

Studying the Gamma radiation effect on refractive index dispersion for polysterene membranes by Wemple-Didomenico and Sellmeier models

Dr.Khitam Kanjarawi*

(Received 23 / 1 / 2017. Accepted 6 / 9 / 2017)

□ ABSTRACT □

Two membranes of polysterene were prepared, pure and radiated with Gamma Rays, by casting method.

The study included recording the transmittance (T) spectrum in the range (400-900)nm, then calculating the values of the absorbance (A), the reflectance (R), the absorption coefficient (α), extinction coefficient (K_o), and refractive index (n_o) for the polysterene membranes before and after the irradiation.

The effect of Gamma Rays on the refractive index dispersion by Wemple-Didomenico and Sellmeier models was studied.

It was observed that γ Rays radiation lead to an increase in the transmittance (T) and a decrease reflectance (R) and absorbance (A), also a decrease in the refractive index values (n_o).

Some special parameters in the Wemple-Didomenico model were calculated, like The Single Oscillator Energy (E_o), and Dispersion Energy (E_d) according to the refractive index (n_o).

In Addition Some special parameters in the Sellmeier model were calculated, like Average Oscillator Wavelength (λ_o)nm, and Average Oscillator Length (S_o).

According to Wemple-Didomennco model the values of the refractive index dispersion is closer to (1.85) in the pure sample but decreases in the radiated sample to (1.0826) for the low energies.

According to Sellmeier it draws near to (1.83) in the pure sample while it decreases to (1.14) for irradiated sample at the long waves.

Keywords: Thin Membranes, Gamma Rays, Optical properties, Wemple - Didomenico Model , Refractive Index Dispersion, Polysterene, Sellmeier model .

* Assistant Professor-Basic Science Department- Faculty Of Mechanical And Electrical Engineering- Tishreen University.

دراسة تأثير أشعة غاما على تشتت قرينة الانكسار لأغشية رقيقة من البوليستيرين وفق نموذجي ويمبل - ديدمينكو وسيلماير

د. ختام قنجرأوي*

(تاريخ الإيداع 23 / 1 / 2017. قُبِلَ للنشر في 6 / 9 / 2017)

□ ملخص □

تم تحضير غشاءين من البوليستيرين (Polysterene) PS نقي ومشع بأشعة غاما (Gamma Rays) بطريقة الصب (casting) .

شملت الدراسة تسجيل طيف النفوذية T (transmittance) في المجال (400 - 900) nm ، و تم حساب قيم الامتصاصية A (Absorbance) ، والانعكاسية R (Reflectance) ، ومعامل الامتصاص α (Absorption Coefficient) ، ومعامل التخماد K_0 (Extinction Coefficient) ، وقرينة الإنكسار n_0 (Refractive index) لأغشية البوليستيرين قبل التشعيع وبعده .

تمت دراسة تأثير أشعة γ على تشتت (dispersion) قيم قرينة الانكسار n_0 وفقا لنموذجي ويمبل - ديدمينكو وسيلماير (Wemple – Didomenico and Sellmeier models) .

تبين أن أشعة γ تؤدي إلى زيادة النفوذية T وانخفاض قيم كل من R و A وكذلك إلى انخفاض قيم n_0 بشكل واضح .

تم حساب بعض القيم الخاصة بنموذج ويمبل - ديدمينكو مثل طاقة المهتز الأحادي E_0 (Single Oscillator energy) ، وطاقة التشتت E_d (dispersion energy) بدلالة قرينة الانكسار n_0 . إضافة الى ذلك تم حساب بعض القيم الخاصة بنموذج سيلماير مثل λ_0 (nm) (معدل طول موجة المهتز) (average oscillator wavelength) ومعدل شدة طول المهتز S_0 (average oscillator length strength) . وفقا لنموذج ويمبل - ديدمينكو فإن قيم تشتت قرينة الانكسار تتقارب من (1.85) بينما تتناقص في حالة العينة المشعة إذا تبلغ قيمتها (1.0826) عند الطاقات المنخفضة . تقترب قيم تشتت n_0 وفقا لنموذج سيلماير من القيمة (1.83) للعينة النقية في حين تتناقص في حالة العينة المشعة حيث تبلغ (1.14) عند الموجات الطويلة .

الكلمات المفتاحية : أغشية رقيقة ، أشعة γ ، خصائص ضوئية ، نموذج ويمبل - ديدمينكو ، تشتت قرينة الانكسار ، بوليستيرين ، نموذج سيلماير .

مقدمة :

تعتبر فيزياء الأغشية الرقيقة، أحد الفروع المهمة في فيزياء الجسم الصلب، وقد تكون الاغشية الرقيقة محضرة من مادة صلبة أو عضوية أو لاعضوية، حيث انها ترسب على شكل طبقة أو عدة طبقات على ركيزة ما بعدة طرائق معروفة فيزيائية أو كيميائية.

تتميز معظم المواد البوليميرية بمرورتها وخفة وزنها وشفافيتها ونفوذيتها العالية. مما أكسبها اهتمام الباحثين والصناعيين بها ، لذلك جرى العمل في العقود الأخيرة على تطوير دراسة البوليميرات وتوسيع دائرة استخدامها حتى دخلت مجال الافلام الرقيقة نظراً لاستجابتها لكثير من التحسينات التي تجرى عليها ، بدءاً من صفة العزل الكهربائي والحراري والصوتي ، حتى صفة الناقلية الكهربائية ، مروراً بدراسة كثير من الخصائص الضوئية كالنفوذية T والامتصاصية A ، ومعامل الانكسار n_0 ومعامل التخماد K_0 وعرض فجوة الطاقة E_g ، هذا من جهة ، ومن جهة أخرى انخفاض تكاليف وسهولة عمليات إنتاجها ، حيث أن معظم المونوميرات التي تستخدم في صناعة البوليميرات تستخرج حالياً من عمليات تحويل البترول إلى كيماويات ، ويعتبر غاز الإيثيلين المتوفر بكثرة أساساً في إنتاج العديد من هذه المونوميرات كمونومير الستيرين والبولاديين والبروبيلين وفينيل كلورايد..... . وكمثال على ذلك يبين المخطط التالي كيفية الحصول على بوليستيرين وفق طريقة بلمرة المونومير :

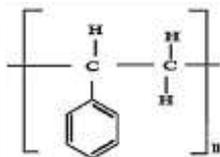
بلمرة

غاز الإيثيلين + بنزن ← مونومير ستيرين ← بوليستيرين

أهمية البحث وأهدافه :

يتميز البوليستيرين PS إضافة إلى صفات البوليميرات الآتفة الذكر بمقاومته للظروف البيئية إلى حد كبير ، إلا أنه بفعل التقادم يتشقق عند تعرضه للعوامل الجوية المختلفة لفترات زمنية طويلة ، لذلك تضاف إليه أثناء تحضيره مواد محددة لتحسين أو تغيير بعض خصائصه ، كالمئات (Fillers) أو الاشابة بمواد مختلفة كالصباغ والأكاسيد أو المعالجة بطرائق اشعاعية أو كيميائية محددة .

الهدف من هذا البحث تحضير أغشية من PS بطريقة الصب وإجراء بعض التعديلات عليها بفعل التعريض لأشعة γ ، ثم دراسة تأثير هذه العملية على بعض خصائصها الضوئية ومقارنتها بخصائص العينة النقية. الصيغة الكيميائية لمونومير ستيرين هي C_8H_8 بينما الصيغة الجزيئية لبولي ستيرين هي [1] :



وهو بوليمير عطري (Aromatic) لاحتوائه على حلقة بنزن.

تأتي أهمية البحث من أهمية عملية التشعيع بحد ذاتها ، إذ أنه لدى تشعيع بعض البوليميرات ومنها البوليستيرين بأشعة غاما γ تحصل عملية التشابك (Cross linking) التي تؤدي إلى زيادة قوة الترابط بين ذرات سلسلة البوليمير ، ومن ثم تتشابك السلاسل البوليميرية مع بعضها البعض [2] ، مما يؤدي إلى تغيير في خصائص البوليستيرين .

طرائق البحث ومواده :**طريقة البحث :**

- 1- اتبعت طريقة البلمرة بالأكسدة للحصول على بوليسيتيرين بدءاً من مونومير الستيرين.
- 2- تم تحضير العينات باستخدام طريقة الصب في أوعية بتري (petri dishes) .
- 3- تم استخدام طريقة التشعيع بأشعة γ لمعالجة الأغشية النقية الناتجة .

مواد البحث :

- 1- مونومير الستيرين ذو الصيغة الكيميائية (C_8H_8) وهو عبارة عن هيدروكربون سائل عديم اللون ، لزج ، الشركة المنتجة Sigma - Aldrich ، Germany .
- 2- بودرة بنزويل بيروكسيد (Benzoyl Peroxide)، وهي مادة عضوية مؤكسدة لها الصيغة الكيميائية ($C_{14}H_{10}O_4$) ، الشركة المنتجة England-BDH ، بدرجة نقاوة تصل الى 97%.

الأجهزة والأدوات المستخدمة :

- 1- مصدر التشعيع بأشعة غاما γ من نوع سيزيوم -137 (Cs-137) ذو الفعالية الإشعاعية (333KBq) ، وعمر النصف مقداره (30 سنة)، وهو منبع نقطي ذو نصف قطر لحزمة الاشعاع يقع ضمن المجال (300~400) μm ، والمصنع من قبل شركة LeyBold الألمانية بتاريخ 2007.
- 2- جهاز مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (Spectrophotometer UV- Vis) من نوع (JASCO - 530) موصول بجهاز كمبيوتر مزود ببرنامج خاص لإصدار كافة نتائج الاختبارات الطيفية .
- 3- جهاز قياس السماكة الرقمي (Indicating Micrometer 0.25nm) ذو المجال (0-100) μm .
- 4- ميزان تحليلي بدقة 0.0001gr من نوع satorius نموذج TE64 ألماني الصنع.
- 5- خلاط مغناطيسي (Magnetic stirrer) من النوع (yellow line MSH basic ,temp , and hot) ،إيطاليا.

- 6- أدوات زجاجية (أواني بتري، بياشر ، أنمايرات ، واسطوانات مدرجة وماصات مناسبة).
- تم اجراء البحث في كلية العلوم، والمعهد العالي لبحوث البيئة في جامعة تشرين.

العمل التجريبي :

- 1- تؤخذ كمية وزينة قدرها 10 gr من مونومير الستيرين في بيشر حجمه 50 ml ويضاف إليه بضع حبيبات من بودرة (بنزويل بيروكسيد) بحيث تتم اضافة الكمية بالتدرج لحين تحول اللون الى الاصفر المتجانس.
- 2- يوضع البيشر على الخلاط المغناطيسي لمدة 4 ساعات في درجة حرارة تقريباً $70^{\circ}C$ بعدد دورات يساوي تقريباً "700rpm، لإتمام عملية البلمرة وفق طريقة الأكسدة، وبتحول اللون إلى الأصفر المتجانس فيكون تفاعل البلمرة قد تم، وينتج سائل بوليسيتيرين .
- 3- تؤخذ بواسطة ماصات مناسبة كميتان متساويتان من المحلول السابق وتسكب في وعاءين زجاجيين من أوعية بتري ذات القطر المتساوي وتترك لمدة 48 ساعة لتجف نهائياً في مكان بعيد عن التيارات الهوائية.

4- يتم نزع الأغشية المتشكلة بهدوء، وتقاس سماكتها باستخدام جهاز قياس السماكة الرقمي، حيث كانت جميعها متقاربة فيما بينها وتساوي حوالي $45 \mu\text{m}$.

5- تحفظ هذه الأغشية في علب خاصة لحين المسح الطيفي لها، والمعالجة الإشعاعية لها .

المعالجة الإشعاعية :

1. يوضع الغشاء الثاني أمام مصدر التشعيع بأشعة γ من نوع سيزيوم-137 (Cs-137) ذو الفعالية الإشعاعية (333KBq) ، وعمر النصف مقداره (30 سنة)، وهو منبع نقطي ذو نصف قطر لحزمة الاشعاع يقع ضمن المجال $(300\sim 400) \mu\text{m}$ ، والمصنع من قبل شركة LeyBold الألمانية بتاريخ 2007 ، حيث يثبت على حاجز يبعد مسافة 2 mm من مصدر التشعيع ويترك في مكان بعيد عن التأثيرات المحيطة لمدة 30 يوم متواصلة .

2. قيمة الجرعة الإشعاعية $E \left(\frac{\mu\text{SV}}{\text{h}} \right)$ التي تعرضت لها العينة في الساعة الواحدة، تحسب بالعلاقة:

$$E = \Gamma \frac{A_1}{d^2}$$

حيث: Γ ثابت يتعلق بنوع مصدر التشعيع (سيزيوم-137) ويساوي (0,087).

A_1 الفعالية الإشعاعية مقدرة بوحدة ميغا بيكرل (MBq) ، وتساوي (0,333) MBq.

d بعد مصدر التشعيع عن العينة مقدراً بـ m ويساوي (0,002)m.

وبالتعويض فإن قيمة E بالساعة الواحدة تساوي $\left(\frac{\mu\text{SV}}{\text{h}} \right)$ (7242,75) وخلال 30 يوماً تساوي

$$10^6 \times 5,215 \mu\text{SV}$$

3. بعد انقضاء هذه المدة، يزال مصدر التشعيع، وتقاس من جديد سماكة الغشاء، فوجد ان قيمتها تساوي تقريباً $11 \mu\text{m}$ و يمكن تفسير هذا النقصان بالسماكة بأن التعرض لأشعة غاما ينتج عنه تشابك في السلاسل البوليميرية مع بعضها، وازدياد مدة التعرض للجرعات الإشعاعية و امتصاص العينة لها تتأين جزيئات وذرات العينة مما يؤدي إلى تكسير الروابط الكيميائية فيها، مما يؤدي الى نقصان الأبعاد بين ذرات المادة او بين جزيئاتها، و من ثم يحصل انكماش ملحوظ في شكلها و نقصان في سماكتها .

4. يحفظ الغشاء في علبة مغلقة لحين المسح الطيفي لها.

المسح الطيفي للأغشية :

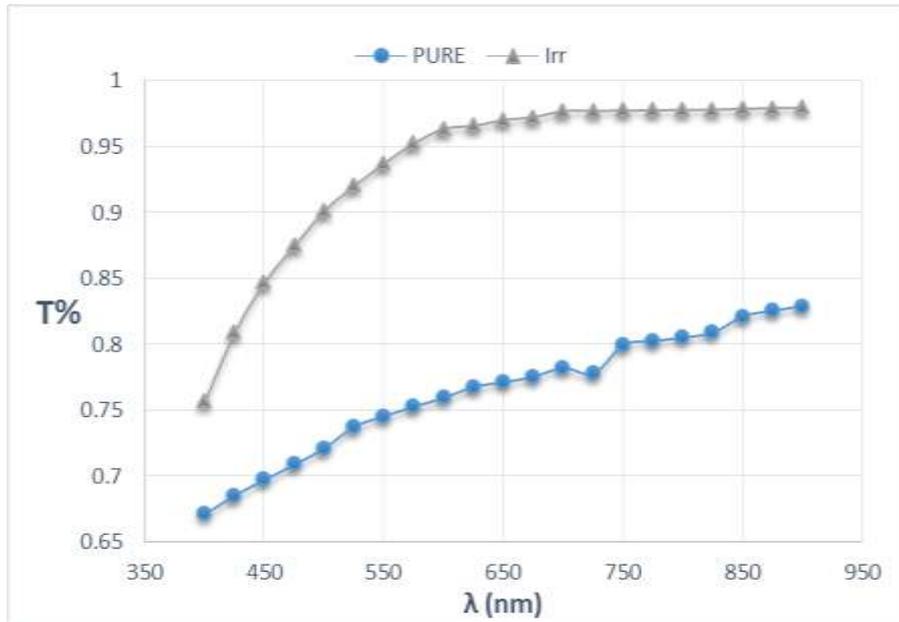
تم تسجيل طيف النفوذية (T) للغشائين باستخدام جهاز (Spectrophotometer UV-Vis) ضمن المجال الموجي (400-900)nm.

جميع القياسات المأخوذة تمت في درجة حرارة وضوء الغرفة وتحت الضغط الجوي النظامي. ثم تم حساب بقية الثوابت الضوئية كالامتصاصية A، و الانعكاسية R، و معامل الامتصاص α ، ومعامل التخماد K_0 ، وقرينة الانكسار n_0 ، وثابت العزل الكهربائي ϵ بجزأيه الحقيقي و التخيلي (ϵ_1, ϵ_2) على الترتيب

النتائج والمناقشة :

1- قيم النفوذية T :

تم تسجيل طيف النفوذية بواسطة جهاز (Spectrophotometer UV-Vis) ضمن المجال الموجي (400-900)nm، ويمثل الشكل (1) تغيرات قيم النفوذية T بدلالة طول الموجة λ (nm) للعينتين النقية والمشعة، والذي يتوضح منه أن غشاء PS نفوذى بنسبة عالية تصل إلى أكثر من 80% للغشاء النقي على المجال (750-900)nm وتزيد عنها حتى تصل إلى أكثر من 90% على المجال (500 - 900) nm للغشاء المشع وبشكل عام فإن التشعيع قد زاد من نفوذية غشاء البوليسيتيرين، بسبب التشابك غير المتجانس بين جزيئات البوليمير الذي يؤدي بدوره إلى ازدياد الفراغات في بنية البوليمير فتزيد نفوذيته بشكل واضح [2].

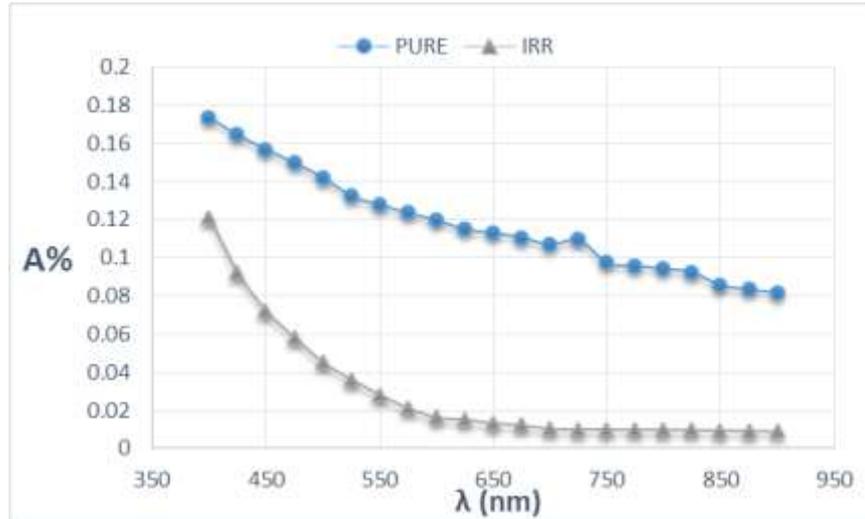


الشكل (1) تغيرات قيم النفوذية T بدلالة λ (nm) للعينتين النقية والمشعة .

2- حساب قيم الامتصاصية A :

تم حساب قيم الامتصاصية من العلاقة [3] : $A = \text{Log}(1/T)$

ويمثل الشكل (2) تغير قيم الامتصاصية بدلالة طول الموجة λ (nm)، للغشائين النقي والمشع ويتبين منه أن قيم الامتصاصية صغيرة جداً بشكل عام، إلا أن قيمها بالنسبة للغشاء المشع قد تناقصت بشكل سريع عند بداية المجال المرئي، حتى أنها تنتهي إلى الصفر تقريباً بعد $\lambda = 600$ nm. يؤدي التشعيع إلى نقصان الامتصاصية على طول المجال (300-900)nm بشكل ملحوظ.

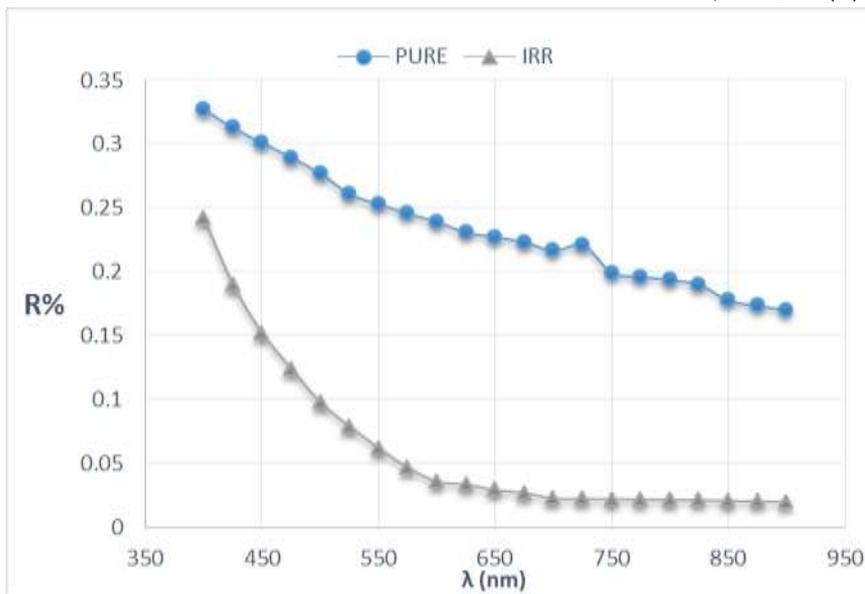


الشكل (2) تغيرات قيم الامتصاصية A بدلالة λ (nm) للعينتين النقية والمشعة .

3- حساب الانعكاسية R :

تحسب R من علاقة انحفاظ الطاقة التالية [4]: $A + T + R = 1$

ويبين الشكل (3) تغيرات قيم الانعكاسية R بدلالة λ (nm) للعينتين النقية والمشعة :



الشكل (3) تغيرات قيم الانعكاسية R بدلالة λ (nm) للعينتين النقية والمشعة .

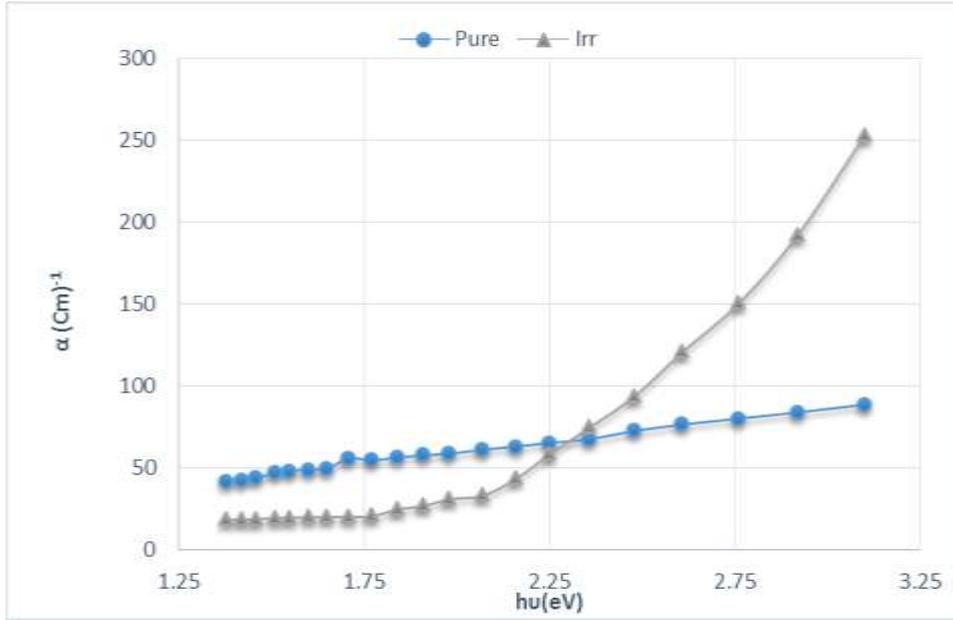
حيث يتوضح منه أن نسبة الانعكاسية هي نسبة ليست مهمة، وهذا يدل على أن معامل التخماد سيكون ضئيلاً، كما أن عملية التشعيع قد خفضت من انعكاسية الغشاء.

4. حساب معامل الامتصاص α :

$$\alpha = 2.303 \times \frac{A}{d} \quad : \text{يحسب معامل الامتصاص } \alpha \text{ من العلاقة } [1, 5]$$

حيث d هي سماكة الغشاء المدروس .

يبين الشكل (4) تغير قيم معامل الامتصاص α بدلالة طاقة الفوتون الوارد $h\nu(eV)$ للعينتين النقية والمشعة مقدراً بـ Cm^{-1} . قيم معامل الامتصاص ضئيلة جداً بسبب أن الامتصاصية كانت قليلة للعينتين لأن الغشاءين نفوذيان بشكل جيد. حيث يتراوح معامل الامتصاص في العينة النقية بين $(41-88) \text{Cm}^{-1}$ ، وبين $(18-253) \text{Cm}^{-1}$ للعينة المشعة .



الشكل (4) تغيرات قيم معامل الامتصاص α بدلالة طاقة الفوتون الوارد $h\nu(eV)$ للعينتين النقية والمشعة

يلاحظ ازدياد معامل الامتصاص α زيادة واضحة للعينة المشعة من أجل قيم $h\nu(eV) > 2.25 \text{eV}$ بسبب وصول طاقة الإشعاع الذي امتصته العينة إلى قيمة تساوي ثم تزيد عن قيمة عرض فجوة الطاقة بين قطاعي التكافؤ و الناقلية وتسمى حد أو حافة الامتصاص (Absorption Edge) .

5- حساب معامل التخماد K_0 :

تزداد قيم معامل التخماد K_0 بازدياد قيم α وتتناقص بتناقصه وفق العلاقة [4,6] :

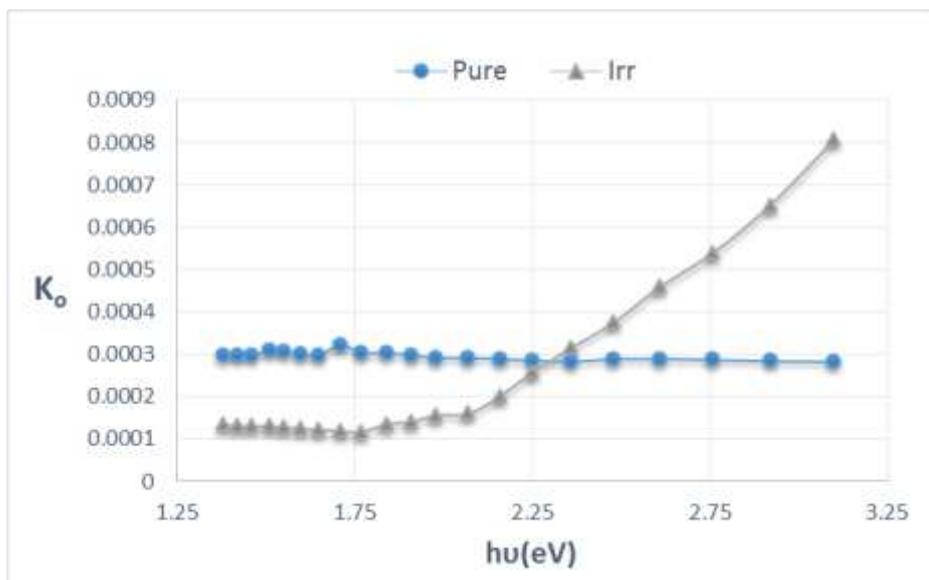
$$K_0 = \alpha\lambda/4\pi \quad (1)$$

يوضح الشكل (5) تغيرات قيم K_0 بدلالة $h\nu(eV)$ للعينتين النقية والمشعة .

يسلك منحنى K_0 نفس سلوك منحنى α ، وهذا ما يبينه الشكلان (4) و (5)، انطلاقاً من العلاقة الرياضية

(1) ،

التي تشير إلى التناسب الطردي بين α و K_0 أي كلما ازدادت الامتصاصية ازداد معها تخامد الطاقة داخل مادة العينة ، لاسيما بعد تجاوز حافة الامتصاص عند حوالي $h\nu > 2.25 \text{eV}$ مما يؤكد صحة النتائج التجريبية .



الشكل (5) تغيرات قيم معامل التخماد K_0 بدلالة قيم $h\nu$ للعينتين النقية والمشعة .

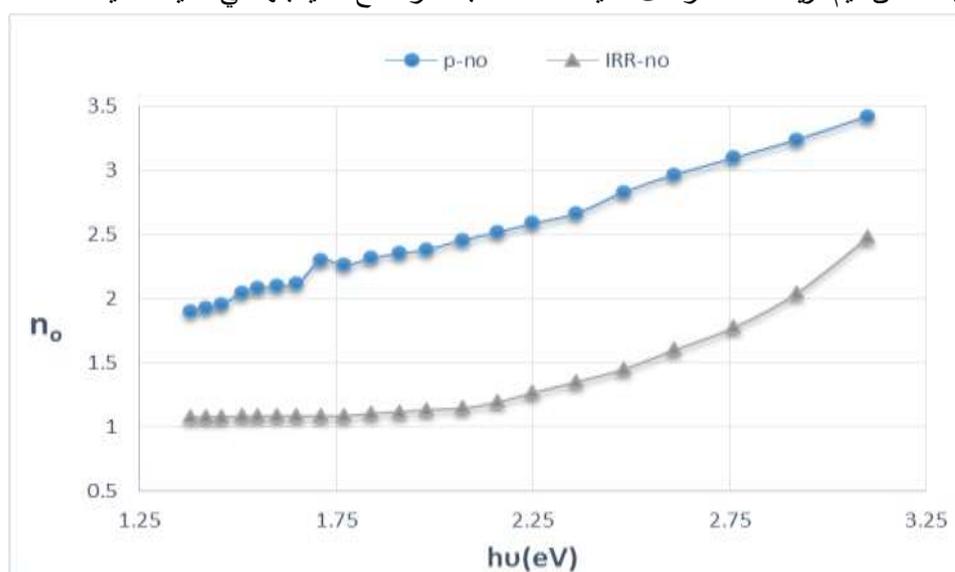
6- حساب قرينة الانكسار n_0 :

تتعلق n_0 بالانعكاسية R وتعطى بالعلاقة [3,6,7] :

$$n_0 = [(4R/ 1 - R)^2 - K_0^2]^{1/2} + (1 + R/ 1 - R) \quad (2)$$

يبين الشكل (6) تغيرات قيم n_0 بدلالة $h\nu(eV)$ للعينتين النقية والمشعة ، ويتوضح منه أن قيم n_0 للعينة النقية تراوحت قيمها بين (1.90 - 3.42) بينما يقلل التشعيع بأشعة γ من قيم قرينة الانكسار n_0 فتتراوح قيمها بين (1.83 - 2.48).

ويفسر هذا الانخفاض في قيم قرينة الانكسار n_0 إلى حدوث عملية التشابك بين جزيئات البوليمير ولكن بشكل غير متجانس مما يؤدي إلى زيادة وجود الفراغات بين جزيئات المادة وتصبح المادة أقل كثافة مما هي عليه في العينة النقية، فينتج عن ذلك أن قيم قرينة الانكسار تقل للعينة المشعة بالمقارنة مع ما يقابلها في العينة النقية.



الشكل (6) تغيرات قيم قرينة الانكسار n_0 بدلالة قيم $h\nu$ للعينتين النقية والمشعة .

7- حساب ثابت العزل الكهربائي ϵ بجزأيه الحقيقي و التخيلي [2,4,6,7] :يعطى ثابت العزل الكهربائي ϵ بالعلاقة التالية [2,4]:

$$\epsilon = \epsilon_1 - i\epsilon_2 \quad (3)$$

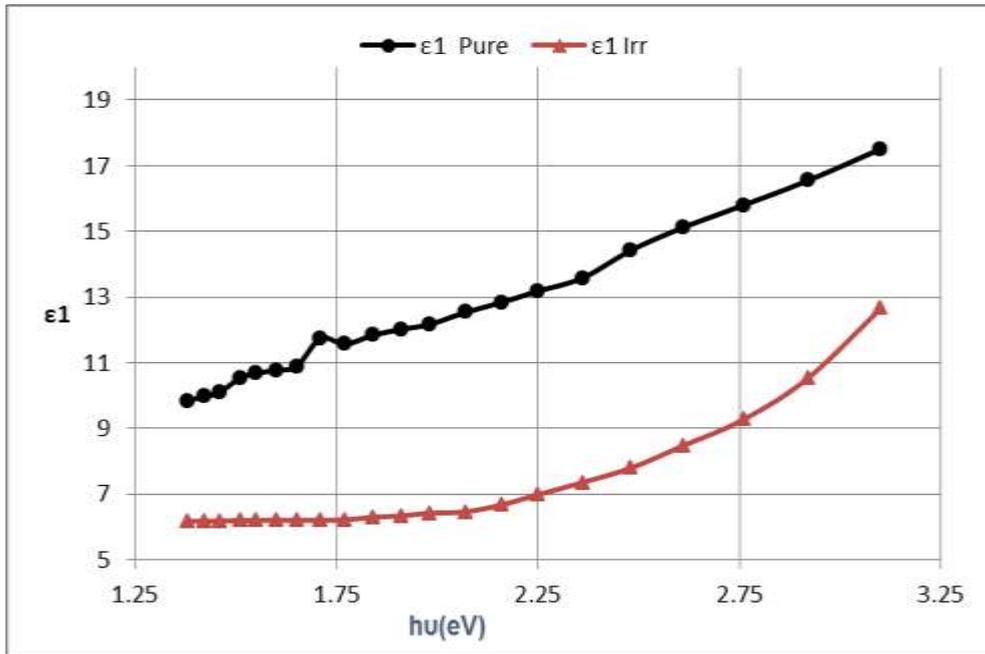
حيث:

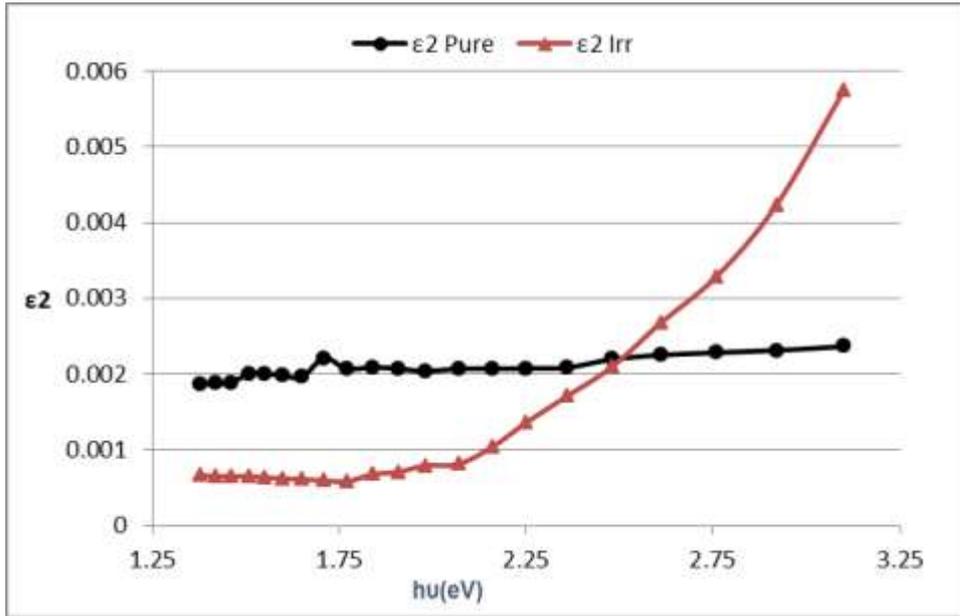
 ϵ_1 القسم الحقيقي ويحسب من العلاقة [4,6]:

$$\epsilon_1 = n_0^2 - K_0^2 \quad (4)$$

 ϵ_2 القسم التخيلي ويعطى بالعلاقة [6,7]:

$$\epsilon_2 = 2n_0K_0 \quad (5)$$

يوضح الشكل (7) تغيرات قيم ϵ_1 بدلالة $h\nu$ للعينتين النقية و المشعة.الشكل (7) تغيرات قيم ϵ_1 بدلالة $h\nu$ للعينتين النقية و المشعةيلاحظ من هذا الشكل تطابق شكل المنحنيات البيانية الواردة فيه مع منحنيات n_0 الواردة في الشكل (6) وهذاما يؤكد صحة النتائج التجريبية وفقاً للعلاقة (4)، نظراً لصغر قيم K_0^2 [2].ويبين الشكل (8) تغيرات قيم ϵ_2 بدلالة $h\nu$ للعينتين النقية و المشعة.



الشكل (8) تغيرات قيم ϵ_2 بدلالة $h\nu$ للعينتين النقية والمشعة

يلاحظ منه تطابق شكل المنحنيات البيانية الواردة فيه مع منحنيات K_0 في الشكل (5) وفقاً للعلاقة (5) ، ومع منحنيات α [2] الواردة في الشكل (4) حسب العلاقة (1)، وهذا ما يؤكد صحة النتائج التجريبية .

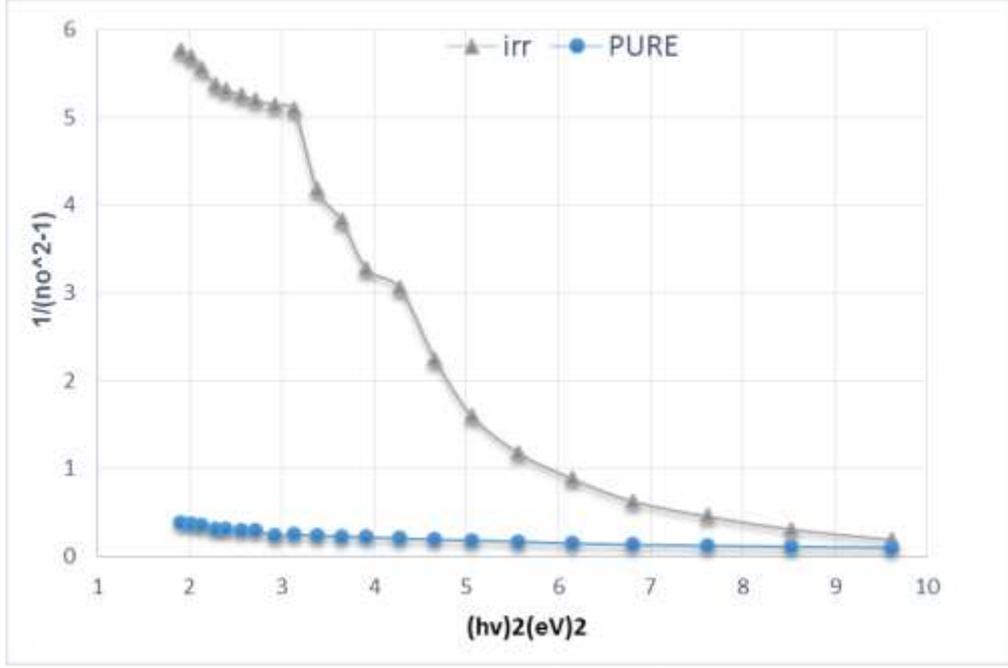
8- تشتت قرينة الانكسار n_o وفق نموذج ويمبل- وديدمينكو [8 , 9 , 10]:

(Refractive Index Dispersion by Wemple–Didomenico Model) :

يؤدي سقوط الفوتون على مادة ما لحدوث عدة عمليات ضوئية كما أوضحنا سابقاً كالانعكاسية والنفوذية و التخماد..... الخ . وترتبط جميع هذه العمليات بامتصاص الطاقة ، الذي يعمل بدوره على تحريض اهتزاز الالكترونات الداخلية للمادة ، لذلك فقد اعتبر ويمبل وديدمينكو الوسط العازل كمجموعة من المهتزات الأحادية (Single Oscillators) ذات الترددات المميزة في مجالات الطيف القريبة من تحت الحمراء وفوق البنفسجية والمرئي (UV-Vis) ، وتكون قرينة الانكسار لها n_o تابعة لتردد هذا المهتز (ν) وتتزايد ببطء مع تزايد التردد ، كما هو واضح في الشكل (6) ، ولكن يمكن أن تكون هناك حالات شاذة كأن تتناقص قيم n_o مع زيادة (ν) ، ويُدرس تشتت قيم قرينة الانكسار وفق نموذج (المهتز الأحادي) الذي اقترحه ويمبل- وديدمينكو ، عن طريق حساب قيم خاصة بهذا المهتز ، كطاقة المهتز الأحادي (E_o single Oscillator energy) وطاقة التشتت (E_d dispersion energy) من العلاقة الشهيرة [8] :

$$n_o^2 = 1 + \frac{E_o E_d}{E_o^2 - E^2} \quad (6)$$

حيث: E طاقة الفوتون الوارد، E_o طاقة المهتز الأحادي، E_d طاقة التشتت.
يبين الشكل (9) تغيرات $(n_o^2 - 1)^{-1}$ بدلالة E^2 للعينتين النقية والمشعة.



الشكل (9) تغيرات $(n_0^2 - 1)^{-1}$ بدلالة E^2 للعينتين النقية والمشععة .

بالعودة للشكل (2) الذي يعرض النسبة المئوية للامتصاصية A بدلالة طول الموجة $\lambda (nm)$ ، للعينتين النقية والمشععة، أن الامتصاصية تكون أضعف ما يمكن على المجال التقريبي $\lambda = (700 - 900) nm$ الموافق لبداية مجال الأشعة تحت الحمراء الطويلة ذات الطاقة المنخفضة. يطبق نموذج ويمبل و ديدمينكو على هذا المجال (700- 900 nm) ، لذلك يبين الشكل (10) والشكل (11) منحنى التشتت الطيفي لقرينة الانكسار على المجال المذكور بدلالة $(hv)^2$ للعينتين النقية والمشععة على الترتيب .

و لحساب قيم E_0 ، E_d الخاصة بالمهتز الأحادي حسب ويمبل وديدمينكو سيتم اعتماد الطريقة البيانية وذلك بحساب ميل المنحنى الناتج وتقاطع الجزء المستقيم الوسطي له مع المحور oy لمنطقة الامتصاص الضعيف نسبياً [9]، التي تقابل قيم hv الضئيلة [8] من الشكل (10) والشكل (11).

إيجاد القيم الخاصة بالمهتز الأحادي E_0 ، E_d ، n'_0 للعينة النقية :

$$n_0^2 - 1 = \frac{E_0 E_d}{E_0^2 - E^2} \quad \text{يمكن كتابة المعادلة (6) بالشكل:}$$

أي:

$$(n_0^2 - 1)^{-1} = \frac{E_0^2 - E^2}{E_0 E_d}$$

ومنه ينتج أن:

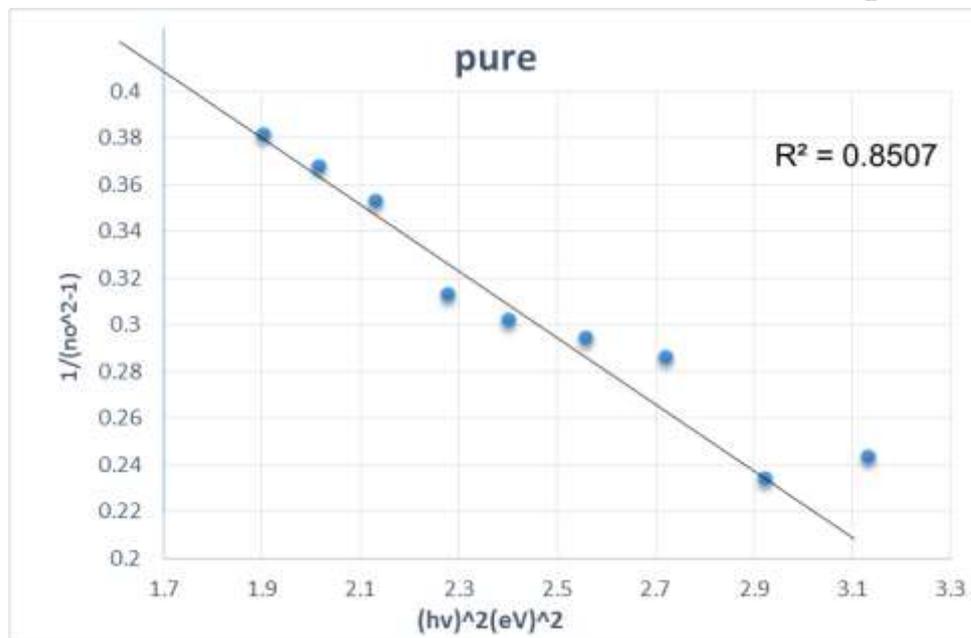
$$(n_0^2 - 1)^{-1} = \frac{E_0}{E_d} - \frac{1}{E_0 E_d} E^2$$

وهي معادلة مستقيم ميله يساوي $\frac{1}{E_0 E_d}$ ، وتقاطعته مع المحور oy يساوي $\frac{E_0}{E_d}$ [10] ، ويرسم الجزء المستقيم

الوسطي على الشكل (10) حيث يتقاطع هذا الجزء مع المحور oy عندما $(hv)^2 \rightarrow 0$.

$$\frac{1}{\text{الميل}} = E_o E_d \quad (7) \quad \text{وباستخدام معادلة الميل [10]:}$$

وبمساواة قيمة التقاطع مع المحور Oy مع المقدار E_o / E_d ، ثم بحل جملة المعادلتين السابقتين يتم الحصول على قيم $E_o = 1,69 \text{ eV}$ $E_d = 4.12 \text{ eV}$ للعيينة النقية .



الشكل (10) تغيرات $(n_0^2 - 1)^{-1}$ بدلالة E^2 للعيينة النقية.

يمكن ويمبل وديمينكو من حساب مقدار قرينة الانكسار عند الترددات المنخفضة [8]، وفقا لعلاقته الشهيرة :

$$n_0^2 = 1 + \frac{E_d}{E_o} \quad (8)$$

بلغت قيمة n'_o التجريبية وفقا للعلاقة (8) القيمة (1.85) بينما قيمتها المحسوبة وفق العلاقة (2) والمقابلة لأصغر طاقة امتصاص من الجداول الحسابية الخاصة بالبحث كانت تساوي (1.90) .

يحسب الانحراف المعياري (Standard Deviation)SD من العلاقة الرياضية المعروفة :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}{N}} \quad (9)$$

حيث \bar{x} القيمة الوسطى للقيم التجريبية ، و x_i القيمة المقاسة في التجربة i و N عدد مرات تكرار التجربة. يحسب الانحراف المعياري النسبي (Relative Standard Deviation) RSD من العلاقة:

$$RSD\% = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100 \quad (10)$$

بالنسبة للعيينة النقية يكون: $RSD = 7.55\%$ ، $SD = 0.0234$

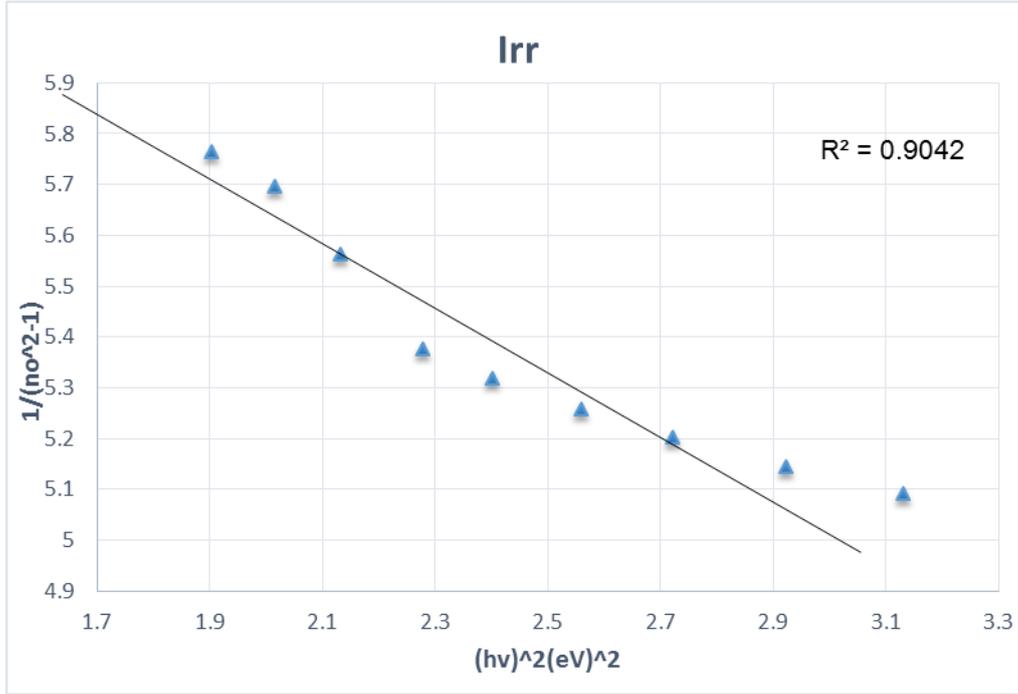
اما معامل التحديد R^2 للمنحنيات المدروسة فيؤخذ مباشرة من برنامج الاكسل المطبق ، والنتيجة مرفقة بالشكل(10).

إيجاد القيم الخاصة بالمهتز E_0 ، E_d ، n'_o للعينة المشعة :

تطبق على الشكل (11) نفس طريقة الحسابات الواردة في الفقرة السابقة ، لحساب E_0 ، E_d الخاصة بالعينة المشعة بأشعة غاما .

حيث ينتج أن : $E_0 = 3.09 \text{ eV}$ $E_d = 0.53 \text{ eV}$ للعينة المشعة .

بلغت قيمة n'_o التجريبية وفقا للعلاقة (8) للعينة المشعة (1.0826) ، بينما كانت قيمتها الحسابية وفقا للعلاقة (2) تساوي (1.0833) .



الشكل (11) تغيرات $(n'_o - 1)^{-1}$ بدلالة E^2 للعينة المشعة .

يبين الجدول (1) مقارنة بين قيم E_0 ، E_d ، وقيم n'_o الحسابية والبيانية وفق نموذج ويمبل - ديمينكو للعينتين النقية والمشعة .

إن عملية التشعيع قد أنقصت بشكل ملموس قيم n_o وهذا واضح من الجدول (1) الذي يقارن قيم n_o مع قيمها في حالة انخفاض طاقة الفوتون الوارد ، فبينما كانت للعينة النقية 1.90 حسابيا وفقا للعلاقة (2) تصبح 1.0833 للعينة المشعة وهذا يعود للتشابك غير المتجانس في بنية البوليمير الذي يسببه التشعيع ، وللمدة الزمنية التي تم تعريض العينة فيها لأشعة غاما ولشروط التجربة كلها.

الجدول (1) مقارنة بين قيم E_0 ، E_d ، n_o وفق نموذج ويمبل - ديمينكو للعينتين النقية والمشعة

عينه PS	$E_0(\text{eV})$	$E_d(\text{eV})$	حسابيا قيمة n_o وفقا للعلاقة (2)	تجريبيا قيمة n'_o من المنحنى وفق نموذج ويمبل - ديمينكو
النقية	1.69	4.12	1.90	1.85
المشعة	3.09	0.53	1.0833	1.0826

بمقارنة قيم n'_o الواردة في الجدول (1)، حسابيا وبيانيا ، يلاحظ أنها تتقارب بشكل جيد لكل من العينتين النقية والمشعة ، مما يؤكد صحة النتائج التجريبية التي تم التوصل إليها وفق نموذج ويمبل - ديدمينكو . كما تتقارب هذه القيم مع القيم الواردة في [10] .

لحساب الانحراف المعياري SD والانحراف المعياري النسبي RSD لقيم العينة المشعة تطبق العلاقة

$$(9) \text{ و } (10) \text{ على الترتيب فيكون: } RSD = 4.24\% \quad , \quad SD = 0.2283$$

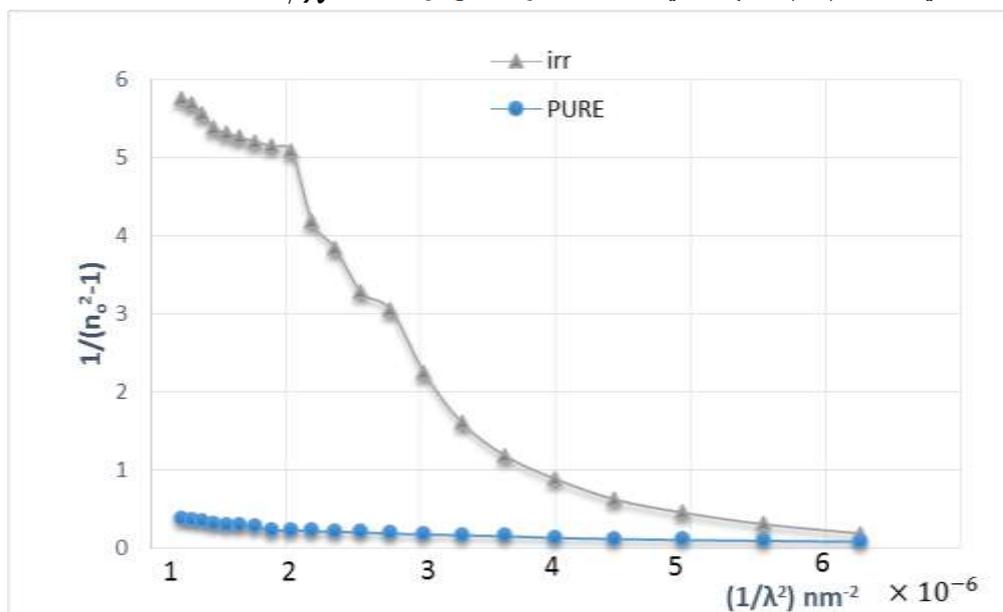
ام معامل التحديد R^2 فهو موضح على الشكل (11).

9- تحليل قيم قرينة الانكسار n_o وفق نموذج سيللمير [2, 3, 11, 12] :

(Refractive Index Analysis by Sellmeier Model):

بالأخذ بعين الاعتبار فرضيات ويمبل - ديدمينكو ، اعتبر سيللمير أن n_o تتغير وفقا للمقدار $(n_o^2 - 1)^{-1}$

بدلالة $1/\lambda^2$ ، كما في الشكل (10) الذي يعطي تغيرات $(n_o^2 - 1)^{-1}$ بدلالة $1/\lambda^2$ للعينتين النقية والمشعة.



الشكل (12) تغيرات $(n_o^2 - 1)^{-1}$ بدلالة $1/\lambda^2$ للعينتين النقية والمشعة .

إن دراسة المهتزات الأحادية في المادة العازلة توافق المجالات القريبة من الأشعة تحت الحمراء ذات الموجات الطويلة لذلك يرمز بـ n_o لقرينة الانكسار عند أطول موجة في دراستنا هذه ، ويمكن دراسة قيم قرينة الانكسار n_o باستخدام نموذج مهتز سيللمير كما يمكن حساب قيم إضافية للمهتز وفق علاقة سيللمير التالية [2, 11]:

$$n_o^2 - 1 = \frac{s_o \lambda_o^2}{1 - (\frac{\lambda_o}{\lambda})^2} \quad (11)$$

وبالأخذ بعين الاعتبار أن n_o التي تقابل الموجات λ الطويلة ينتج الشكل المكافئ لعلاقة سيللمير [11, 12] :

$$\frac{n_o^2 - 1}{n_o^2 - 1} = 1 - \left(\frac{\lambda_o}{\lambda}\right)^2$$

حيث: λ طول موجة الفوتون الوارد.

λ_0 معدل طول موجة المهتز (Average Oscillator Wavelength).

n''_o قرينة الانكسار عند الموجات الطويلة.

S_o معدل شدة الاهتزاز في جزئيات الغشاء (Average Oscillator Wavelength) ويقدر بـ $1/m^2$.

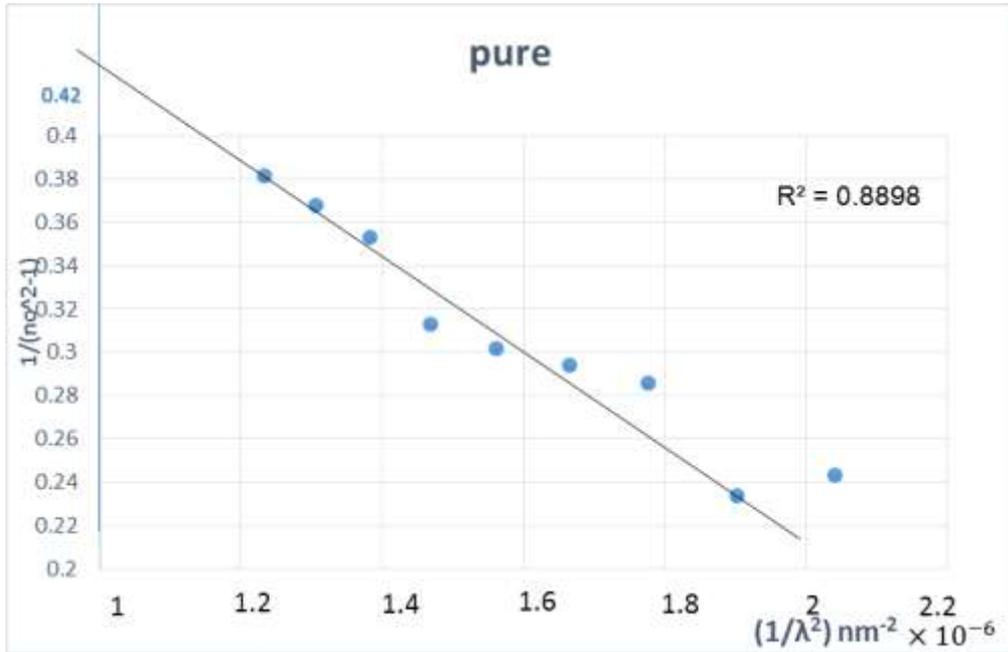
$$n''_o - 1 = S_o \lambda_0^2 \quad (12) \quad \text{تعطى } n''_o \text{ بالعلاقة التالية [3]:}$$

تعتبر n''_o ، S_o ، λ_0 قيمة خاصة إضافية للمهتز وفق نموذج سيللماير ويمكن حسابها بيانياً من رسم تغيرات $(n''_o - 1)^{-1}$ بدلالة $1/\lambda^2$ على المجال (700 – 900) nm في الشكل (13) والشكل (14) للعينتين النقية والمشعة على الترتيب. وذلك بحساب ميل الجزء المستقيم الوسطي وتقاطع مع المحور OY لكل عينة كما هو واضح من الشكلين السابقين.

إيجاد القيم الخاصة بالمهتز S_o و λ_0 و n''_o للعينة النقية:

تم اتباع نفس طريقة العمل في النموذج الأول، وذلك برسم الجزء المستقيم الوسطي على الشكل (13) وتقاطع مع المحور OY وحسابه ميله، حيث $\frac{1}{\text{ميل}} = S_o$ ، وبمساواة قيمة التقاطع مع المحور OY بالمقدار $1/S_o \lambda_0^2$

وبحل جملة المعادلتين السابقتين يمكن الحصول على $S_o = 5.55 \times 10^{12} (1/m^2)$ ، $\lambda_0 = 651(\text{nm})$



الشكل (13) تغيرات $(n''_o - 1)^{-1}$ بدلالة $1/\lambda^2$ للعينة النقية .

يمكن وفقاً لنموذج سيللماير حساب قرينة الانكسار n''_o عند الموجات λ الطويلة تجريبياً حسب العلاقة (12):

$$n''_{\text{الم}} = 1 + S_o \lambda_0^2$$

ينتج أن: $n''_{\text{الم}} = 1.83$ ، وبالأخذ بعين الاعتبار قيمة n''_o من الجداول الحسابية الخاصة بالبحث التي بلغت

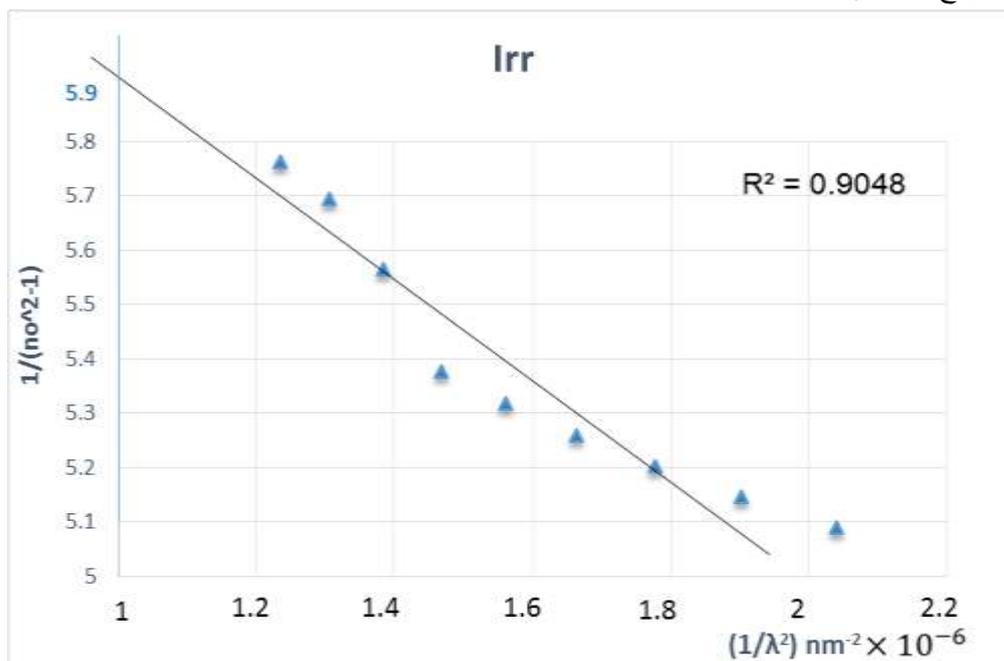
(1.90) وهي الموافقة لأطول موجة متاحة بالبحث. يتضح من المقارنة بينهما أنهما قيمتان متطابقتان بشكل جيد.

إيجاد القيم الخاصة بالمهتز E_0 ، E_d ، n''_o للعينة المشععة :

باتباع نفس المنهجية التجريبية والحسابية ومن الشكل (14) وبرسم الجزء المستقيم الوسطي الذي يتقاطع مع المحور OY ، وحساب ميله أيضا ، وبحل جملة المعادلتين الناتجتين من جديد يمكن الحصول على قيم :

$$\lambda_0 = 394 \text{ nm} , \quad S_0 = 1.09 \times 10^{12} (1/m^2)$$

تحسب n''_o بيانيا من العلاقة (12)، حيث تأخذ القيمة (1.14) للعينة المشععة، وبمقارنة هذه القيمة مع قيمتها وفق العلاقة (2) ، والتي تساوي (1.0833) ، يتضح من ذلك التطابق الجيد لقيمتي n''_o البيانية والحسابية للعينة المشععة وفق نموذج سيلماير .



الشكل (14) تغيرات $(n''_o - 1)^{-1}$ بدلالة $1/\lambda^2$ للعينة المشععة .

يكون للقيم الواردة في الشكلين (13) و(14) نفس SD و RSD الخاص بالشكلين (10) و(11) على الترتيب، بينما ترفق قيمة R^2 على كل من الشكلين (13) و(14).

وبوضوح الجدول (2) مقارنة بين قيم E_0 ، E_d ، n''_o الحسابية والتجريبية وفق نموذج سيلماير للعينتين النقية والمشععة .

الجدول (2) مقارنة بين قيم E_0 ، E_d ، n''_o للعينتين النقية والمشععة وفق نموذج سيلماير

عينه PS	$\lambda_0 (nm)$	$S_0(m^{-2}) \times 10^{12}$	n''_o حسابيا وفق العلاقة (2)	n''_o تجريبيا من المنحنى البياني
النقية	651	5.55	1.90	1.83
المشععة	394	1.09	1.0833	1.14

بدراسة قيم n''_o الواردة في الجدول (2) حسابيا وبيانيا ، يُلاحظ أنها متقاربة بشكل واضح لكل من العينتين النقية والمشععة مع القيم المحسوبة وفق العلاقة (2)، مما يؤكد صحة النتائج التجريبية التي تم توصل إليها وفق نموذج سيلماير .

- يلخص الجدول (3) نتائج قيم n_0 حسابيا وبيانيا وفق نموذجي ويمبل-ديدمينكو وسيللمير، ويتضح منه التطابق الجيد لقيم قرينة الانكسار المحسوبة وفق العلاقة (2) ووفق نموذجي ويمبل-ديدمينكو وسيللمير.

جدول (3) نتائج قيم n_0 حسابيا ووفق نموذجي ويمبل-ديدمينكو وسيللمير

نموذج سيللمير	نموذج ويمبل-ديدمينكو	قيمة n_0 حسابيا وفق العلاقة (2)	العينة
n''_o عند أطول موجة مأخوذة	n'_o عند أخفض طاقة مأخوذة		
1.83	1.85	1.90	النقية
1.14	1.0826	1.0833	المشعة

الاستنتاجات و التوصيات:

الاستنتاجات:

- 1- إن غشاء PS النقي المحضر بطريقة الصب وبتفاعل أكسدة مونومير الستيرين هو غشاء عالي النفوذية، لاسيما في مجال الأشعة المرئية وضعيف الامتصاص في المنطقة القريبة من الأشعة تحت الحمراء (700 - 900) nm .
- 2- أدت معالجة غشاء PS بأشعة γ الى زيادة في قيم النفوذية ، وأصبحت أفضل مما كانت عليه في العينة النقية ، وبالتالي تناقصت قيم الامتصاصية أكثر بالنسبة للعينة المشعة كما تناقصت قيم الانعكاسية R بشكل واضح.
- 3- تم حساب معاملات تشتت قرينة الانكسار n_0 وفق نموذج ويمبل- وديدمينكو E_o ، E_e ، n'_o وبلغت قيمة n'_o عند الترددات المنخفضة (1.85) للعينة النقية و (1.0826) للعينة المشعة .
- 4- تم تحليل قرينة الانكسار n_0 أيضاً وفق نموذج سيللمير وحسبت كل من λ_0 ، S_o ، n''_o حيث بلغت قيمة n''_o عند الموجات الطويلة بالنسبة للعينة النقية (1.83) و (1.14) للعينة المشعة بأشعة γ .
- 5- بلغت قيمة n_0 حسابيا وفق العلاقة (2) القيمة 1.90 و 1.0833 للعينة النقية والمشعة على الترتيب.
- 6- هناك تطابق جيد لقيم قرينة الانكسار المحسوبة وفق العلاقة (2) ووفق نموذجي ويمبل-ديدمينكو وسيللمير.

التوصيات:

نظراً للتطبيقات العلمية والبحثية والتكنولوجية الواسعة للبوليمرات نقتراح الآتي :

- 1- استكمال البحث بشروط مختلفة كالمعالجة بأشعة الليزر وبأشعة β أو أشعة α وحساب ثوابت ضوئية أخرى كثابت العزل الكهربائي أو بإضافة مائتات مختلفة أو شوائب، أو تحضير مركبات من أكثر من بوليمير كالمركبات البوليميرية.
- 2- دراسة الناقلية الكهربائية للعينات بطريقة DC أو AC.
- 3- دراسة خصائص العزل الكهربائي بالتفصيل، وتحسين خصائص العزل الحراري والضوئي للبوليمرات بشكل عام ولبوليمير الستيرين بشكل خاص.
- 4- حساب معاملات العزل الكهربائي وتواتر البلازمون* لعينات مشابهة.

*البلازمون : هو شبه جسيم ينتج من تكميم البلازما (كم اهتزاز البلازما)، تماما مثل الفوتونات و الفونونات الناتجة عن تكميم الضوء والاهتزازات الميكانيكية على التوالي . مع العلم أن الفوتون هو جسيم أولي وليس شبه جسيم .

المراجع :

1. MAHASIN F. ; AL-KADHEMY H. ; HASSAN T. and ABDULSALAM R. . *Comparison Between Beta And Gamma Irradiation On Optical Energy Gap Of Crystal Violet Doped Polystyrene Films*. American Journal of Scientific and Industrial Research, vol.5 No.1,2014, 27-32.
2. ALWAN T. *Gamma Irradiation Effect on The Optical Properties and Refractive Index Dispersion of Dye Doped Polystyrene*. Turk Journal of Physics, vol.36,2012, 377-384.
3. HAMAD T. *Refractive Index Dispersion And Analysis of The Optical Parameters of (PMMA/PVA) Thin Film*. Journal of Al-Nahrain University, Iraq Vol.16(3),2013,164-170.
4. ABDULLAH E. ; HASAN S. ; NAJE A. *Optical Properties of PVC-MWCNT Nano Composites*, Indian Journal of Pure and Applied Physics. vol.51,. 2013, 77-80.
5. JALEH B. ; SHAYEGANI M. ; TABRIZI M. ; HABIBI S. ; GOLDBEDAGHI R. ; KEYMANESH M. *UV-Degradation Effect on Optical and Surface Properties of Polystyrene-TiO₂ Nanocomposite Film*. Journal of The Iranian Chemical Society, vol.8,2011, 161-168.
6. NEAM H ; AL-KHEGANI N. *The Effect of Ferrous Chloride (Fe cl₂) on some Optical Properties of Polysteren*. Academic Research International, Vol.5(2),2014,161-166
7. TAHIR D. *Optical Properties of Polymer Composite PS-PC Thin Films* , Journal of kirkuk university Scientific Studies . vol.5 , No.2 ,2010, 93-102
8. HEMISSI M ; ADNANI H. *Optical And Structural Properties of Titanium Oxide Thin Films Prepared By Sol-Gel Method*. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, vol.2No.4,2007,299-305.
9. RASHIDIAN M. *Low-Intensity UV Effect on Optical Constants of PMMA Film*, Journal of Theor. Appl. Physics, Vol.8No.121,2014,1-7
10. ABDUL ZAHRA S. *Effect of Additive Al on the Optical Properties of Polyesterene-Aluminum composites* , Ibn Al-Haitham Jour . for Pure & Appl . Science. , vol.26(3) ,2013, 111-120
11. YAKUPHANOGLU F ; ERTEN H. *Refractive Index Dispersion And Analysis of The Optical Constants of An Ionomer Thin Film*, Optica Applicata. vol.xxxv No.4 ,2005, 969-976
12. ALWAN T *Refractive Index Dispersion and Optical Properties of Dye Doped Ploystyrene Films*. Malaysian Polymere Journal , Vol.5No.2,2010,204-213