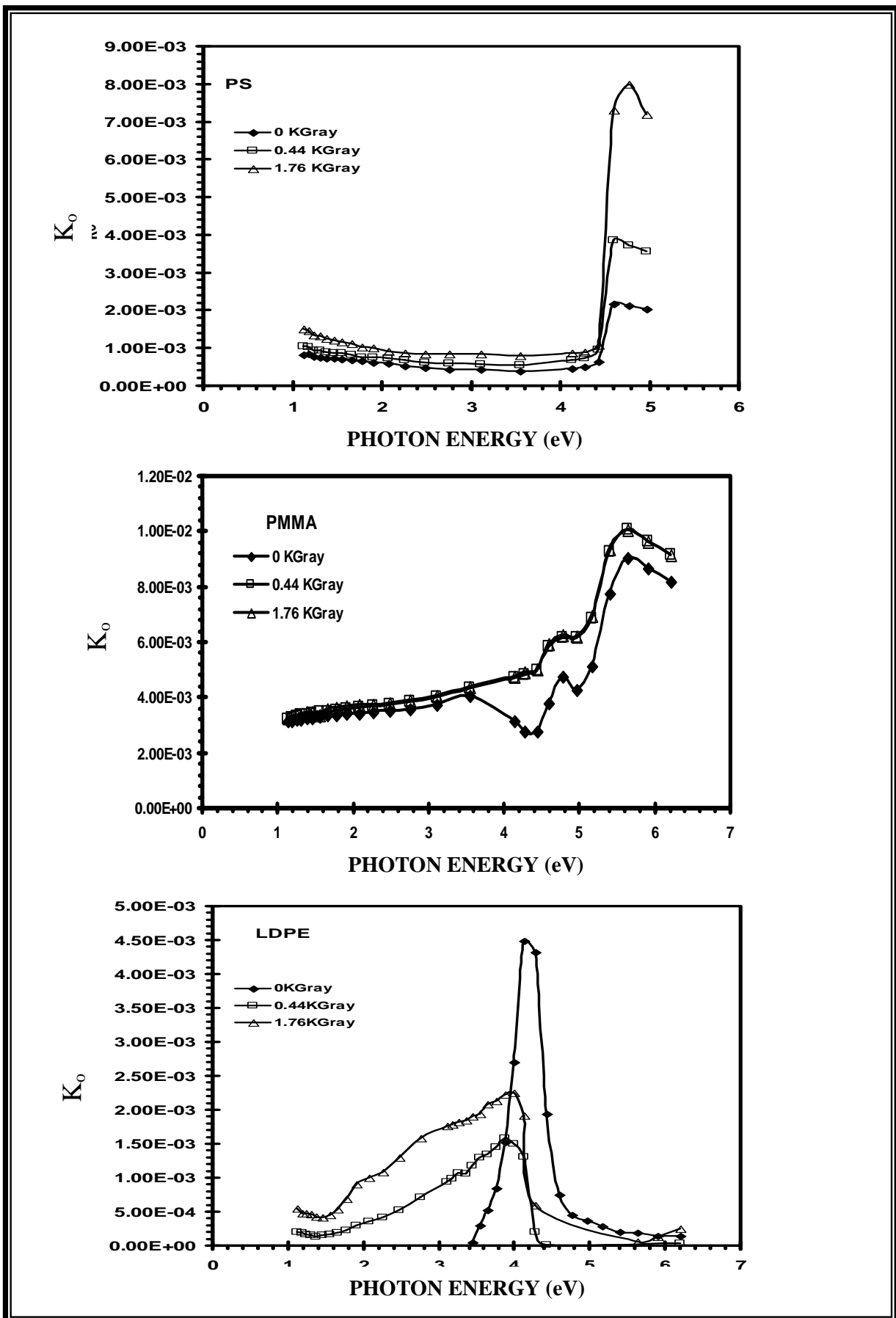
إن فجوة الطاقة للبولي ستايرين النقي كانت دائماً أعلى من فجوة الطاقة للمركبات المؤلفة ونلاحظ تغير فجوة الطاقة مع نسب التوليف أي انه بزيادة نسبة التوليف تقل فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح والممنوع وبصورة تدريجية حيث ان التوليف بـ PMMA و LDPE لمادة البولي ستايرين ادى الى تقليل من قيمة فجوة الطاقة بنسبة بسيطة ولكن قلت اكثر بالانتقال المباشر الممنوع وان القيمة تقل تناسبياً مع زيادة نسبة التوليف. وان سبب نقصان قيم فجوة الطاقة يعود الى زيادة عدد المستويات الموضعية بين حزمة التكافؤ والتوصيل، اما سبب نقصان في قيم فجوة الطاقة الممنوعة للانتقال المباشر الممنوع عن الانتقال المسموح فيعود الى تكون ذيول الحزم للمستويات الموضعية المتكونة نتيجة التوليف بين البوليمرات.

وإن تأثير التشعيع في قيم فجوة الطاقة الممنوعة للبولي ستايرين وبالجرع KGray (1.76، 0.44) هو قليل جداً او لم يؤثر تقريباً عليها، وسبب ذلك يعود لاحتواء PS على حلقات اروماتية (Aromatic Rings) حيث تعمل ظاهرة الرنين على مقاومة الاشعاعات المؤينة بشدة داخل الحلقة الاروماتية وهذا يتفق مع المصدر [43، 51، 94].

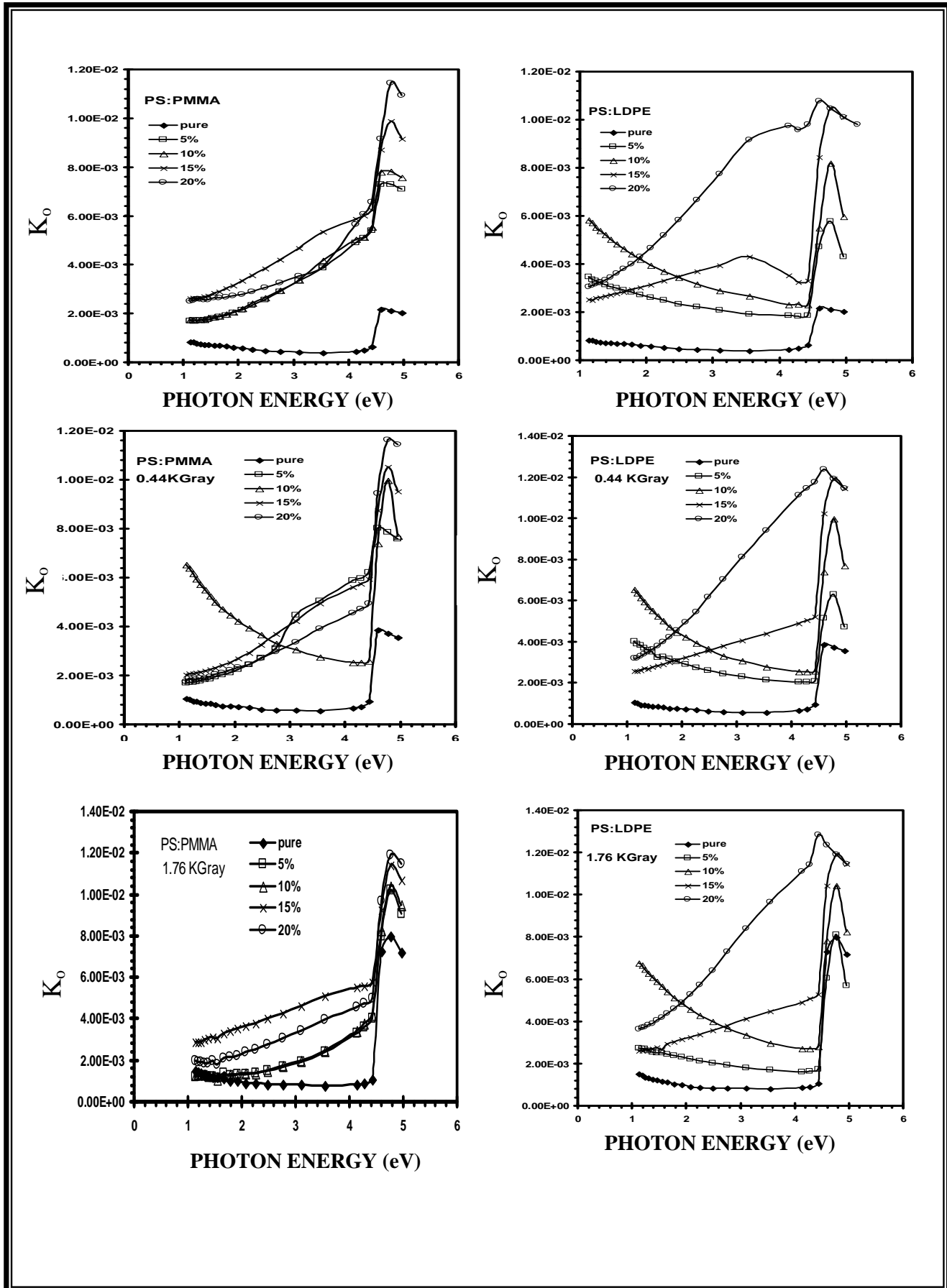
ونلاحظ أيضاً ان قيمة فجوة الطاقة الممنوعة لـ PMMA اعلى مما هي عليه في PS وهذا بدوره اعلى من LDPE.

وإن التشعيع أدى الى نقصان في قيمة فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح والممنوع وبالجرع KGray (1.76-0.44) لـ PMMA.

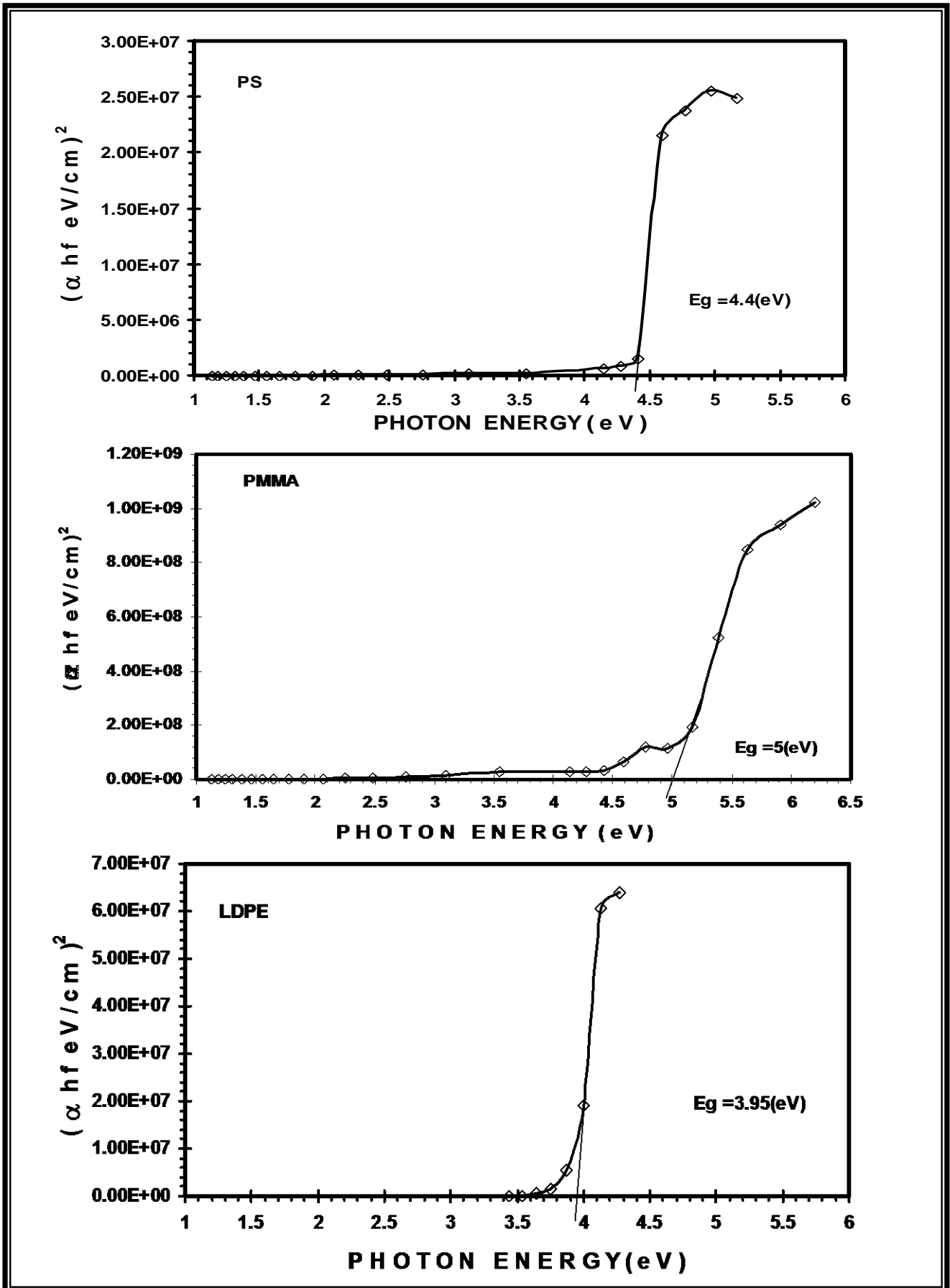
أما بالنسبة للتوليفات البوليمرية حسب الجدول نلاحظ ان عملية التشعيع لا تسبب الى تغيير ملحوظ في قيمة فجوة الطاقة بسبب وجود PS ضمن التوليفة حيث ان PS تحتوي على



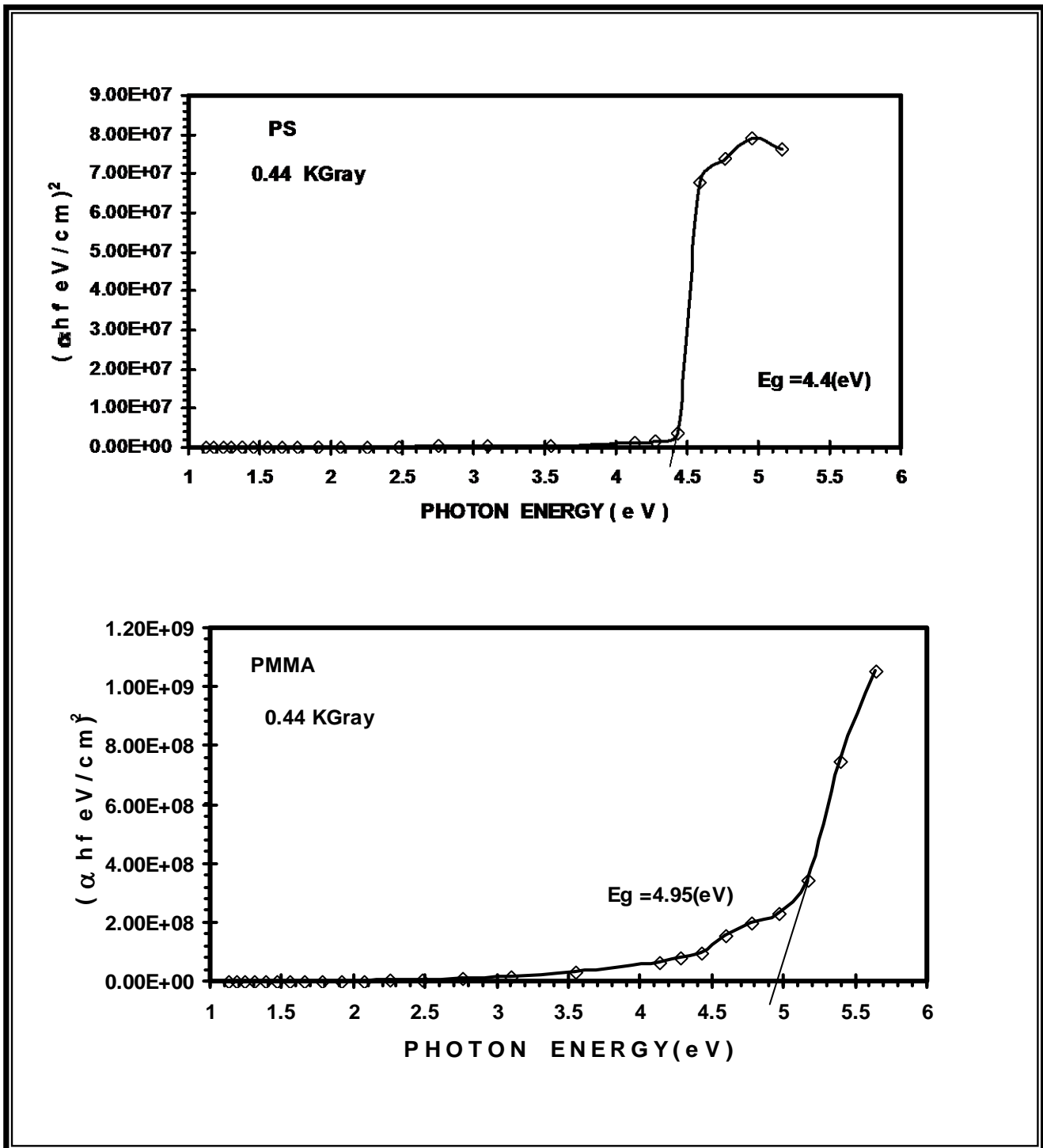
شكل (5-4) توزيع معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون



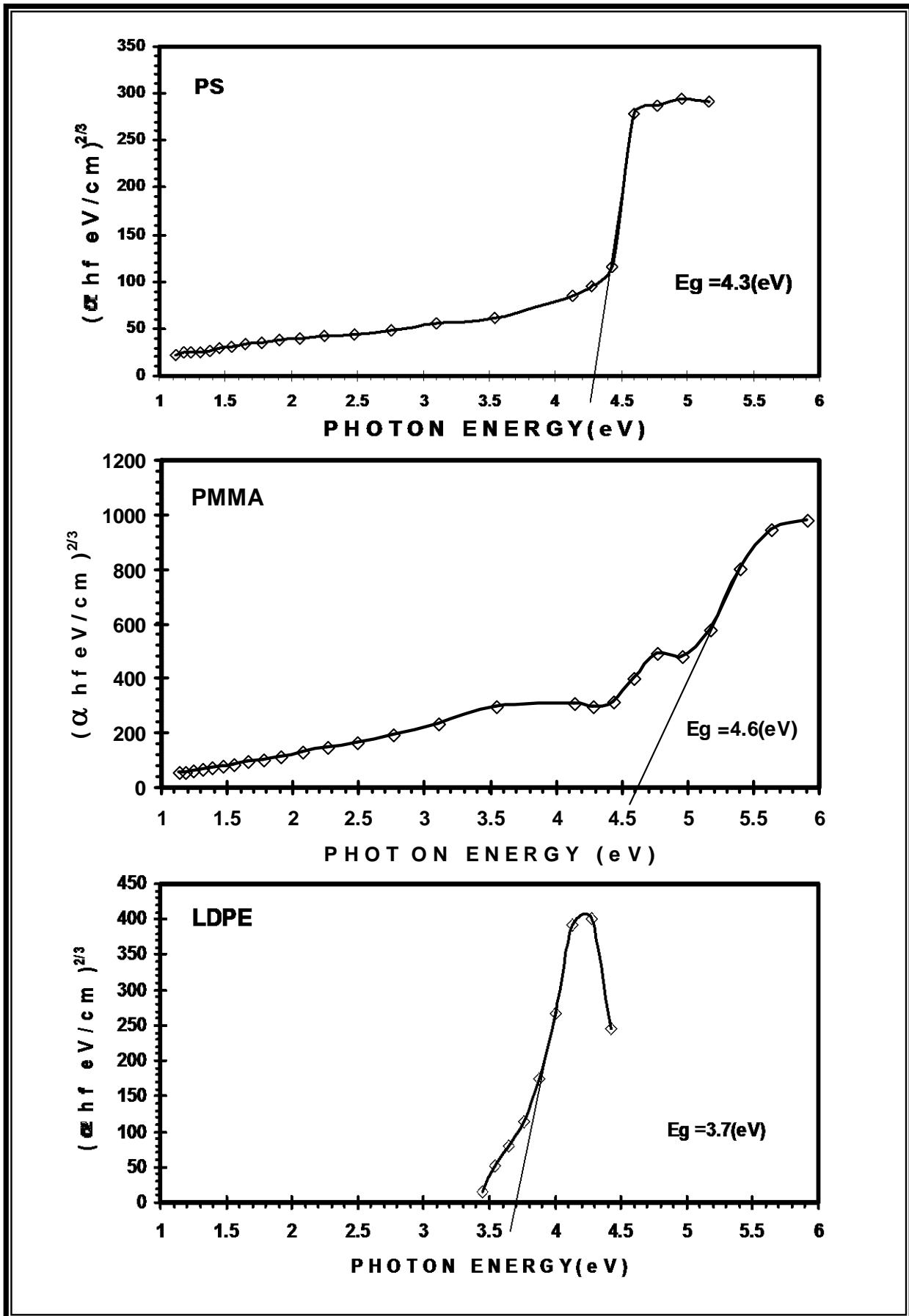
شكل (6-4) توزيع معامل الخمود كدالة لطاقة الفوتون



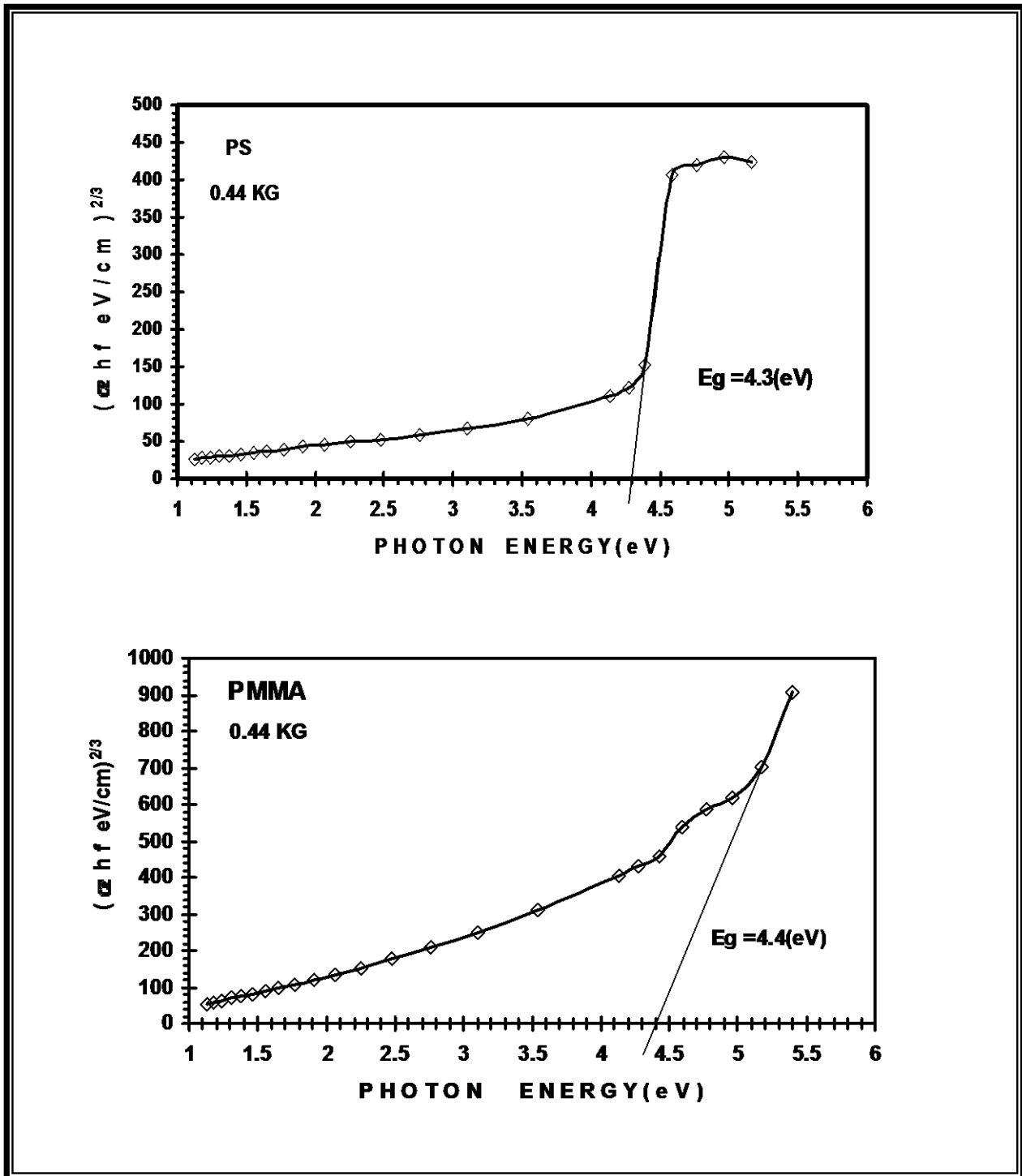
شكل (7-4) طاقة الفجوة الممنوعة للإنتقال المباشر المسموح.



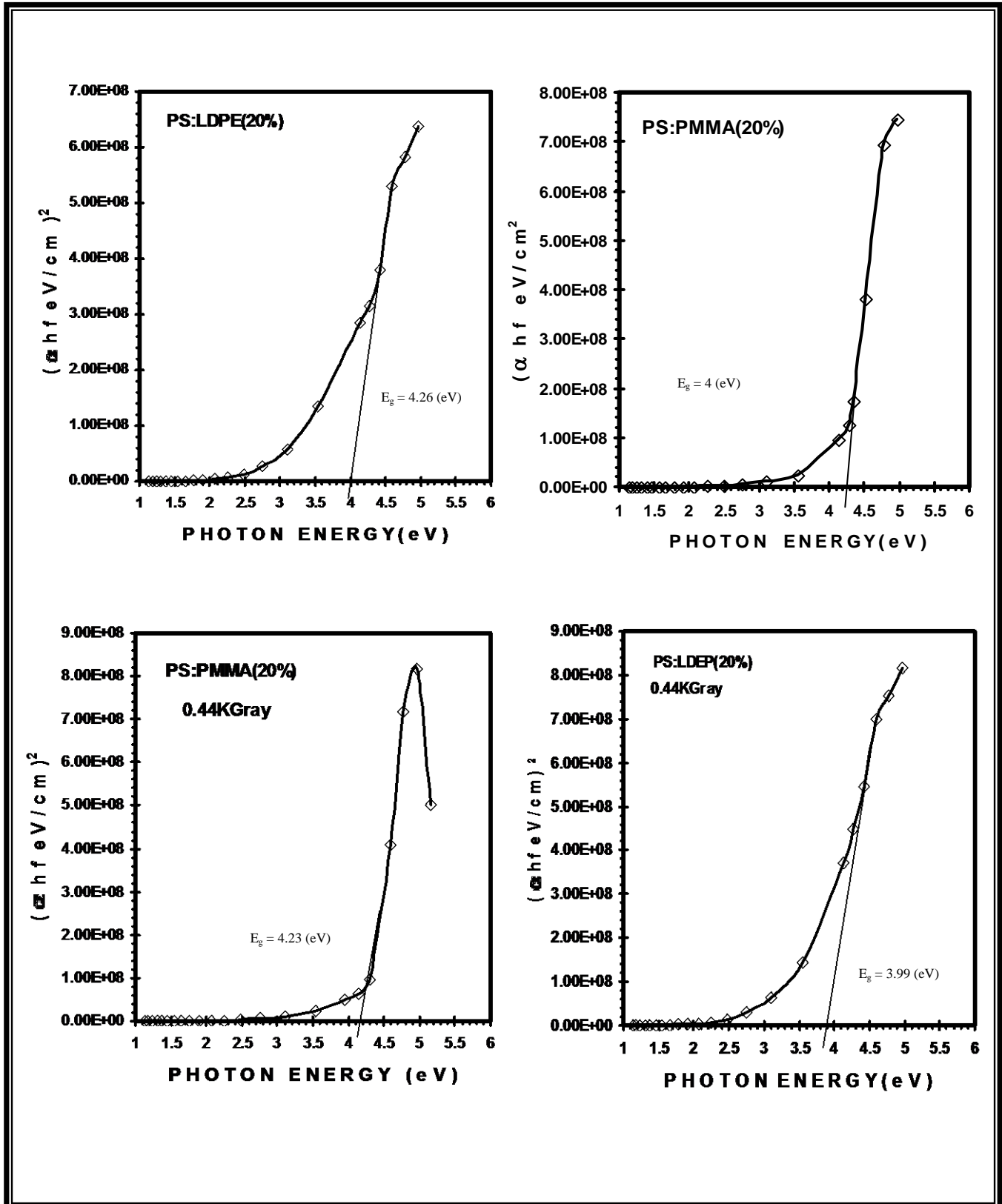
شكل (8-4) طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح.



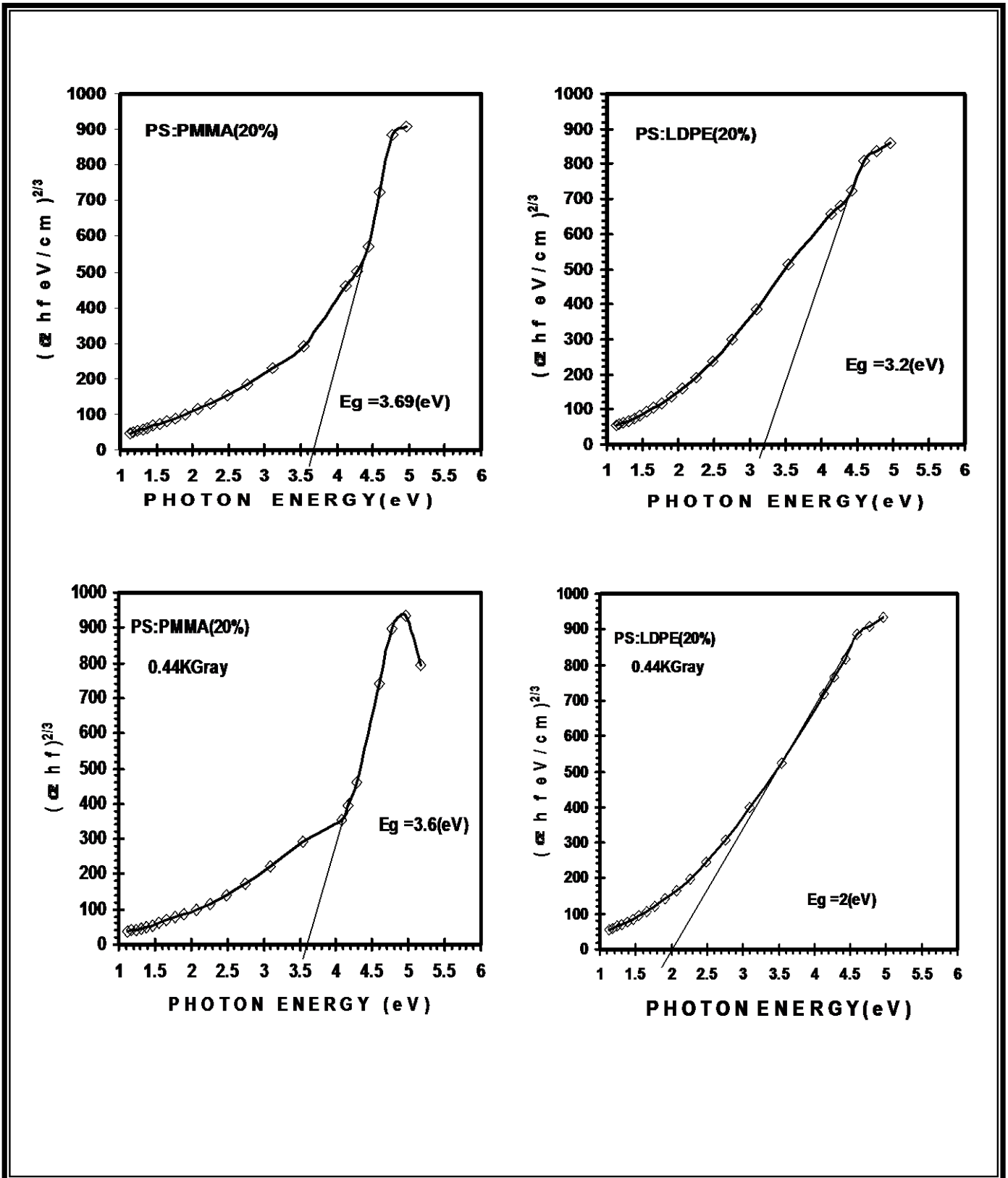
شكل (9-4) طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح.



شكل (10-4) طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر الممنوع.



شكل (11-4) طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر المسموح.



شكل (12-4) طاقة الفجوة الممنوعة للانتقال المباشر الممنوع.

حلقات اروماتية. أي ادى الى تغير بسيط في فجوة الطاقة فنلاحظ ان عملية التشيع وبالجرعة (0.44KGray) تسبب نقصان قيمة فجوة الطاقة للانتقال المباشر المسموح والممنوع فزيادة نسبة التوليف تقل قيمة فجوة الطاقة وهذا نتيجة لزيادة عدد الجذور الحرة. أما عند الجرعة (1.76 KGray) فإنها أدت إلى زيادة طفيفة في قيم فجوة الطاقة البصرية.

جدول (1-4) قيم طاقة الفجوة في الانتقال المباشر المسموح E_g والممنوع E'_g بوحدة (eV)

BLENDS	الرمز لفجوة الطاقة	UNIRRADTATED SAMPLES	IRRADTATAE SAMPLES (KGray)	
			0.44	1.76
%100PS	Eg	4.4	4.4	4.4
	E'g	4.3	4.3	4.3
%100PMMA	Eg	5	4.95	4.92
	E'g	4.6	4.4	4.3
PS:PMMA 95:5	Eg	4.31	4.29	4.39
	E'g	4	3.95	4.2
PS:PMMA 90:10	Eg	4.3	4.25	4.39
	E'g	3.95	3.9	4.14
PS:PMMA 85:15	Eg	4.27	4.24	4.35
	E'g	3.9	3.85	4.05
PS:PMMA 80:20	Eg	4.26	4.23	4.34
	E'g	3.69	3.6	4.18
%100LDPE	Eg	3.95		
	E'g	3.7		
PS:LDPE 95:5	Eg	4.39	4.38	4.39
	E'g	4.28	4.28	4.3
PS:LDPE 90:10	Eg	4.38	4.35	4.38
	E'g	4.22	4.2	4.25
PS:LDPE 85:15	Eg	4.34	4.3	4.37
	E'g	4.2	4.19	4.22
PS:LDPE 80:20	Eg	4	3.55	4
	E'g	3.2	2	3.2

(3-4) الخصائص الكهربائية Electrical properties

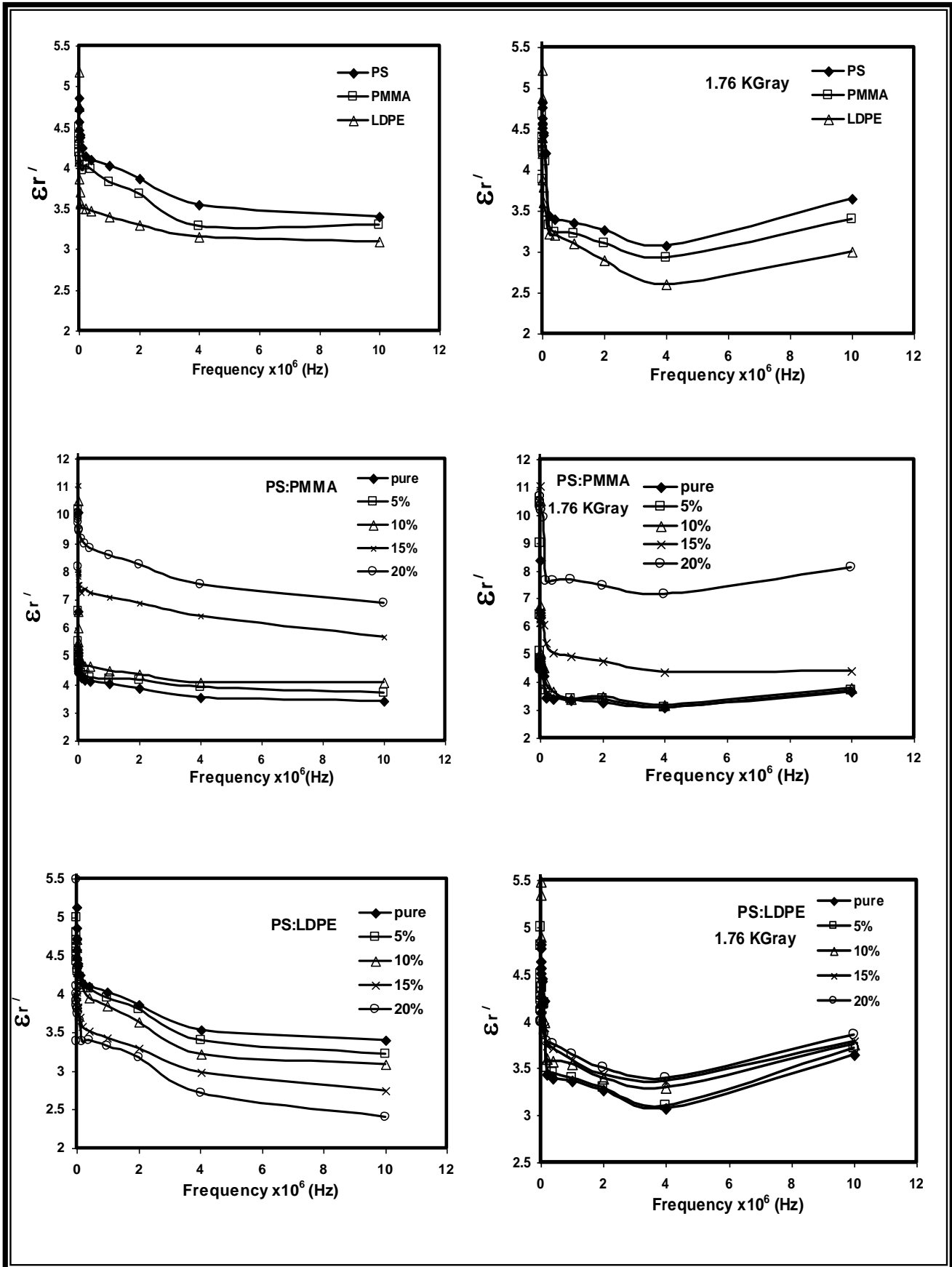
تم حساب ثابت العزل الكهربائي بجزئيه الحقيقي والخيالي (ϵ_r'' , ϵ_r') باستخدام العلاقات (34-2)، (36-2) من قياس (السعة وظل زاوية الفقد) ($\tan\delta$, C) ضمن ترددات (10^2-10^7Hz) وفي درجة حرارة الغرفة.

(1-3-4) ثابت العزل الكهربائي Dielectric Constant

نلاحظ من الشكل (4-13) ان ثابت العزل ϵ_r' يقل مع زيادة التردد لجميع النماذج وان قيم ϵ_r' لـ PS اعلى مما هو عليه PMMA وهذا بدوره اعلى من LDPE قبل وبعد التشعيع. السبب في ذلك يعود الى ان كل من PS و PMMA بوليمرات قطبية. اما بالنسبة لـ LDPE يعتبر من البوليمرات غير القطبية. لذا فالبوليمرات القطبية تمتلك ثابت عزل اكبر لامتلاكها الانواع الثلاثة من الاستقطاب (الاستقطاب الايوني، الاتجاهي و الالكتروني). فزيادة التردد يقل تأثير الاستقطاب الايوني والاتجاهي ويبقى تأثير الاستقطاب الالكتروني الذي يكون اعتماده على الزمن قليل جداً لانه يحدث فجأة (10^{-15}Sec) وبانخفاض قيمة الاستقطاب الكلي يقل ثابت العزل. ولكن نلاحظ ان ϵ_r' لـ PS اعلى مما هو عليه PMMA بالرغم من ان قطبية الاخير اكبر من قطبية PS. وهذا بسبب كبر الوزن الجزيئي لـ PMMA الذي تكون حركته بطيئة مع تغير التردد نسبة إلى PS أما بالنسبة لـ LDPE فانه يمتلك استقطاب الكتروني فقط و لهذا فان اعتماد ϵ_r' على التردد يكون قليل جداً او معدوم لانه يمتلك استقطاب الكتروني فقط والذي لا يعتمد على التردد. ونلاحظ من الشكل تأثير نسب التوليف في ثابت العزل ϵ_r' . حيث نلاحظ انه بزيادة نسبة PMMA في PS يزداد ثابت العزل بشكل ملحوظ. وهذا يعود الى زيادة عدد المجاميع القطبية في النماذج وكما جاء في المصدر [10]. اما بالنسبة لـ PS:LDPE فنلاحظ من الشكل بانه بزيادة نسبة LDPE يقل ثابت العزل والسبب في ذلك يعود الى انه بزيادة نسبة LDPE في PS يؤدي هذا إلى نقصان المجاميع القطبية.

أما عند دراسة تأثير التشعيع في قيمة ثابت العزل. وجد انه عند الجرعة الاشعاعية 0.44 KGray لم يحصل أي تغيير في قيم ϵ_r' . اما عند الجرعة الاشعاعية 1.76 KGray لوحظ حصول تغير قليل في قيم ϵ_r' ولجميع النماذج وكما في الشكل (4-12).

حيث نلاحظ نقصان ثابت العزل الكهربائي بعملية التشعيع فيفسر على اساس نقصان عدد الوحدات التركيبية لوحدة الطول بسبب تكسر سلاسل البوليمر (انحلال) للمواد PS، PMMA، PS:PMMA و PS:LDPE.



شكل (4-13) توزيع ثابت العزل الكهربائي كدالة لطاقة الفوتون.

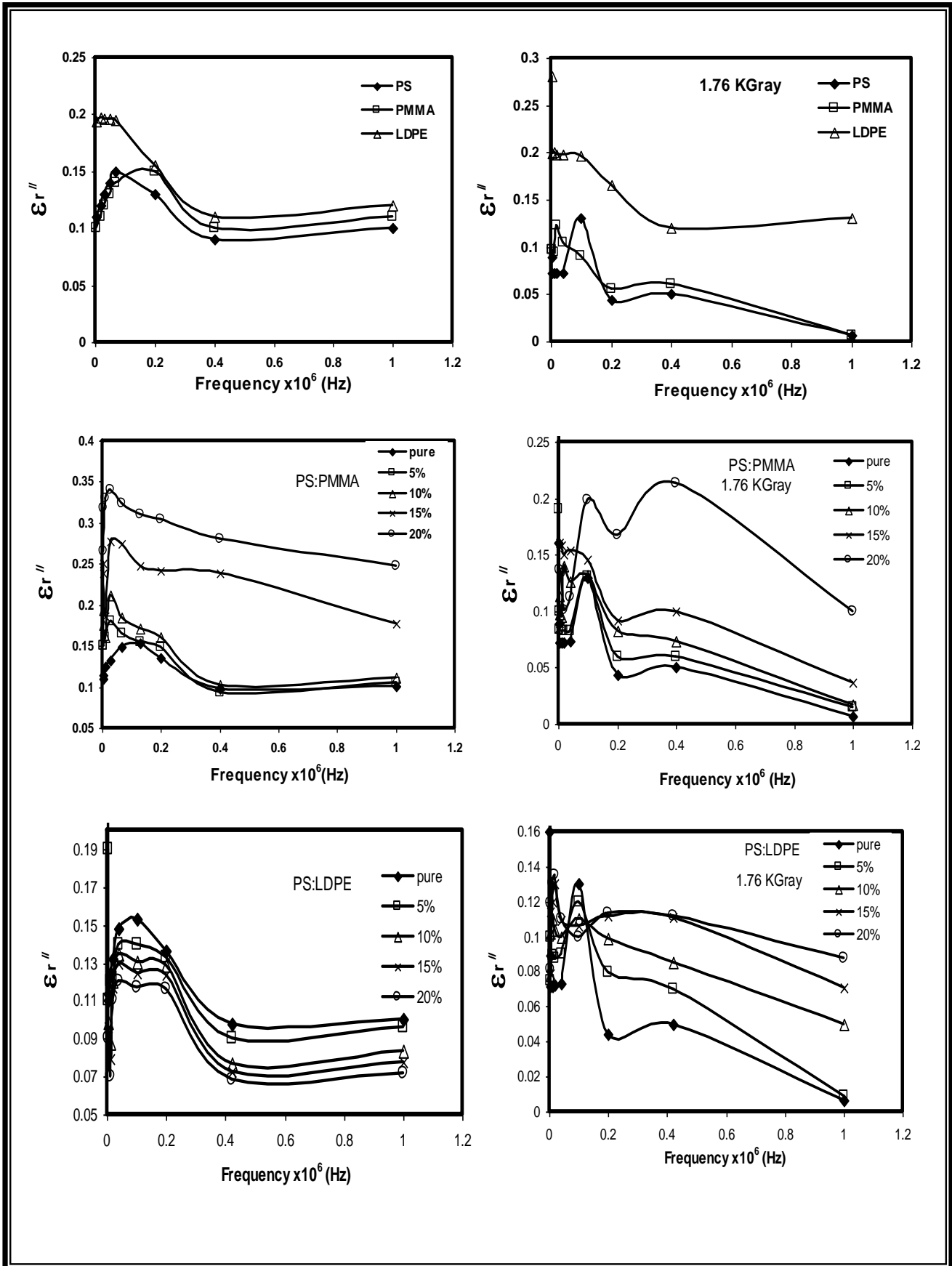
أما LDPE فنلاحظ زيادة ثابت العزل الكهربائي بعملية التشعيع ويفسر هذا على أساس زيادة عدد الوحدات التركيبية لوحدة الطول بسبب تشابك سلاسل البوليمر. أي ان قيم ثابت العزل الكهربائي للبولي ستايرين النقي هي اقل من قيم ثابت العزل الكهربائي للتوليفة PS:PMMA واعلى من قيم التوليفة PS:LDPE وانها تقل عند التشعيع بالحالة المذكورة في أعلاه.

(2-3-4) فقد العزل الكهربائي Dielectric Loss

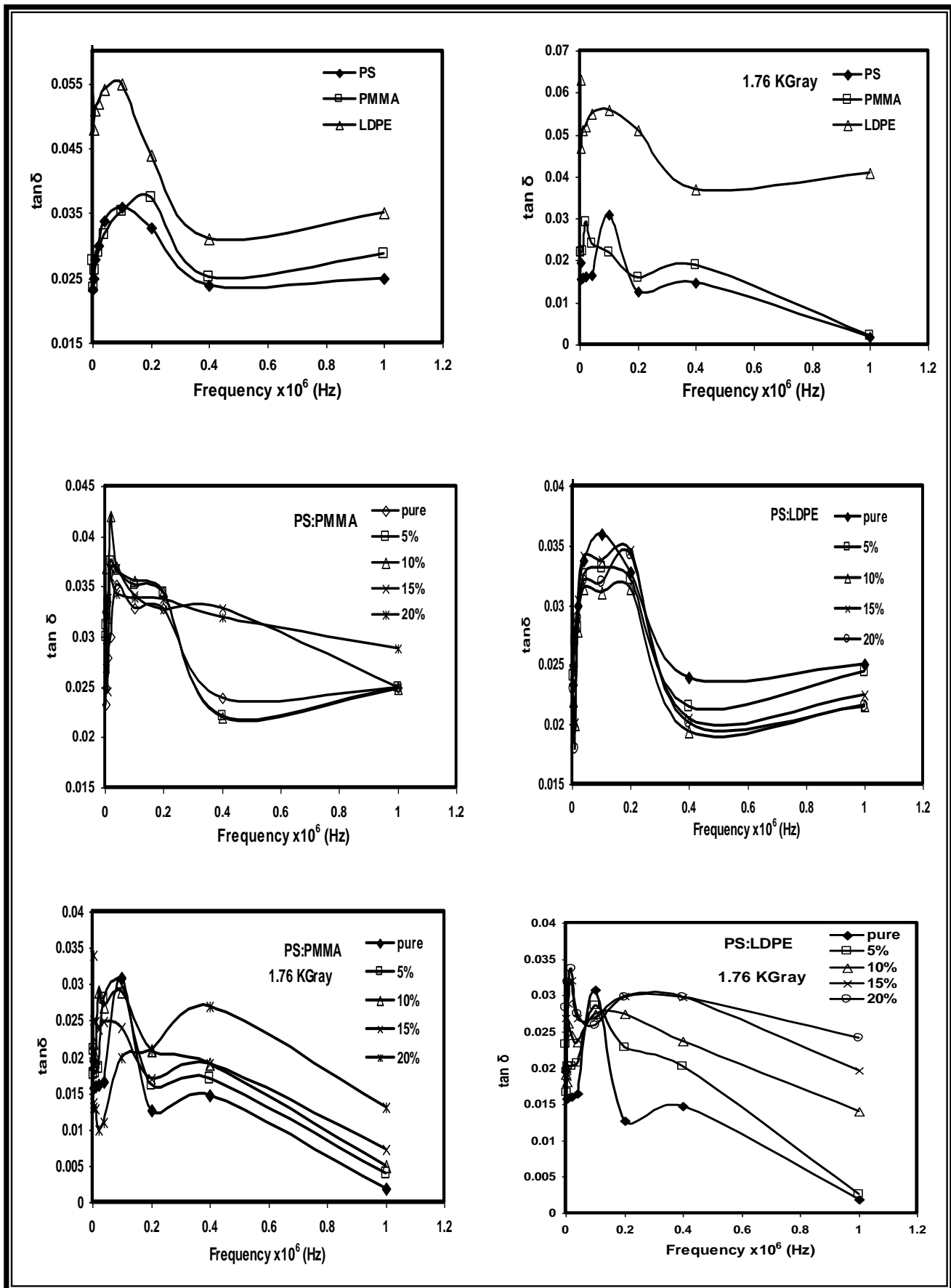
يسمى أحياناً بالمركبة الخيالي لثابت العزل الكهربائي. وتم حسابه من المعادلة (2-36) وكما في الشكل (4-14) فنلاحظ ان فقد العزل الكهربائي لـ PS و PMMA يزداد مع زيادة التردد عند الترددات الواطئة أي ان الطاقة المفقودة تزداد مع زيادة التردد نتيجة دوران المجاميع القطبية (نتيجة زيادة سرعة دوران المجاميع القطبية) ولكن مع زيادة التردد يبدأ ϵ_r'' بالنقصان والسبب في ذلك يعود لعدم متابعة هذه المجاميع تغير اتجاهها مع زيادة التردد. أما بالنسبة لـ LDPE فنلاحظ ان ϵ_r'' له اكبر مما هو عليه لكل من PS و PMMA السبب في ذلك يعود الى مقدار الطاقة المستهلكة نتيجة حركة السلاسل بأكملها لخفة وزنها. اما تأثير نسب التوليف في ϵ_r'' للتوليفة PS:PMMA فنلاحظ ازدياد فقد العزل الكهربائي مع زيادة نسبة التوليف نتيجة زيادة عدد الجزئيات المستقطبة. اما بالنسبة لـ PS:LDPE فقد لوحظ انه بزيادة نسبة التوليف يقل ϵ_r'' وذلك يعود الى التناقص الذي يحصل في عدد الجزئيات المستقطبة. ونلاحظ ايضاً تأثير التشعيع في ϵ_r'' حيث نلاحظ ان التشعيع يقلل من ϵ_r'' لنماذج PS، PMMA، PS:PMMA، PS:LDPE، اما بالنسبة لـ LDPE فنلاحظ ان التشعيع يزيد من قيمة ϵ_r'' والسبب المذكور نفسه في ثابت العزل.

(3-3-4) الفقد الزاوي (عامل الخسارة) Loss Angle

يوضح الشكل (4-15) تغير قيم الفقد الزاوي مع تغير التردد حيث نلاحظ انها تزداد مع زيادة التردد في الترددات الواطئة. ثم تبدأ بالنقصان مع زيادة التردد في الترددات العالية. ونلاحظ ايضاً من الشكل ان جميع النماذج المقاسة تعدّ مواد عازلة جيدة. ولكن عازلية PS احسن من PMMA وهذا بدوره احسن من LDPE. أي انه كلما قلت قيمة $\tan\delta$ هذا يعني تحسن عازلية المادة. أما بالنسبة للتوليفات فنلاحظ ان زيادة نسب التوليفات تسبب في انخفاض في قيم $\tan\delta$ لجميع النسب ونلاحظ ايضاً أن التوليف والتشعيع يسببان انخفاض في قيم $\tan\delta$ لجميع النسب والجرع الاشعاعية. وان جميع النماذج يمكن استخدامها مواد عازلة جيدة ولاسيما في الترددات العالية.



شكل (14-4) توزيع فقد العزل الكهربائي كدالة للتردد.



شكل (15-4) توزيع الفقد الزاوي كدالة للتردد.

(1-5) الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم التوصل اليها يمكن وضع الاستنتاجات في ضوءها ومن خلال

التحليل للنتائج:

1. ان طبيعة الانتقالات هي غير مباشرة لـ PS قبل التشعيع ثم تصبح مباشرة بعد التشعيع ولنماذج PMMA مباشرة وغير مباشرة قبل وبعد التشعيع أما PS:PMMA و PS:LDPE فهي انتقالات مباشرة فقط لجميع النماذج المشعة وغير المشعة أما بالنسبة لـ LDPE تمتلك انتقالات مباشرة وغير مباشرة قبل التشعيع وتتحول الى انتقالات غير مباشرة فقط بعد التشعيع.
2. زيادة نسب التوليف والجرع الاشعاعية تؤدي الى زيادة في قيم معامل الامتصاص ولجميع النماذج.
3. قيم طاقة الفجوة تبقى ثابتة قبل وبعد التشعيع لـ PS، و لكنها تقل بالنسبة لـ PMMA، أما بالنسبة للتوليف فيؤدي الى نقصان طاقة الفجوة الممنوعة (المسموحة والممنوعة) بنسبة بسيطة والتشعيع ما ادى الى تغير قليل أيضاً ففي الجرعة (0.44 KGray) سبب نقصان في قيم طاقة الفجوة الممنوعة وزيادة في هذه القيم عند (1.76 kGray).
4. ان عملية التوليف تسبب في تحسن في الخصائص الكهربائية لـ PS:PMMA مع زيادة نسب التوليف اما بالنسبة لـ PS:LDPE ادى التوليف وزيادة نسبه الى نتائج سلبية بالنسبة للعازلية.
5. تم الحصول على مواد عازلة جيدة جداً وخصوصاً عند الترددات العالية لاستخدامها في الاجهزة ذات الترددات العالية من مزج بوليمرين قطبيين.

(2-5) المشاريع المستقبلية

1. زيادة نسب التوليف بالنسبة لـ PS:PMMA ودراسة خصائصها الكهربائية.
2. دراسة تأثير نسب التوليف في الخصائص الفيزيائية الأخرى والتي لها علاقة بالخصائص الكهربائية مثل معامل المرونة والصلادة وتأثير درجات الحرارة والرطوبة.
3. دراسة الخصائص الفيزيائية لتوليفات بوليمرية متكونة من خلط أكثر من بوليمرين ويقطبيات مختلفة.
4. دراسة تأثير الجرعة العالية في الخصائص الفيزيائية للتوليفات المحضرة.
5. دراسة تأثير النيوترونات والالكترونات السريعة في الخصائص الفيزيائية لهذه التوليفات.
6. دراسة تأثير الخزن في الخصائص الفيزيائية للتوليفات قبل وبعد التشعيع.

(1-5) الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم التوصل اليها يمكن وضع الاستنتاجات في ضوءها ومن خلال

التحليل للنتائج:

1. ان طبيعة الانتقالات هي غير مباشرة لـ PS قبل التشعيع ثم تصبح مباشرة بعد التشعيع ولنماذج PMMA مباشرة وغير مباشرة قبل وبعد التشعيع أما PS:PMMA و PS:LDPE فهي انتقالات مباشرة فقط لجميع النماذج المشعة وغير المشعة أما بالنسبة لـ LDPE تمتلك انتقالات مباشرة وغير مباشرة قبل التشعيع وتتحول الى انتقالات غير مباشرة فقط بعد التشعيع.
2. زيادة نسب التوليف والجرع الاشعاعية تؤدي الى زيادة في قيم معامل الامتصاص ولجميع النماذج.
3. قيم طاقة الفجوة تبقى ثابتة قبل وبعد التشعيع لـ PS، و لكنها تقل بالنسبة لـ PMMA، أما بالنسبة للتوليف فيؤدي الى نقصان طاقة الفجوة الممنوعة (المسموحة والممنوعة) بنسبة بسيطة والتشعيع ما ادى الى تغير قليل أيضاً ففي الجرعة (0.44 KGray) سبب نقصان في قيم طاقة الفجوة الممنوعة وزيادة في هذه القيم عند (1.76 kGray).
4. ان عملية التوليف تسبب في تحسن في الخصائص الكهربائية لـ PS:PMMA مع زيادة نسب التوليف اما بالنسبة لـ PS:LDPE ادى التوليف وزيادة نسبه الى نتائج سلبية بالنسبة للعازلية.
5. تم الحصول على مواد عازلة جيدة جداً وخصوصاً عند الترددات العالية لاستخدامها في الاجهزة ذات الترددات العالية من مزج بوليمرين قطبيين.

(2-5) المشاريع المستقبلية

1. زيادة نسب التوليف بالنسبة لـ PS:PMMA ودراسة خصائصها الكهربائية.
2. دراسة تأثير نسب التوليف في الخصائص الفيزيائية الأخرى والتي لها علاقة بالخصائص الكهربائية مثل معامل المرونة والصلادة وتأثير درجات الحرارة والرطوبة.
3. دراسة الخصائص الفيزيائية لتوليفات بوليمرية متكونة من خلط أكثر من بوليمرين وبقطبيات مختلفة.
4. دراسة تأثير الجرعة العالية في الخصائص الفيزيائية للتوليفات المحضرة.
5. دراسة تأثير النيوترونات والالكترونات السريعة في الخصائص الفيزيائية لهذه التوليفات.
6. دراسة تأثير الخزن في الخصائص الفيزيائية للتوليفات قبل وبعد التشعيع.

- [1] Billmeyer, F.W.Jr., "Text Book of polymer Science", 2nd Edition, John Wiley and Sons Interscience, New York, (1971).
- [2] Rodriguez, F., "Principles of polymer System", 2nd Edition, John Wiley, New York, (1983).
- [3] Oikawa, M., Iga, K., Sanada, T., "Japanes J. Appl. Phys. ", 20(1), L51, (1981).
- [4] Blyth, A.R., "Electrical properties of polymer", Cambridge University press, Cambridge, (1979).
- [5] Little, W.A., "phys., Rev." A134, 1416, (1964).
- [6] مالكوم. ب- ستيفنسن - "كيمياء البلمرة"، ترجمة د. قيس عبد الكريم، د. كاظم غياض اللامي، جامعة البصرة (1984).
- [7] Richard, W.H., "Physics of Thin Films", 8, Academic press, Interscience, New York, (1975).
- [8] Brochu, S., Prudhomme R.E., Barakat I., and Jerome H., "Macromol." 28, 15, 5320-5239, (1996).
- [9] Karim, A. and Rafailovic, M.H. "Maromol." 31, 857-862, (1998).
- [10] Tapan, K., C., "J. Appl. Pol. Sci." 32, 3551-3564, (1986).
- [11] د. كوركيس عبد آدم ود. حسين علي كاشف الغطاء "تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات"، كلية العلوم، جامعة البصرة (1983).
- [12] ستريبيجيزوف، ديريفيتكايا، سلوتيمكس "مبادئ كيمياء البوليمرات"، دار مير للنشر والطباعة، موسكو (1972).
- [13] Jyclng, R. and Lovell, p.A, "Introduction Polymers", 2nd Edition, Britain, (1991).
- [14] د. علي فليح عجام - د. نبيل محمد علي العبيدي "الكيمياء الصناعية وخاماتها"، كلية التربية، جامعة البصرة (1989).
- [15] Tager, A., "Physical Chemistry of Polymer Chemistry", Mr. Publ, Moscow (1972).
- [16] Rebek, J.F., "Experimental Methods in Polymer Chemistry", John Wiley and Sons, New York (1980).
- [17] Tager, A., "Physical Chemistry of Polymers", Mr. Publ, Moscow (1978).
- [18] د. اكرم عزيز محمد "كيمياء اللدائن"، جامعة الموصل (1993).
- [19] Aseel Kadhim Hasen, "Lattic Thermal Conductivty of Noncrystalline & Semicrystalline Polymers at Law Temperature" Thesis, College of Science, Basrah University, (1981).
- [20] أنا تاكر، ترجمة د. اكرم عزيز محمد "الكيمياء الفيزيائية للبوليمرات"، جامعة الموصل (1984).

- [21] د. قدامة عبد الله الملاح، د. عذاب طاهر الكنانى "التأثيرات البيئية لمنشآت الطاقة الذرية"، جامعة بغداد (1993).
- [22] Nicholas, T., "Measurement and Detection of Radiation", McGraw-Hill, (1983).
- [23] Merhof, W., "Element of Nuclear Physics" Mc Graw Hill Book Company, London, (1967).
- [24] د. علي عبد الحسين سعيد، "الكيمياء الإشعاعية وتأثيراتها"، كلية العلوم، قسم الكيمياء، جامعة البصرة (1983).
- [25] Knoll, G.F., "Radioactive Detection and Measurement" John Wiley and Sons, New York, (1979).
- [26] Lamarsh, J.R., "Introduction to Nuclear Engineering" 2nd Ed. Addison-Wiley, Cambridge, (1983).
- [27] Keij. "Rad. Phys. Chem." Veno, 35, 1-3, 126-131 (1990).
- [28] Philips, D.C., "Mate. Sci. Tech." 4, 85-91, (1988).
- [29] اودنين وساكنستر، "مبادئ في الكيمياء الإشعاعية"، ترجمة د. خالد يونس اليامور، كلية العلوم، جامعة الموصل (1985).
- [30] Woods, R.S. "An Introduction to Radiation Chemistry", John Wiely and Sons, Inc. 2nd Ed., 304, (1976).
- [31] John, A. M. and Sperling, L.H., "polymer Blends and Composites" plenum Press, New York, (1975).
- [32] Torikai, A., Harayama, K., Hayashi, N., Mitsouka, T., and Fueki, K., "Rad. Phys. Chem", 43, 5, 492-493, (1994).
- [33] Torikai, A., Sekigaw, Y. and Fueki, K. "Poly. Deg and Stab." 21. 43-54 (1988).
- [34] محمد أمين سليم، احمد فؤاد باشا وشريف احمد خليل، "فيزياء الجوامد"، مطبعة دار الفكر العربي (2000).
- [35] Utracki, L.A., "Polymer Alloys and Blends", Oxford University press, London, (1990).
- [36] Thomas, D.A., Sperling, L.H., "Polymer Blends", V.II, plenum press, New York, (1976).
- [37] Martuscelli, E., Palumbo, R., Kryszewski, M., "Polymer Blends", (plenum press, New York), (1980).
- [38] Doroudiani, S., park, C.B., Kortschot, M.T., "Poly. Eng. Sci.", 38, 7, 1205, (1998).
- [39] Paul, Y., Hsiung, F., and Joseph, W.K., "Elect. and Chem. eff. of B-rad. in Polyst.", J. Am. Soc., 77, 1, 847, (1955).
- [40] Verma, G.S.,p. and peterlin, A., "Elect. Sp. Reso. Spect. of Gam. irradi. Polyst.", Polymer Letters, 7, 587, (1969).
- [41] Langton, N.H., "Ultrasonically irradi. Pol. Sol. and Gavitation", J. Sound

Vib., 10, 1, 22, (1969).

- [42] سعد حلبوص فرج، "دراسة تهدم الاشعاع الالكتروني للبوليمرات باستعمال المجهر الالكتروني بنمط تشغيلي مختلف"، رسالة ماجستير، كلية العلوم، الجامعة المستنصرية (1979).
- [43] عبد الامير كاظم فرهود، "مقياس الجرعة المكافئة للنيوترونات السريعة في البوليسترين باستخدام طريقة التغيير في متوسط الوزن الجزيئي"، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة بغداد (1980).
- [44] Fraraj, S.H., and Salih, S.M., "Spectroscopy of Elec. Irrad. Pol. In Elec. Microscope". Radiation Effects, 55, 149-154, (1981).
- [45] ميخائيل شعيايبي، "تشعيع البولي ستايرين بجسيمات بيتا"، رسالة ماجستير، جامعة بغداد، كلية العلوم (1983).
- [46] Luck., J., Rabek, J.F., Ranby, B., and Jiang, Y.C., "Pol.", 27, 1193-1200, (1985).
- [47] Makhaeel, S.B., "Arab J. of Phy." 8, (1987).
- [48] سحر عيسى، "تأثير الموجات فوق السمعية على التركيب الجزيئي لمحلول بولي ستايرين المرصوص والمذاب في مذيبات مختلفة"، رسالة ماجستير، كلية العلوم، الجامعة المستنصرية (1991).
- [49] زياد غازي، "دراسة تأثير اشعة كاما على بعض الخصائص الفيزيائية للبولي ستايرين المذاب في التلويين"، رسالة ماجستير، كلية التربية، ابن الهيثم، جامعة بغداد (1995).
- [50] زينب عبد السلام، "تأثير اشعة كاما على بعض الخواص البصرية لأغشية البولي ستايرين الرقيقة المشوية بكمبوليمر الأنثراكوينون"، رسالة ماجستير، كلية التربية، الجامعة المستنصرية (1996).
- [51] فراس عائد نجم، "دراسة تأثير الجسيمات المشحونة و الضغط والرطوبة على الخصائص الكهربائية لبعض المواد العازلة"، رسالة ماجستير، كلية العلوم، الجامعة المستنصرية (1999).
- [52] حنان السامرائي، "تأثير التشعيع بالنيوترونات على فجوة البوليستايرين المشوب"، رسالة ماجستير، كلية العلوم، الجامعة المستنصرية (2000).
- [53] Kirchar, J.F., "peaceful uses of atomic energy", 21, (1958).
- [54] McGruw, N.; Read, B. and Williams, G. "Anelastic and Dielectric Effects in Polymeric Solids" John Wiley and sons, London, (1967).
- [55] Adamez, V., "Elec. prop. of pol. Sci.", 6A-2, 1241, 1968.
- [56] Fadel, M.A. "Radiation Effects", 31, (1977).

- [57] لميس عبد العباس، "قياس تدفق النيوترونات السريعة وإشعاعات كاما بطريقة التغير في الوزن الجزيئي لـ PMMA"، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة بغداد (1979).
- [58] ناهل بشير سليمان، "دراسة تأثير رقائق بيتا على لزوجة ومتوسط الوزن الجزيئي لـ PMMA"، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة بغداد (1983).
- [59] Hameed, H.H., M.Sc. Thesis "Study of the complex permittivity of some dielectrics at frequencies from 10^2 to 10^6 Hz for different temperatures" University of Mosul, Iraq, (1983).
- [60] Regen, M.S.; El. Assy, N.B. and Asbry, M. "Rad. Phys. Chem." 27(2), 127 (1986).
- [61] Shukla, J. and Gupta, M. "Indian J. of pure and Appl. Phy." 25(5-6), 424, (1987).
- [62] Hampsch, H., Yang, J., Wong, G. and Torkelson, J., "Macromol", 21(2), (1988).
- [63] عباس جواد، "دراسة تأثير اشعة كاما على الخواص الفيزيائية لبعض العوازل الكهربائية البوليمرية"، رسالة دكتوراه، كلية ابن الهيثم (1997).
- [64] محمد غفوري، "دراسة مقارنة لبعض الخواص الفيزيائية للبوليمرات المحضرة بالطريقة الكيماوية وباستخدام الاشعاع"، رسالة دكتوراه، كلية التربية، الجامعة المستنصرية (1997).
- [65] Müller, M., "pol. Preprints", 41(1), 810, (2000).
- [66] Fox, R.B. "progress in polymer Science", 1, (1967).
- [67] Aziz, S., Ibrahim, E., "Rad. Eff.", 56, 213-218, (1981).
- [68] Raab, M., Kotulak, L., pospisl, J. "J. Appl. Poly. Sci.", 27, 2457, (1982).
- [69] احسان محسن، "دراسة لبعض الخواص البصرية والكهربائية للأغشية الرقيقة من البولي اثيلين والبولي بروبيلين المحضرة بطريقة التبخير الحراري"، رسالة ماجستير، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، 1984.
- [70] Gal, O., Kostoski, D., Babic, D., Stannett, V.T., "Rad. Phys. Chem.", 28, 3, 259, (1986).
- [71] Bleusova, M.V., Maklakov, A.I., Skirda, V.D., Bykov, Y.V., "pol. Sci. USSR", 28, 3, 741, (1986).
- [72] Hikmet, R., Keller, A. "Rad. Phys. Chem.", 29, 1, 15, (1987).
- [73] Nakamura, S., "IEEE transaction on Electrical Insulation", EI22, 6, (1987).
- [74] Omlchl, H., Kakai, A. and Okmoto, J. "J. App. Sci." 37, (1989).
- [75] Novakovic, Lj, Gal, O. and charlesby, A. "Rad. Phys. Chem.", 35, 1-3, 181-185, (1990).
- [76] Banford, H., M., Tedford, D.J. "Rad. Phy. Chem.", 37, 4, 605-609, (1991).

- [77] Goldman, M., Gronsky, R., Ranganathan, R., pruit. L. "Pol.", 37, 14, 2909, (1996).
- [78] صبا جميل، "تأثير اشعة كاما على بعض الخواص الضوئية لأغشية البولي اثيلين المشوب بالانثراكوينون"، رسالة ماجستير، كلية التربية، الجامعة المستنصرية (1996).
- [79] Busfield, W.K., "Pol." 23, (1982).
- [80] Uebel, J.J. and Dinan, F.J. "J. of Pol. Sci." John Wiley & Sons, 21, 2427-2438, (1983).
- [81] Christopher, J. and Robert, F. "Pol.", 27, 643-650, (1986).
- [82] Torikai, A., Hozumi, A. and Fueki, K. "Pol. Deg. and Stab." 16, 13, (1986).
- [83] Sabm, T., and Robert E. prud "Homme, "Pol." 33, 20, 4260-4268, (1992).
- [84] Kressler, J., Higushida, N., Shimomal, K., and Inoue, T., "Macromal." 27, 2448-2453, (1994).
- [85] Jannasch, p. "Chem. Eng." ,21, (1996).
- [86] خالد رشاد، "انسجامية أنظمة الخلطات البوليمرية وتأثيرها في بعض الخصائص الفيزيائية والميكانيكية"، رسالة دكتوراه، كلية العلوم، جامعة بغداد (1998).
- [87] Hahm, J., "J. of Chem. Phys.", 109, 23, 10111-10114, (1998).
- [88] Nasef, M., Zaman, K., "J. Sains. Nukleal Malaysia", 17, 1, 45-56, (1999).
- [89] Ade, H., "Euro. Phys. Let.", 45, 4, 526-532, (1999).
- [90] Allen, N. S, and Mckellar, J.F. "photo Chemistry of Dyed and pigmented polymer", Applied Science publ. Ltd., (1980).
- [91] Rebek, J.F, "Experimental Methods in Polymer Chemistry", John Wiley and Sons, New York, (1980).
- [92] Greenaway, D. and Harbeke, G. "Optical Properties and Band Structure of Semiconductors", Pergamon press, New York, (1966).
- [93] Klopffer, W., "Introduction to Polymer Spectroscopy" Springer-Verlag, (1984).
- [94] Tauc, J. in "Amorphous and Liquid Semiconductors", plenum press, London, (1974).
- [95] Madau, A., Show, M.P. "The physics and Application of Amorphous Semiconductors", Academic press Inc., (1986).
- [96] Mott, N.F., Davis, E.A. "Electronic processes in Non-Crystalline Materials", Clarendon press, 2dn Edition Oxford, (1979).
- [97] Sliverstien, R.M., Bassler, G.C and Morrill, T.C., "Spectrometric Identification of Organic Compounds", 4th Ed. John Wiley and Sons, New York, (1981).
- [98] د.أمير طوبياعتو، د. عبد الجبار عبد القادر مخلص، د. خالد عبد القادر الفخري، "التشخيص العضوي والطيفي"، جامعة بغداد (1989).

- [99] Abd Elazee, M.K., Ahmed, M.S. and Zihlif, A.M. "J. Sci.", 24, 1804, (1989).
- [100] Kittle, C. "Introduction to Solid State Physics" 4th Edition, John Wiley and Sons, New York (1970).
- [101] Herman, F.M., Norman, G.G. and Norbent, M.B. "Encyclopedia of polymer Science and Technology" John Wiley and Sons, New York, 5, 528, (1969).
- [102] دروزدوف ونيكولين، "الخصائص الكهربائية للموصلات والعوازل"، دار مير للطباعة والنشر، موسكو (1973).
- [103] د. صبحي سعيد الراوي، د. شاکر جابر شاکر و د. يوسف مولود حسن، "فيزياء الحالة الصلبة"، جامعة الموصل (1988).
- [104] Von Hippel, A.R. "Dielectric Materials and Applications" MIT Press, 4th Edition, (1966).
- [105] Perepechko, I.I., "An Introduction to polymer physics", Mr publ, Moscow, 16, (1981).
- [106] Koenig, J.L. "Spectroscopy of Polymers", American Chemical Society, Washington, (1992).
- [107] Roy, W. Tess, Gray, W. poehlein, "Applied polymer Science", 2nd Edition, (1985).
- [108] Krerelen, W. van, "properties of polymer", John Wiley and Sons, New York. (1976).
- [109] Brandrup, J. and Immergut, E. "Polymer Handbook", John Wiley and Sons, New York, (1975).
- [110] Sterzyski, T., Thomas, M., "J. Macromol. Sci. phys." B 34 (1 & 2), 119, (1995).

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education
&
Scientific Research
Al-Mustansiriyah University
College of Education
Department of Physics



A Study of The Physical Properties
of The Copolymer Polymers of The
Material Polystyreen.

A thesis

**Submitted to The Council of The College of Education, Al-Mustansiriyah University in
Partial Fulfillment of the Requirement for the
Degree of Master of Science in Physics**

By

Lena Bihnam Yaqo Ablahd

Supervised By

Dr. Rafe' Kadoore Al-Kubaisy

Dr. Najiba Abdullah Al-Hamdani

2003